

**Матеріали VI Міжнародної спеціалізованої
науково-практичної конференції**
**Proceedings of the 6th International
Specialized Scientific and Practical Conference**

**Ресурсо- та енергоощадні
технології виробництва і
пакування харчової продукції -
основні засади її
конкурентоздатності**

**Resource and Energy Saving
Technologies of Production and
Packing of Food Products as the
Main Fundamentals of Their
Competitiveness**

**Київ 2017
Kyiv 2017**

УДК 620.1, 620.9, 664

ISBN 978-966-612-198-4

Міністерство аграрної політики та продовольства України

Міністерство освіти і науки України

Національний університет харчових технологій

Інститут продовольчих ресурсів НААН України

АККО Інтернешнл

**Ресурсо- та енергоощадні технології
виробництва і пакування харчової
продукції - основні засади її
конкурентоздатності**

**Матеріали VI Міжнародної спеціалізованої
науково-практичної конференції**

12 вересня 2017 р.

м.Київ, Україна

Ресурсо- та енергоощадні технології виробництва і пакування харчової продукції – основні засади її конкурентоздатності: Матеріали VI Міжнародної спеціалізованої науково-практичної конференції, 12 вересня 2017 р., м. Київ. – К. НУХТ, 2017. – 170с.

У матеріалах конференції наведено доповіді за такими напрямками: стан та шляхи ресурсо- й енергозаощадження на підприємствах харчової промисловості; інноваційні та ресурсоощадні технології продуктів харчування; використання нетрадиційної сировини в технологіях продуктів харчування; інноваційні технології пакування харчових продуктів; енергоощадні та ресурсозберігаючі технології виготовлення тари та упаковки; інноваційні складові створення пакувального обладнання; енергоменеджмент на підприємствах харчової промисловості; шляхи підвищення ефективності виробничої логістики на підприємствах харчової промисловості.

На основі науково- дослідних робіт запропоновано шляхи вирішення прикладних задач нагальної проблеми в харчовій промисловості – ресурсо- та енергозаощадження.

Матеріали конференції будуть корисні науковим та інженерно - технічним працівникам, виробничникам, потенційним інвесторам, студентам ВНЗ та всім хто пов'язаний з харчовою та пакувальною індустрією.

Програмний комітет:

Гавва О.М., д.т.н., НУХТ – голова,

Губеня О.О., к.т.н., НУХТ – заст. голови,

Кіщак Ю.П., АККО Інтернешнл,

Копилова К.В., д.с.- г.н., ІПР НААН України,

Соколенко А.І., д.т.н., НУХТ,

Мирончук В.Г., д.т.н., НУХТ,

Сімахіна Г.О., д.т.н., НУХТ,

Мікульонок І.О., д.т.н., НТУУ «КПІ» ім. І.Сікорського

УДК 620.1, 620.9, 664

ISBN 978-966-612-198-4

**Ministry of Agrarian Policy and Food of Ukraine
Ministry of Education and Science of Ukraine
National University of Food Technologies
Institute of Food Resources, National Academy of Agricultural
Sciences of Ukraine
AKKO International**

**Resource and Energy Saving
Technologies of Production and Packing
of Food Products as the Main
Fundamentals of Their Competitiveness**

**Proceedings of the 6th International Specialized
Scientific and Practical Conference**

**September 12, 2017
Kyiv, Ukraine**

2017

Resource and Energy Saving Technologies of Production and Packing of Food Products as the Main Fundamentals of Their Competitiveness: Proceedings of the 6th International Specialized Scientific and Practical Conference, September 12, 2017. Kyiv, NUFT, 2017. 170p.

Proceedings of the conference contain the reports dedicated to the following topics: state and the headlines of resource and energy saving on food industry enterprises; innovative and resource saving technologies of foodstuffs; using the non-traditional raw materials in technologies of foodstuffs; energy and resource saving technologies of packaging; innovative components to create the packaging equipment; energetic management on food industry enterprises; the ways to improve the efficiency of productive logistic on food industry enterprises.

Based on the scientific researches presented, the authors have proposed the ways to solve the applied problems in food industry, which are resource and energy saving.

Proceedings of the conference will be interesting for scientists and engineers, industrial managers, potential investors, high school students and others who are connected to food and packaging industries.

ЗМІСТ

1.	Олійнічук С.Т., Коваль О.О., ІПР НААН, м. Київ, Україна Перспективні напрями інноваційного розвитку спиртових заводів України	9
2.	Рачок В.В., Теличкун Ю.С., Теличкун В.І., НУХТ, м. Київ, Україна Впровадження енергозберігаючих технологій при замішуванні пшеничного тіста	10
3.	Родіонов Є.В., Ковальов О.В., НУХТ, м. Київ, Україна Економія електроенергії при використанні комплектів інфрачервоних плоских випромінювачів малої площі в компактному пічному обладнанні.....	12
4.	Володін С.О., Мирончук В.Г., НУХТ, м. Київ, Україна Дослідження роботи промислових регульованих клапанів у виробничому процесі	13
5.	Литовченко І.М., НУХТ, м. Київ, Україна Оптимізація енергетичних витрат при виробництві хлібобулочних виробів	16
6.	Єрошенко С.І., Майборода Ю.В., ІПР НААН, м. Київ, Україна Обладнання для високотемпературної обробки молочних вершків, високожирних та молочно-жирових сумішей у виробництві масла та спредів	17
7.	Десик М.Г., Теличкун В.І., Теличкун Ю.С., НУХТ, м. Київ, Україна Аналіз, теоретичне і розрахункове обґрунтування витрат теплоти пічним агрегатом	20
8.	Шоловій Ю. П., Магерус Н. І., Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів, Україна Моделювання витікання дрібнодисперсного сипкого матеріалу з конічної лунки бункера під дією вібрації.....	22
9.	Груданов В.Я., Бренч А.А., БГАТУ, г. Минск, Республіка Беларусь Обоснование рациональных параметров вибрации вибропневматического оборудования.....	25
10.	Гудима В.В., Науменко О.В., ІПР НААН, м.Київ, Україна Інноваційні заквашувальні культури для виробництва кефіру.....	28
11.	Гапонюк І.І.¹, Харченко В.Г.¹, Шніпко І.¹, Гапонюк О.І.², 1 - НУХТ, м. Київ, Україна, 2 - Одеська національна академія харчових технологій, м.Одеса, Україна, Підвищення поживної цінності борошна меншими енерговитратами	31
12.	Сімахіна Г.О., Гуць В.С., Солодко Л.М., НУХТ, м. Київ, Україна Створення рослинних протеїнових композицій зі збалансованим вмістом незамінних амінокислот.....	34
13.	Дзигар О.О., Оболкіна В.І., Букшина Л.С., НУХТ, м. Київ, Україна Перспектива використання пажитника сінного у виробництві пікантних крекерів	36
14.	Нгуен Фiong Донг, Прибыльский В.Л, Олейник С.И., НУПТ, г. Киев, Україна Ферментований напій на основі аглютенного сир'я.....	38
15.	Олійник С.І., Самченко І.А., Тарасюк Л.А., НУХТ, м. Київ, Україна Фільтрування води і сортівки природними мінералами	40
16.	Крупа О.М., Давида В.О., ТНТУ ім. І. Пулюя, м. Тернопіль, Україна Застосування природних регуляторів кислотності при термізації кисломолочних напоїв.....	41
17.	Dubovkina Iryna, IET HASU, Kyiv, Ukraine Innovative technology of water treatment in recirculating aquaculture-hydroponic system	43
18.	Кроніковська Л.О., Гавва О.М., Прохоров О.М., НУХТ, Київ, Україна Підвищення ефективності циклічної дистиляції під вакуумом	44

19.	Гуць В.С., Шеїна А.В., Губеня О.О., <i>НУХТ, м. Київ, Україна</i> Удосконалення процесу та обладнання для нарізання овочевої сировини.....	45
20.	Нескуба О.О., Чепелюк О.М., Чепелюк О.О., <i>НУХТ, м. Київ, Україна</i> Визначення раціональних параметрів пароповітряної суміші при тепловому обробленні варених ковбас	48
21.	Ткачева Л.Т., Мартинович А.Н., <i>БГАТУ, г. Минск, Республіка Беларусь</i> Выбор и обоснование толщины тепловой изоляции в обжарочных аппаратах барабанного типа.....	49
22.	Ермаков А.И., Чайко С.В., <i>БИТУ, г. Минск, Республіка Беларусь</i> Формование шоколадных изделий на 3D-принтере	51
23.	Сімахіна Г.О., Науменко Н.В., Науменко Р.Ю., <i>НУХТ, м. Київ, Україна</i> Порівняння вітчизняного та аюрведичного підходів до оцінки ефективності харчових продуктів	54
24.	Писарець О.П., Семенова А.Б., Бела Н.І., <i>ІПР НААН, м. Київ, Україна</i> Використання нетрадиційної зернової сировини в технології хліба	56
25.	Бабанов І.Г. ¹ , Бабанова О.І. ¹ , Шевченко А.О. ² , <i>1- НУХТ, м. Київ, Україна, 2- ХДУХТ, м. Харків, Україна</i> Дослідження ефективності процесу пастеризації молока від підвищення коефіцієнта рекуперації тепла	57
26.	Коломієць А.Б., Шустикевич А.І., Кандяк Н.М., <i>УАД, м. Львів, Україна</i> Удосконалення пристроїв повертання транспортних пакетів продукції і напівфабрикатів.....	58
27.	Сімахіна Г.О., <i>НУХТ, м. Київ, Україна</i> Особливості заморожування плодів та ягід з різною текстурою покривних тканин	61
28.	Asaulyuk T.S., Semeshko O.Ya., Saribeykova Yu.G., <i>KNTU, Kherson, Ukraine</i> Investigation of the influence of styrene-acrylic polymer coatings on the properties of textile packaging materials.....	64
29.	Asaulyuk T.S., Semeshko O.Ya., Saribeykova Yu.G., <i>KNTU, Kherson, Ukraine</i> Improving the quality of packaging materials based on starch.....	66
30.	Шульга О.С., Перепелиця О.П., <i>НУХТ, м. Київ, Україна</i> Вплив молока та сироватки на зміну термічних характеристик їстівних плівок та покриттів	67
31.	Гриценко О. О., Гриценко Д. С., <i>КПІ ім. Ігоря Сікорського, м. Київ, Україна</i> Виготовлення нанофотонних маркувань для розумних пакувань трафаретним способом друку на полімерних матеріалах з використанням наночастинок срібла	69
32.	Чорна А.І., <i>НУХТ, м. Київ, Україна</i> Дослідження впливу складу покриття на свіжість хлібобулочних виробів.....	73
33.	Мікульонюк І.О., Бардашевський С.В., <i>КПІ ім. Ігоря Сікорського, м. Київ, Україна</i> Зниження енергоємності екструзійного методу підготовки розплаву полімеру у виробництві пакувальних плівок.....	75
34.	Копилова К.В., Вербицький С.Б., Черняк О.В., <i>ІПР НААН, м. Київ, Україна</i> Використання бактеріальної целюлози, як сировини для виготовлення оболонок ковбасних виробів.....	76
35.	Бухкало С.І., <i>НТУ «ХПІ», Харків, Україна</i> Особливості процесів утилізації поліолефінового пакування та тари.....	78
36.	Бухкало С.І., Іглін С.П., Ольховська О.І., <i>НТУ «ХПІ», м. Харків, Україна</i> Деякі моделі ресурсо- та енергозощадження для утилізації-модифікації полімерного пакування та тари	84

37.	Марцинкевич Л.В.¹, Удодов С.О.¹, Риндюк Д.В.² , <i>1 - Національний університет харчових технологій (НУХТ), м. Київ, Україна, 2 - Національний технічний університет України «КПІ ім. Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна</i> Вплив конструктивних особливостей апарату гідроциклонного типу на процес освітлення пивного сусла	89
38.	Гавва О.М., Якимчук В.М., Кохан О.О. , <i>НУХТ, м.Київ, Україна</i> Новітні підходи до створення ефективного пакувального обладнання	91
39.	Якимчук М.В., Горчакова О.М., Якимчук В.М. , <i>НУХТ, м.Київ, Україна</i> Дослідження енерговитрат в механізмах пакетоформувальних машин.....	93
40.	Моклюк І.М., Кривопляс-Володіна Л.О., Валіулін Г.Р. , <i>НУХТ, м. Київ, Україна</i> Інтегровані рішення на базі модульної системи проектування.....	97
41.	Гавва О.М., Кривопляс-Володіна Л.О., Гнатів Т.Т., Савченко О.І. , <i>НУХТ, м. Київ, Україна</i> Обґрунтування конструктивної схеми приводу вібраційно-інерційного лотка для транспортування штучних продуктів.....	100
42.	Бабанов І.Г., Бабанова О.І., Діброва В.В. , <i>НУХТ, м. Київ, Україна</i> Інтенсифікація процесу виробництва кисломолочного сиру шляхом удосконалення апарату для утворення білкового згустку.....	103
43.	Бабанов І.Г., Беседа С.Д., Бабанова О.І., Міхно І.А. , <i>НУХТ, м. Київ, Україна</i> Вдосконалення конструкції камери для теплового оброблення ковбасних виробів з метою керування потоком робочої суміші	105
44.	Гапонюк І.І. , <i>НУХТ, м. Київ, Україна</i> Техніко-економічне обґрунтування альтернативних теплоносіїв у сушильних технологіях	106
45.	Степанець О.І., Пригодій Д.В., Бут С.А. , <i>НУХТ, м. Київ, Україна</i> Динаміка і енергетична рекуперація в технологічних машинах	109
46.	Витвицький В.М., Мікульонок І.О., Сокольський О.Л. , <i>КПІ ім. Ігоря Сікорського, м. Київ, Україна</i> Експериментальні дослідження масової продуктивності шнекового живильника	112
47.	Popovici C.¹, Migalatiev O.², Golubi R.², Caragia V.², Cartasev A.², Coev G.², Bogdan N.², Grumeza I.² , <i>1- Technical University of Moldova, 2- Scientific and Practical Institute of Horticulture and Food Technologies, Moldova</i> Modeling of bioactive compounds extraction from tomato by-products.....	114
48.	Olaoye J. O., Aturu O. B. , <i>Department of Agricultural and Biosystems Engineering, University of Ilorin, P.M.B. 1515, Ilorin, Kwara State, Nigeria</i> Development of a mechanised centrifugal melon shelling and cleaning machine	115
49.	Boaghi E., Ciumac J., Resitca V. , <i>Technical University of Moldova, Chisinau, Republic of Moldova</i> Modeling of sorption kinetics of walnuts JUGLANS REGIA L.	119
50.	Гапонюк І.І. , <i>НУХТ, м. Київ, Україна</i> Управління інтенсивністю сорбції вологи енергетичним станом фазових середовищ...	123
51.	Паска М.З., Маслійчук О.Б. , <i>ЛНУВМ та БТ ім. С.З. Гжицького, м. Львів, Україна</i> Дослідження структурно-механічних характеристик люпинової пасти у складі м'ясних січених напівфабрикатів	126
52.	Денисенко І.С., Вайсєро О.О., Кохан О.О., Крапивницька І.О., Оболкіна В.І. , <i>НУХТ, м. Київ, Україна</i> Дослідження вмісту біологічно-активних сполук у пюре з плодів жимолості.....	128
53.	Святненко Р.С., Маринін А.І. , <i>НУХТ, м. Київ, Україна</i> Дослідження впливу імпульсного електромагнітного поля на STAPHYLOCOCCUS AUREUS в воді.....	130

54.	Білоцерківська Н.В., Шутюк В.В., <i>НУХТ, м. Київ, Україна</i> Дослідження впливу попередньої обробки на тривалість сушіння винограду.....	132
55.	Перець А.О., Шутюк В.В., <i>НУХТ, м. Київ, Україна</i> Дослідження впливу різних способів сушіння на регідраційні властивості зелені петрушки	133
56.	Мурашко К.С., Шутюк В.В., <i>НУХТ, м. Київ, Україна</i> Дослідження різних способів сушіння кореню селери	135
57.	Руслан Адил Акай Тегин¹, Зафер Гонулалан², <i>1 - Кыргызско - Турецкий университет Манас, г. Бишкек, Кыргызстан, 2 - Университет Эржес, г. Кайсери, Турция</i> Микробиологические свойства кумыса из Нарынской области, Кыргызстан	137
58.	Доломакін Ю.Ю., <i>НУХТ, м. Київ, Україна</i> Рівномірність розподілу водно-борошняних компонентів у роторному змішувачі.....	139
59.	Nakov Gjore¹, Ivanova Nastia¹, Damyanova Stanka¹, Tzonka Godjevargova², Necinova Ljupka³, <i>1 - University of Ruse, Branch Razgrad, Bulgaria, 2 - University "Prof.Dr.Asen Zlatarov ", Bulgaria, 3- Health Food by "Zegin ", Macedonia</i> Angiographic testing of white flour, barley flour, einkorn flour and einkorn flakes in different ratio.....	142
60.	Sameera A. Rege, Shamim A. Momin, <i>Department of Oils, Oleochemicals and Surfactants Technology, Institute of Chemical Technology, Mumbai, India</i> Pro- and antioxidant activity of curcuminoids with lecithin in sunflower oil	144
61.	Соколенко А.І., Степанець О.І., Бут С.А., <i>НУХТ, м. Київ, Україна</i> Термодинамічний аналіз систем анаеробного бродіння	148
62.	Ступак Ю.О., Васильківський К.В., <i>НУХТ, м. Київ, Україна</i> Інтенсивні технології енерго-, масообміну при стерилізації харчової продукції.....	152
63.	Грінінг К.Р., Тарасенко М.В., <i>НУХТ, м. Київ, Україна</i> Тонке та надтонке подрібнення компонентів для фармацевтичних та косметичних засобів	156
64.	Григоренко Н.О.¹, Вакулик П.В.², <i>1- ІПР НААН, м.Київ, Україна, 2- Національний університет «Києво-Могилянська Академія», м. Київ, Україна</i> Очищення соку із цукрового сорго методом ультрафільтрації.....	159
65.	Моїсєєва Л.О., Романчук І.О., <i>ІПР НААН, м. Київ, Україна</i> Вуглеводний склад кисломолочних низьколактозних продуктів	160
66.	Жукова Я.Ф.¹, Петров П.І.¹, Петрищенко С.С.¹, Деміхов Ю.М.², <i>1- Інститут продовольчих ресурсів НААН, Київ, Україна, 2- Інститут геохімії навколишнього середовища НАН, Київ, Україна</i> Особливості жирнокислотного складу та відношень стабільних ізотопів карбону в сметані різних виробників.....	162
67.	Шевченко О.Ю., Соколенко А.І., Костюк В.С., <i>НУХТ, м. Київ, Україна</i> Генерування енергоматеріальних імпульсів в середовищах бродильних апаратів.....	166
68.	Гавва О.М., Кривопляс-Володіна Л.О., Деренівська А.В., <i>НУХТ, м. Київ, Україна</i> Оптимізація параметрів циклограми пакувальних машин з суміщенням виконання операцій.....	168
69.	Позднякова Е.В., <i>Белорусский государственный аграрный технический университет, г. Минск, Республика Беларусь</i> Особенности нивелирования риска роста прямых затрат на мясоперерабатывающих предприятиях.....	170

УДК 663.53**Олійнічук С.Т.**, д.т.н., с.н.с.; **Коваль О.О.**, аспірант*Інститут продовольчих ресурсів Національної академії аграрних наук України (ІПР НААНУ), м. Київ, Україна***ПЕРСПЕКТИВНІ НАПРЯМИ ІННОВАЦІЙНОГО РОЗВИТКУ
СПИРТОВИХ ЗАВОДІВ УКРАЇНИ**

Стан спиртової галузі змушує вирішувати важливу для держави задачу підвищення ефективності виробництва етилового спирту харчового й технічного призначення, яке в усі часи було бюджетонаповнювачем, вносячи вагомий внесок до місцевих та загальнодержавного бюджетів.

Необхідність вирішення цього завдання полягає в тому, що спиртова галузь до цього часу не переорієнтована на новітні технології, енергозбереження, зменшення собівартості спирту, екологізацію виробництва з метою подолання технологічного відставання від аналогічних підприємств інших країн, які активно діють на тих самих ринках, що і Україна. Така ситуація не сприяла розширенню ринку збуту на етиловий спирт та продукції технічного призначення на його основі.

Конкурентна спроможність і рівень рентабельності виробництва спирту визначається його собівартістю, основною складовою якої є затрати на сировину і теплоенергетику.

Вихід спирту з тонни сировини залежить від вмісту в ній крохмалю, способів його оцукрення і морфологічних особливостей дріжджів-продуцентів етилового спирту. Останнім часом підприємства галузі для зброджування суслу використовують сухі дріжджі іноземного виробництва, які, за нашими дослідженнями, характеризуються меншим виходом спирту у порівнянні з вітчизняними дріжджами на 1 дал спирту з тонни сировини. При виробництві етилового спирту 18 млн. дал (статистичні дані) витрачається 450 тис. тонн кукурудзи. При використанні дріжджів вітчизняної селекції ця цифра буде зменшена на 11 тис. тонн.

Інститутом продовольчих ресурсів розроблена технологія оброблення післяспиртової барди, яка забезпечує використання некрохмальних полісахаридів зерна, збільшення виходу спирту на 0,9 дал з тонни сировини, отримання білкового концентрату і заміщення води на приготування замісу на 100% фільтратом барди. Отримано осмофільний штам дріжджів з високою спиртостійкістю, який здатний підтримувати кількість спирту в бражці на рівні 13,0-14,5 об.%.

Використання інших розроблених нами технологічних рішень на підприємствах галузі дасть змогу збільшити вихід спирту на 1,9 дал/т сировини, зменшити витрати технологічної пари на перегонку бражки на 6 кг/дал, артезіанської води на приготування замісу, розв'язати екологічну проблему утилізації фільтрату зернової барди та зменшити собівартість готової продукції на 10-15% без значних інвестицій.

Проблема збільшення рентабельності виробництва досить відома, а шляхи її реалізації опробовані і реалізовані на практиці в багатьох країнах. Найбільш очевидний шлях – диверсифікація виробництва на основі комплексних безвідходних технологій переробки сировини з отриманням продуктів харчового та кормового призначення, рідкого та газоподібного палива.

В умовах надлишкових потужностей виробництва спирту харчового призначення стратегічним завданням розвитку спиртової галузі є створення організаційної структури виробництва біоетанолу та біогазу на базі потужностей спиртових заводів, які не задіяні у виробництві харчового спирту.

Висновки. Технічне й технологічне удосконалення виробництва, його диверсифікація та підвищення глибини переробки сировини на основі інноваційних технологій сприятиме підвищенню прибутковості підприємств галузі і збільшенню надходжень до бюджету всіх рівнів.

Література.

1. Олійнічук С. Т. Прогресивні технології біопалива з рослинної сировини / С. Т. Олійнічук, В. В. Сосницький // Продовольчі ресурси. - 2014. - № 2. - С. 8-14.
2. Альтернативна енергетика України: особливості функціонування і перспективи розвитку: колект. моногр. каф. менедж. альтернат. джерел енергії / Г. М. Калетнік, С. Т. Олійнічук, О. П. Скорук, О. В. Климчук, В. І. Яцковський; ред.: Г. М. Калетнік. - Вінниця : Едельвейс і К, 2012. - 255 с. - Бібліогр.: с. 243-247.
3. Зброджування суслу підвищеної концентрації з крохмалевмісної сировини С.Т. Олійнічук, Т.І. Лисак, О.О. Коваль. . Продовольчі ресурси: збірник наукових праць / НААН; Ін-т прод. Ресурсів НААН 2016. №7 ст. 139-143.

УДК 664.653

Рачок В.В., Теличкун Ю.С., к.т.н., Теличкун В.І., к.т.н.

Національний університет харчових технологій (НУХТ), Київ, Україна

ВПРОВАДЖЕННЯ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЙ ПРИ ЗАМІШУВАННІ ПШЕНИЧНОГО ТІСТА

Вступ. Процес замішування тіста, одна з важливих технологічних операцій, від якої залежить подальший хід технологічного процесу і якість готового виробу в цілому. Замішування тіста є складним процесом, який полягає у створенні однорідної капілярно-пористої маси з борошна, води, дріжджів, сольового розчину та інших компонентів та затраченою енергією на заміс тіста.

Метою замішування пшеничного тіста є отримання однорідної маси з певними структурно-механічними властивостями.

Актуальність теми. Впровадження прискорених технологій тістоготування потребує глибоких досліджень процесу замішування, вивчення впливу інтенсивності механічного оброблення тіста, зміни вологості на хід технологічного процесу і тривалість стадій замішування тіста: змішування компонентів, замішування та пластифікація, відповідно до сучасних уявлень про теоретичні основи процесу замішування пшеничного тіста.

Вивчення даних питань, дозволить раціонально та енергоефективно використовувати затрачену роботу на замішування пшеничного тіста.

Матеріали і методи. Дослідження проводилися на FARINOGRAPH®-АТ, німецької компанії BRABENDER® - це наступне покоління високоточних приладів для визначення якості борошна та дослідження поведінки тіста під час замішування в залежності від тривалості замішування та частоти обертання робочого органу.

Суміш із борошна, води, солі та дріжджів поміщали в камеру замішування та реєстрували значення крутного моменту (протягом всього процесу) та відповідні технологічні параметри.

Результати та обговорення. Результати досліджень дозволили чітко визначити межі стадій процесу замішування, отримати залежності крутного моменту на валу робочого органу в залежності від частоти обертання робочого органу, та тіста різної вологості.

Тривалість першої стадії процесу замішування (рис.1)

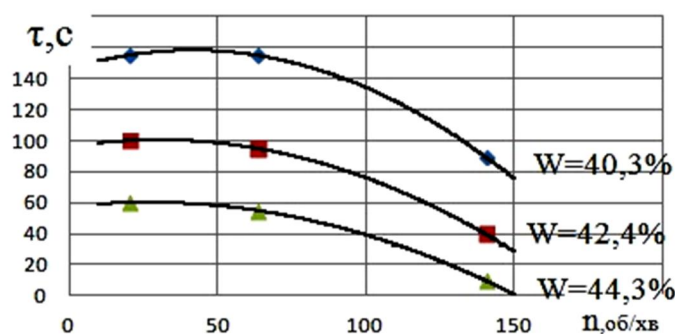


Рисунок 1 - Тривалість першої стадії замішування від частоти обертання робочого органу за різної вологості тіста

зі збільшенням частоти обертання від 20 до 60 об / хв практично не змінюється, збільшення більш як 60 об / хв призводить до різкого зменшення тривалості першої стадії для досліджених параметрів вологості тіста.

Дослідженнями встановлено, що тривалість другої стадії (рис.2) не залежить від вологості тіста і носить степеневий характер.

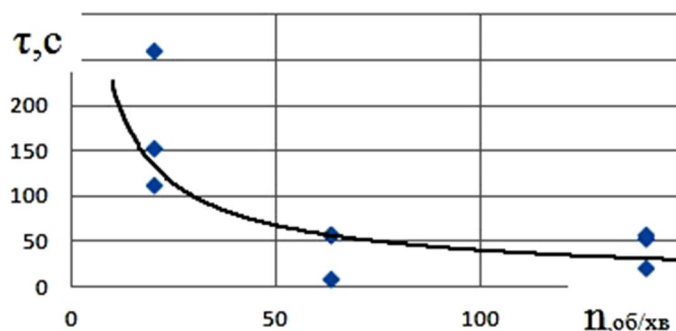


Рисунок 2 - Тривалість другої стадії замішування від частоти обертання робочого органу

Тривалість процесу утворення тіста (перша та друга стадія процесу замішування) визначається інтенсивністю механічного впливу (частоти обертання робочого органу) і носить степеневий характер (рис.3). Зі збільшенням частоти обертання робочого органу до 65 об/хв тривалість утворення тіста різко зменшується, підвищення частоти обертання робочого органу за 65 об/хв, практично не впливає на тривалість процесу.

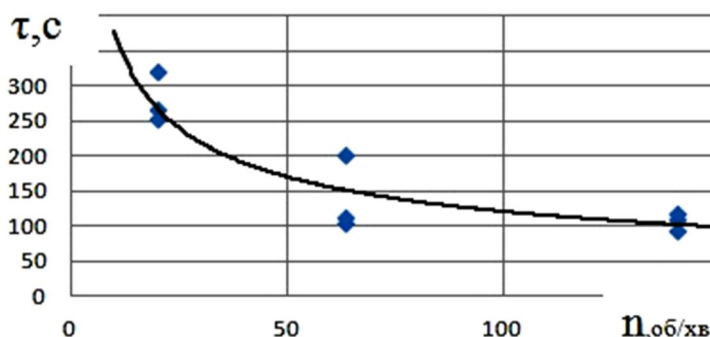


Рисунок 3 - Тривалість утворення тіста в залежності від частоти обертання

В результаті проведених досліджень нами встановлено залежність параметрів процесу замішування пшеничного тіста від частоти обертання робочих органів. Тривалість першої та другої стадії процесу замішування пшеничного тіста визначається інтенсивністю механічного оброблення. Тривалість другої стадії та тривалість утворення тіста, не залежить від вологості тіста і носить степеневий характер, зі збільшенням частоти обертання вище 63 об/хв, не впливає на тривалість утворення тіста.

Висновки. За значень частоти обертання 63 об/хв та при вологості тіста 43% спостерігаються високі показники якості дріжджового тіста. При оптимальній інтенсивності механічної обробки витрачаються раціональні затрати механічної енергії. За вказаних параметрів, макромолекули клейковини під дією внутрішніх напружень, що виникають в тісті, частково руйнуються, але внаслідок внутрішньої перебудови структури знову відновлюються, і клейковина виходить еластичною.

Література

1. Интенсификация процесса замешивания дрожжевого теста / А.И. Кравченко, В.В. Рачок, Ю.С. Теличкун, и др. // Научни трудове на русенския университет. – 2013. – Т. 52, № 10.2. – С. 135-138.
2. Oleksandr Kravchenko, Yuliya Telychkun, Volodymyr Telychkun (2014), Perfection of equipment for improvement of dough semi finished, Ukrainian Journal of food science, 2(1), pp. 81-88
3. Kudinova O., Kravchenko O., Lytovchenko I., Telychkun Y., Gubenia O., Telychkun V., Dovgun I. (2014), Modelling of process in twin-screw dough-mixing machines, Journal of Food and Packaging Science, Technique and Technologies, 5, pp. 64-68.

УДК 664.65.05

Родіонов Є.В., Ковальов О.В., к.т.н.

Національний університет харчових технологій (НУХТ), м. Київ, Україна

ЕКОНОМІЯ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ ПРИ ВИКОРИСТАННІ КОМПЛЕКТІВ ІНФРАЧЕРВОНИХ ПЛОСКИХ ВИПРОМІНЮВАЧІВ МАЛОЇ ПЛОЩІ В КОМПАКТНОМУ ПІЧНОМУ ОБЛАДНАННІ

Вступ. В роботі розглядається можливість використання наборів плоских інфрачервоних випромінюючих панелей малої площі в хлібопекарному обладнанні невеликої потужності. Порівнюються плоскі ІЧ-панелі та існуючі аналоги з ТЕНами.

Актуальність. У всьому світі спостерігається здорожчання енергоносіїв, тому зменшення енерговитрат харчового виробництва є актуальною задачею. Оскільки ІЧ-випромінювачі сприяють підвищенню інтенсифікації виробництва та його енергоефективності їх доцільно використовувати не лише у промислових зразках печей, а й в малорозмірних жарочних та пекарних шафах.

Матеріали та методи. Використано зразки плоских інфрачервоних випромінювачів, зокрема скляний з оксидним нагрівним шаром, які досліджувались дистанційними та контактними термометрами. Порівнювалися характеристики малопотужних електричних пекарських шаф.

Результати та обговорення. Час виходу на робочий режим з температурою 260 °С в більшості зразків такого малогабаритного обладнання складає 15-25 хв. в залежності від розмірів та потужності. Характеристики декількох зразків обладнання приведено в табл. 1.

Таблиця. 1.

Модель	Розміри робочої камери, мм	Температура в камері, °С	Час розігріву до 260 °С, хв	Потужність, кВт
КИЙ-В ЖШ - 2	695x540x285	+50...+300	25	9.6
КИЙ-В ЖШ-1/ КИЙ-В ЖШ-1М	560x560x290/695x540x285	+50...+300	21/25	4.8
КИЙ-В ШП-1	975x760x250	+50...+300	24	6
Орест ЭДМ-2/НМ	400x550x250	+100...+300	25	7.2

Плоскі ІЧ-випромінювачі розміром 15x15 см зібрані в групи розігріваються до 300 °С за 8-12 хв. Доцільне виготовлення скляних суцільних випромінювачів у відповідності до розмірів конкретного обладнання. Вони не відрізняються по характеристиках від комплектів.

Висновки. Використовуючи наведені ІЧ-випромінювачі замість ТЕНів можна знизити витрати електроенергії на 15-25% та зекономити час при запуску. Менша необхідна потужність випромінювачів також сприяє зниженню енерговитрат.

Література

1. Родіонов Є.В. Дослідження ефективності плоских інфрачервоних випромінювачів / Родіонов Є.В., Ковальов О.В., // Ресурсо- та енергоощадні технології виробництва і пакування харчової продукції – основні засади її конкурентоздатності : матеріали 4-ої Міжнародної спеціалізованої наук.-практ. конф. 8 вер. 2015 р., Київ, Україна. – К. : НУХТ, 2015. – С. 68-69.
2. Родіонов Є.В. Підвищення енергоефективності при виробництві хлібобулочної продукції з використанням інфрачервоного випромінювання. / Родіонов Є.В., Ковальов О.В., // Ресурсо- та енергоощадні технології виробництва і пакування харчової продукції – основні засади її конкурентоздатності : матеріали 5-ої Міжнародної спеціалізованої наук.-практ. конф. 14 вер. 2016 р., Київ, Україна. – К. : НУХТ, 2016. – С. 30-31.
3. Родионов Е.В. Пленочные нагревательные элементы инфракрасных панелей / Родионов Е.В., Ковалев А.В., Шмидко И.Н. // Міжнародний науковий журнал "Smart and Young". – 2016. – № 4. – С. 42–52.

Володін С.О.,

Мирончук В.Г., д.т.н.

Національний університет харчових технологій (НУХТ), м. Київ, Україна

ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ ПРОМИСЛОВИХ РЕГУЛЬОВАНИХ КЛАПАНІВ У ВИРОБНИЧОМУ ПРОЦЕСІ

Вступ. Цукрове виробництво вимагає якісної підготовки цукрового буряка для подальшої переробки. При умові забруднення піском із погано відмитого буряка, на заводі забиваються підігрівачі циркуляційного соку колонних дифузійних апаратів, що вимагає збільшення кількості продувок соку на станції дефекосатурації. Погана класифікація відходів мийного відділення, яка здійснюється на базі такого застарілого обладнання - як 2-х барабанний класифікатор, призводить до того, що в мийних відділеннях втрачається близько 3,0-6,0% до маси буряка, маси фракцією 10-20 мм, придатної до промислової переробки із забезпеченням отримання товарного цукру.

Актуальність. Мийні відділення цукрових заводів, як показали результати проведених на різних підприємствах реконструкцій мийних відділень, повинні забезпечувати такі показники роботи: очищення буряків від легких і важких домішок - 100%; відмивання буряка до залишкової забрудненості - 0,06-0,12% до маси буряка; повернення у виробництво кондиційної маси в кількості 3,0-6,0% до маси буряка, придатної до промислової переробки із забезпеченням отримання з маси товарного цукру; витрата чистої води на мийку буряка - 25 ... 30% до маси буряка. [1,2]

При цьому втрати цукру, внаслідок інфікування дифузійної середовища брудом, який надходить в дифузійний апарат з бурякової стружкою із забруднених буряків, складають близько - 0,66% до маси буряка. Таким чином, забезпечення високих показників роботи мийних відділень є актуальним завданням для цукрових заводів і запорукою енергозощадження.

Основна частина. Розглянемо одну зі стандартних технологічних схем мийного відділення цукрового заводу. Врахуємо високу ефективність запропонованої схеми [1] по очищенню буряка від важких і легких домішок, а також високу ефективність по відмиванню буряка від бруду при використанні малої кількості чистої води.

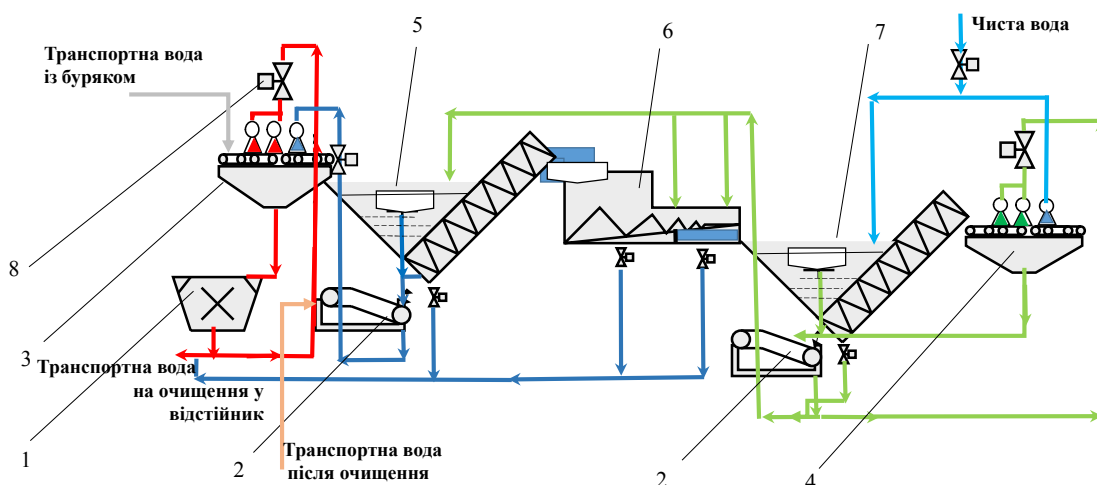


Рисунок 1 – Загальна технологічна схема мийного відділення цукрового заводу:

1 – вібросито; 2 – ситчастий сепаратор; 3 – водовідділювач №1; 4 - водовідділювач №2; 5 – ополіскувач №1; 6 – бурякомийка; 7 – ополіскувач №2; 8 – регулюючий клапан з позиційним приводом.

Робота мийного відділення, водна схема якого представлена на рис.1, потребує використання 25-40% до маси буряка чистої води. Чиста вода, це: охолоджені до 12-35 °С аміачні конденсати, охолоджена вода із реверсного потоку води 1-ої категорії, а також технічна вода заводського водосховища. Як видно з рис.1. чиста вода в мийному відділенні використовується: на водороздільниках №2 для струминного відмивання буряка, на 2-му каскаді водовідділення і в ополіскувачі №2. Потім чиста вода, введена в ополіскувач №2 і використана в ополіскувачі №2, відбирається з циркуляційного контуру цього ополіскувача №2 і надходить в бурякомийку коритну або барабанну. Чиста вода в бурякомийці не використовується. У бурякомийці використовується тільки вода відпрацьована в ополіскувачі №2. Вода з циркуляційного контуру цього ополіскувача №2 надходить також у ополіскувач №1. Таким чином організовується протипотоковий рух води щодо руху буряка в мийному відділенні.

Форсунки над водороздільником №1 для струминного очищення і відмивання буряків - здатні працювати на транспортерній воді, яка очищена на віброситі, або на транспортерній воді після радіальних відстійників, або на воді з циркуляційного контуру ополіскувача №1. Конструкція форсунки забезпечує також: легке регулювання ширини щілини для проходу води через форсунку; забезпечення легкого очищення форсунки при забиванні її домішками, які містяться у воді. Форсунки повинні забезпечувати: використання води з включенням твердої фракції з розмірами близько 5 мм; сумарну витрату води на струминне відмивання буряків на водовідділювачі №1 в кількості близько 80-150% до масі буряків з тиском води на рівні 2,5 кг/см². Тиск води, яка подається на форсунки, визначає швидкість води форсунки. Як видно з рис.8., за умови тиску води $P = 2,5 \text{ кг / см}^2$ - швидкість води із форсунки становить $V = 22,5 \text{ м/сек}$. В ході проведеного аналізу роботи ділянки з форсунками над водороздільником №1, нами запропонована модернізація керуючої системи регулюючого клапана серії VL10 (Камоцці), пов'язаного із форсунками (рис.2).

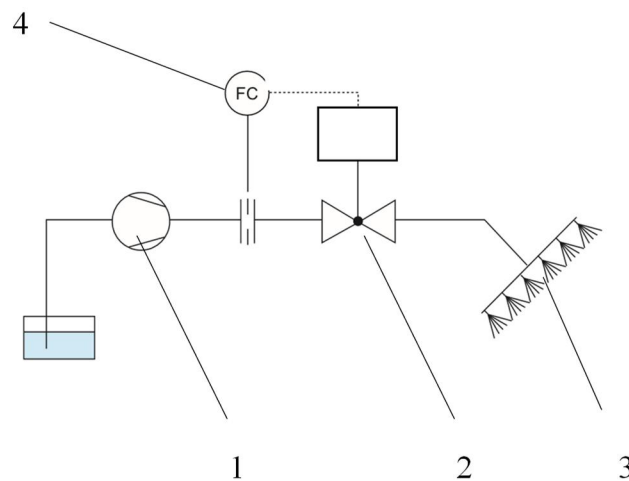


Рисунок 2 – Загальна схема управління форсунками над водороздільники №1:

1 – насос; 2 - регулюючий клапан з позиційним приводом; 3 – форсунки; 4- регулятор потоку

Таким чином, статична передавальна функція описує залежність між вхідним сигналом і площею дроселювання. Хід клапана (точніше, положення плунжера) - суттєвий проміжний параметр цієї послідовності сигналів. Конструкція плунжера клапана, відповідно до регулювання ходу, забезпечує більшу або меншу область дроселювання, від початкового значення до його максимальної величини. Відношення максимального значення до початкового визначає амплітуду (діапазон змін). Характер змін між цими значеннями описується характеристикою клапана.

Характеристика рис.3, отримана експериментальним шляхом дає можливість враховувати залежність між коефіцієнтом пропускної здатності і положенням плунжера на клапані. На практиці зазвичай вибирають між лінійною і рівновідсотковою характеристиками (рис.3).

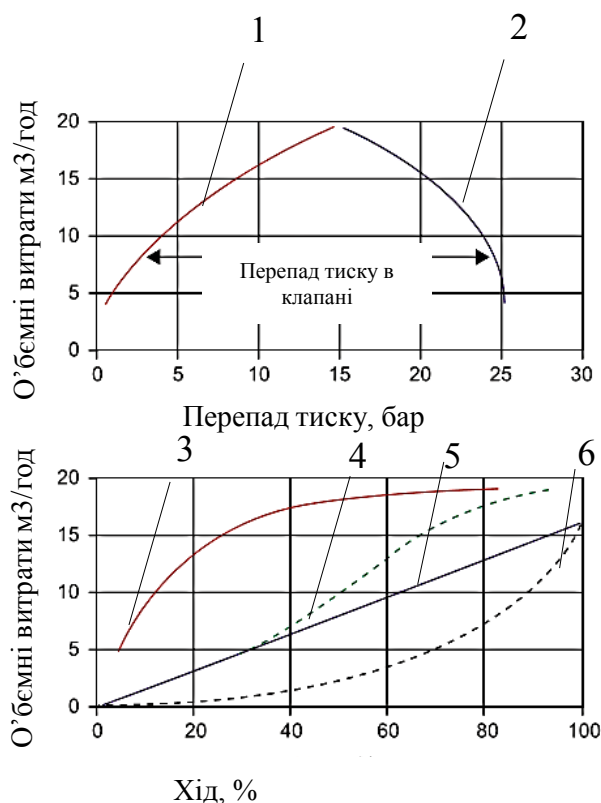


Рисунок 3 – Характеристики роботи форсунок і насоса:

1- перепад тиску в соплі; 2 – перепад тиску на насосі; 3 – характеристика витрат позиційно керованого клапана керованого за лінійною характеристикою; 4 - характеристика витрат позиційно керованого клапана керованого за рівновідсотковою характеристикою; 5 – лінійна характеристика клапана; 6 – рівновідсоткова характеристика клапана

Характеристики форсунок для розпилення і роботи насоса представлені на рис.3, де показано вплив характеристики клапана (лінійну або рівновідсоткову) на характеристику установки. Граничні умови - зовнішній тиск за форсунками і рівень рідини в резервуарі, який передбачається бути постійним. Якщо для прохідного клапана немає заданої технічної характеристики, з економічних причин, раціонально вибрати лінійну характеристику.

Висновки. При рівновідсотковій характеристиці (рис. 3) існує рекомендація вибрати регулюючий клапан із більшою величиною Kvs (номінальною пропускною спроможністю). У більшості випадків перфорований плунжер при рівнопропорційній характеристиці вимагає великих діаметрів сідла або більшого ходу і, отже, великих зусиль приводу. Для раціонального управління клапаном доцільно встановити позиційний пневмопривод для перетворення сигналів (при тиску 0,2 - 1,0 бар або електричному струмі 4 - 20мА) в зусилля приводу. Позиційний пневмопривод разом із регулюючим клапаном утворює керуючий контур, який керує всім технологічним процесом.

Література

- Осадчий Л. Г. Усовершенствование работы моечных отделений сахарных заводов /Л. Г. Осадчий – К.: Украинский НИИ сахарной промышленности, Производство, №4 - июнь-2016. – 16 -21 с.
- Танащук Л.І. Вторинне перероблення сировини — раціональне використання природних ресурсів: /Л. І. Танащук, Л.Ф. Степанець // Матеріали міжнародної науковотехнічної конференції «Створення нових матеріалів та енергоощадних технологій і ефективного обладнання для цукрової промисловості»: тези доп. — К.: НУХТ, 2000. — 250 с.

УДК 664.653**Литовченко І.М., к.т.н.***Національний університет харчових технологій (НУХТ), м. Київ, Україна***ОПТИМІЗАЦІЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ВИТРАТ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ
ХЛІБОБУЛОЧНИХ ВИРОБІВ**

Технологічна лінія з виробництва типових хлібобулочних виробів являє собою низку окремих машин та апаратів, об'єднаних однією метою – отриманням якісної продукції. В сучасних умовах суттєву роль грають також економічні чинники процесу взагалі, а також окремих процесів, які відбуваються згідно технологічних етапів.

Основні напрямки оптимізації процесів – це скорочення витрат енергії (електричної та теплової) а також зменшення втрат сировини в ході проведення необхідних процесів. Всі ці чинники мають об'єктивну собівартість. Відповідно, з'являється можливість математичним методом оцінити сумарні витрати на виробництво продукції, порівняти їх між собою та знайти їх співвідношення.

В ході аналізу визначені основні етапи процесу, пов'язані з витратами енергії. А саме неодноразові циклічні процеси підготовки та дозування сипких та рідких компонентів, замішування опари та тіста, відповідно етапи бродіння цих напівфабрикатів, поділ тістових заготовок, процеси вистоювання та випікання.

Також потрібно відмітити, що проведення зазначених процесів може відбуватись з різною точністю, тривалістю та витратами енергії. Це визначається тим, що вплив на якість продукції окремих попередніх операцій можуть перекриватись наступними, такими що більш суттєво впливають на кінцевий результат.

Впливати на активність окремих етапів можна за рахунок активації сировини та напівфабрикатів, комбінації температури та тривалості окремих технологічних етапів, визначення достатньої точності дозування компонентів тощо.

Перед нами постає класична багатofакторна задача оптимізації технологічного процесу. Було вирішено для її вирішення використати методики лінійного програмування, які добре зарекомендували себе в подібних випадках.

Існують комп'ютерні програмні засоби, які дозволяють провести подібні дослідження. Вони, як правило, реалізують алгоритми симплекс методу. Складність досліджуваної ситуації оптимізації хлібопекарського технологічного процесу полягає в тому, що впливових факторів дуже багато, навіть при штучному їх скороченні (обмеженні) кількість їх досягає порядку десяти.

В будь-якому випадку необхідно провести підготовчі процедури для вирішення задачі. В процесі аналізу визначені: функція мети, змінні, обмеження, граничні умови, коефіцієнти значущості окремих змінних. Даний етап ґрунтується на аналізі технологічного процесу: визначенні пріоритетних показників якості, встановлення для них більш високих коефіцієнтів, а також обмеження технологічних та енергетичних параметрів, які будуть нівелюватись в процесі бродіння опари та тіста.

Наступний етап – це вибір комп'ютерної програми, яка може вирішити задачу оптимізації подібної складності. В ході аналізу ресурсів доступних через Інтернет, знайдені продукти декількох фірм, які спеціалізуються на вирішенні подібних академічних та прикладних задач. Обрані розробники комерційного програмного забезпечення мають «академічні» версії своєї продукції, які вільно розповсюджуються.

В ході вирішення задачі, яка є темою даного матеріалу, на сьогодні виконані наступні етапи: проаналізовані технологічні та енергетичні параметри процесу хлібопекарського виробництва, визначені пріоритетні величини функції мети та елементів впливу на неї, визначена комп'ютерна програма для вирішення задачі.

Література

Лисюк Г. М. Технологія борошняних кондитерських і хлібобулочних виробів : навч. посіб. / Г. М. Лисюк, О. В. Самохвалова, З. І. Кучерук, О. М. Постнова, С. Г. Олійник, М. В. Артамонова, О. В. Неміріч, О. Т. Старчаєнко, П. О. Карпенко. - Суми : Унів. кн., 2009. - 464 с.

УДК 637.023

Єрошенко С.І., Майборода Ю.В., к.т.н.

Інститут продовольчих ресурсів (ІПР) НААН, м. Київ, Україна

ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ВИСОКОТЕМПЕРАТУРНОЇ ОБРОБКИ МОЛОЧНИХ ВЕРШКІВ, ВИСОКОЖИРНИХ ТА МОЛОЧНО-ЖИРОВИХ СУМІШЕЙ У ВИРОБНИЦТВІ МАСЛА ТА СПРЕДІВ

Обладнання для теплової обробки – є важливою частиною ліній для виробництва різних видів масла, спредів, сметани. Розвиток сучасних поточних технологій зумовив перехід до інтенсивних високотемпературних режимів теплової обробки сировини з мінімальним часом дії температури.

Для досягнення необхідної ефективності пастеризації високожирній сировині необхідна дія більш високої температури, внаслідок концентрації жирової фази та зниженої теплопровідності. Крім того, у маслоробстві дія пастеризації спрямована не лише на знищення мікроорганізмів, але й інактивацію досить термостійких небажаних ферментів та забезпечення характерних смакових та ароматичних властивостей готового продукту. У вітчизняній та закордонній практиці маслоробства застосовуються режими пастеризації вершків при 105-110°C. При цьому досягається необхідний пастеризаційний ефект та формуються найкращі органолептичні властивості продукту.

Актуальність теми Експлуатація пастеризаційного обладнання для будь-якої молочної сировини значно ускладнюється адгезією коагульованого білку на теплообмінній поверхні. Підвищення температурного тиску призводить до мінералізації білкових відкладень і утворення щільного шару пригару, який викликає зниження продуктивності установок. Найбільш вразливою при нагріванні є ланка високотемпературної обробки. В комплектах теплообмінного обладнання секція пастеризації має найкоротший цикл роботи та потребує найбільших витрат часу на очищення теплообмінної поверхні.

Традиційно високотемпературну пастеризацію вершків на маслозаводах виконують в трубчастих пастеризаційних установках. Проте за температурних режимів, що перевищують 90°C спостерігається різке зниження теплової продуктивності обладнання внаслідок утворення пригару на теплообмінній поверхні. Тому для високотемпературної обробки вершків та інших в'язких рідин частіше застосовуються трубчасті пастеризатори, оснащені скребками. Скребки не тільки запобігають утворенню пригару, але й впливають на гідродинаміку потоку, яка є основним механізмом конвективного теплообміну.

Однак, довгомірні скребки не забезпечують повного прилягання до теплообмінної поверхні і не вирішують проблеми пригару. Низький рівень використання робочого об'єму, обмежена можливість розвитку поверхні теплообміну відносно габаритних розмірів є досить суттєвими недоліками циліндричних скребкових пастеризаторів. Крім того, в таких пастеризаційних установках не передбачена рекуперація тепла, що робить теплообмінні процеси енергоємними.

Матеріали та методи Зважаючи на існуючі проблеми застосування високотемпературних режимів, фахівцями інституту виконана науково-конструкторська робота, спрямована на інтенсифікацію пастеризаційних процесів та зниження їх енергоємності. Вирішальними факторами у виконанні цих задач стала конструкція пастеризатора [2, 4] та його гідродинамічні характеристики, які мають забезпечити мінімальні енергетичні витрати та стабільну і ефективну пастеризацію.

Дослідження гідродинамічних та теплообмінних процесів виконувались на експериментальній моделі пастеризатора методом локального теплового моделювання, здійснюваного за умов гідродинамічної подібності модельного й реального процесів. Геометрична подібність забезпечувалася реальними розмірами основних елементів експериментальної моделі скребкового пастеризатора. Дослідження теплообміну виконували відомим методом з безпосереднім вимірюванням температури теплообмінної стінки. Витрати

енергії визначали одночасно з дослідженням теплообміну [1].

В результаті отримані закономірності інтенсивності тепловіддачі від швидкості руху робочих органів та витрат потужності на турбулізацію потоку у вигляді залежностей між тепловими (Nu), (Pr), енергетичним (Eu) та гідродинамічним (Re) критеріями.

За ступенем впливу рівня турбулізації та кількості скребків встановлені розрахункові рівняння для визначення коефіцієнта тепловіддачі та витрат потужності в ламінарній та турбулентній області.

Отримані критеріальні рівняння введені до методики розрахунку, що дозволило науково обґрунтовано визначити конструктивні та енергетичні параметри скребково-пластинчастого пастеризатора. Технічне рішення апарату забезпечує високу ефективність тонкошарової обробки потоку, конструктивну простоту і компактність при розвиненій поверхні теплообміну, властиві пластинчастим теплообмінникам, в поєднанні з високою турбулентністю потоку, запобіганням утворення пригару та здійсненні безрозбірної мийки, властивих скребковим апаратам.

З метою економного використання теплових ресурсів на етапах нагрівання вершків перед пастеризацією використовується рекуперативне тепло пастеризованих вершків. Для цього високотемпературний пастеризатор оснащено пластинчастим теплообмінником-рекуператором, основним елементом якого вибрано пластину сітчасто-поточного типу Р-0,26 виробництва «Альфа-лаваль».

Пластина випускається в двох модифікаціях – з вертикальними та горизонтальними гофрами, - комбінації яких дають можливість регулювати рівень турбулентності та гідравлічні витрати в міжпластинних каналах. Для встановлення загального теплового та енергетичного навантаження рекуператора дослідним шляхом були встановлені теплові та гідравлічні характеристики пластин [3].

Результати та обговорення В результаті проведених науково-конструкторських робіт створено модельний ряд установок для комплектації ліній виробництва масла, сметани та інших молочно-жирових продуктів продуктивністю 1250, 2500 та 5000 кг/год. Блочний варіант установки продуктивністю 2500 кг/год представлений на рис.1.

До складу установки входять приймальний бак, насос продуктовий, комбінований пластинчастий пастеризатор, що складається з пластинчастого рекуператора та високотемпературного пластинчастого скребкового пастеризатора, пульта керування, паропроводу, системи трубопроводів.



Рисунок 1 - Установка высокотемпературної і апарату вершків до апарату вершків 30 ас

пластинчастий пастеризатор, що складається з пластинчастого рекуператора та високотемпературного пластинчастого скребкового пастеризатора, пульта керування, паропроводу, системи трубопроводів.

Робота установки здійснюється у відповідності з технологічною схемою пастеризації вершків у виробництві спредів, масла методом сколочування, перетворення або виготовлення сметани.

Система керування забезпечує роботу установки в автоматичному режимі в якому здійснюються такі функції: управління електродвигунами насосів, скребкового пастеризатора та клапанами установки; автоматичне регулювання температури пастеризації та

регулювання температури пастеризації та повернення недопастеризованих вершків. Також системою управління здійснюється ряд інформаційних функцій шляхом контролю, реєстрації, а також світлових і звукових сигналів. Прилади контролю та регулювання, світлова сигналізація та захист електродвигунів розміщені в пульті керування.

Температура вершків впродовж всього процесу пастеризації фіксується реєструючим приладом. У випадку падіння температури пастеризації вершків нижче встановленої, спрацьовує клапан перемикання потоків, і недопастеризовані вершки повертаються в бак для повторної пастеризації.

Мийка установки здійснюється в автоматичному режимі.

Обладнання виконане у блочному варіанті і розміщується на одній рамі. Створення блоку з'єднаних між собою основних і допоміжних одиниць обладнання, які забезпечують узгодження окремих етапів технологічного процесу, значно спрощує монтаж, наладку і обслуговування обладнання, а також знижує витрати підприємств на цих етапах.

Пастеризаційні установки продуктивністю 2500 та 5000 л/год, були апробовані та встановлені на ВАТ «Решетилівський маслозавод» та ПП "Креатив" в комплекті ліній виробництва молочно-жирових сумішей. Під час роботи установки забезпечили відповідно до паспортних даних безперервну пастеризацію молочно-жирових сумішей при 105-108 °C та охолодження їх до температури нормалізації перед процесом маслоутворення. У порівнянні з традиційними методами пастеризації в трубчастих апаратах установки забезпечують економію енергоресурсів більше, ніж у 3 рази. Так, під час експлуатації установки Я5-ОПС-5 продуктивністю 5000 л/год встановлено зменшення витрат електроенергії у 3,8, тепла на вироблення крижаної води – у 5,3 і пари – у 2,6 разів.

Висновки

Розроблено параметричний ряд енергоощадних установок високотемпературної пастеризації вершків та жирових сумішей. Технічне рішення обладнання спрямоване на запобігання утворенню пригару на теплообмінній поверхні, підвищення ефективності теплообміну та заощадження енергоресурсів. Випробовування устаткування у виробничих умовах підтвердило заявлені технічні характеристики.

При кількості річних змін 250 і 8 часовому використанні обладнання, строк окупності обладнання складає 1,46 року.

Література

1. Г.Ересько, С.Ерошенко «Тепловые и энергетические характеристики пластинчатого скребкового пастеризатора»// «Молочная промышленность», №8 2010 р.- с. 32-34.
2. Ерошенко С.І., Майборода Ю.В. «Конструктивні особливості скребкових пастеризаційних апаратів».\ «Вісник аграрної науки».- №6.-2013.- с.56-59.
3. С.Ерошенко, Ю.Майборода «Експериментальне дослідження інтенсифікованого конвективного теплообміну в каналах пластинчастого рекуператора», Вісник аграрної науки.- №5 2011 р.- с. 32-34.
4. Патент 19630U Україна МПК F28D11/00 F28C3/00. Теплообмінний апарат/ Єресько Г.А., Ерошенко С.І., Кимачинський С.І.- Заявл. 17.07.2006; Опубл.15.12.2006 , Бюл. №12.

УДК 664.6.

Десик М.Г., к.т.н., Теличкун В.І., к.т.н., Теличкун Ю.С., к.т.н.

Національний університет харчових технологій (НУХТ), м. Київ, Україна

АНАЛІЗ, ТЕОРЕТИЧНЕ І РОЗРАХУНКОВЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ВИТРАТ ТЕПЛОТИ ПІЧНИМ АГРЕГАТОМ

Вступ. Скорочення витрат палива, ефективне використання вторинних енергетичних ресурсів є актуальним для хлібопекарської промисловості.

Витрати тепла на випікання хліба в печах різних конструкцій, при випіканні різних видів виробів, при використанні різних енергетичних джерел суттєво відрізняються між собою, що вимагає вивчення і пояснення причин такого стану і визначення шляхів підвищення ефективності роботи хлібопекарських печей, скорочення витрат палива і скорочення витрат теплоти.

Матеріали і методи. Досліджуються втрати теплоти пічним агрегатом під час випікання хлібних виробів. Дослідження базуються на основі аналізу наукових праць щодо випікання хлібних виробів.

Результати та обговорення. Хлібопекарська піч є головним обладнанням хлібозаводу, в топці якої спалюються близько 50 % палива, що витрачається хлібозаводом. Якщо врахувати витрати палива на виробництво пари в котлах підприємства, що складають близько 30 %, то сумарні витрати палива на випікання досягають 80 % виробничих витрат палива на хлібозаводі. Причому, як покаже подальший аналіз, із них 10-15 відсотків витрачається безпосередньо на випікання хліба.

Які ж основні причини неефективного використання палива і шляхи підвищення ефективності роботи печей?

Безумовно, основним напрямком зменшення енергетичних витрат є теоретичне та експериментальне обґрунтування оптимального режиму випікання. На сьогодні копіткою працею покоління вчених та виробників, в тому числі українських, визначені основні параметри та вимоги до режиму випікання хлібних виробів, але немає можливості в повній мірі із-за відсутності відповідного програмного забезпечення ці результати використати під час проектування хлібопекарських печей.

Сучасні хлібопекарські печі є високотехнологічним обладнанням, що відповідає в значній мірі вимогам, але досить побіжний аналіз показує, що вони є конструктивно громіздкими, з низьким коефіцієнтом використання виробничих площ і об'єму приміщення, характеризуються великими втратами теплоти. Тому удосконалення конструкції печей на базі не лише емпіричних уявлень і досвіду, а на підставі теоретично обґрунтованих розрахунків є актуальною задачею.

Ефективність роботи хлібопекарських печей залежить від рівня організації виробництва, який, в свою чергу, залежить від професійного рівня підготовки обслуговуючого персоналу, і, в першу чергу, інженерно-технічного персоналу.

Крім зовнішніх факторів, що впливають на ефективність роботи печей, є фактори, що характеризують використання теплоти, що визначаються складовими теплового балансу пічного агрегату.

Із дванадцяти складових балансу основними за кількістю витрат теплоти є:

- корисні витрати теплоти на прогрівання м'якуша і утворення скоринки;
- втрати теплоти на випаровування вологи із хліба під час упікання;
- втрати теплоти з парою, що подається на зволоження пекарної камери;
- втрати теплоти з вентиляційним повітрям;
- втрати теплоти з вихідними газами;
- інші втрати теплоти є незначними за своєю величиною і обумовлюються або доцільністю економічних витрат на їх зменшення (втрати теплоти зовнішньою поверхнею печі), або

обумовлюються фізичними особливостями процесу (втрати з хімічною і механічною неповнотою згорання).

Корисні витрати теплоти на прогрівання м'якуша і утворення скоринки визначаються кількістю теплоти, необхідною для прогрівання сухої речовини і вологи тіста до температури кипіння 98 °С, а також для нагрівання сухої речовини скоринки до її кінцевої середньої температури.

Витрати теплоти на випікання 193,5 кДж на 1 кг гарячого хліба. На її величину незначно впливають зміна вологості тіста та величина упікання. Вони практично не залежать від умов випікання і конструкції печі.

Втрати теплоти з упіканням пов'язані з тим, що в процесі випікання з поверхні тістової заготовки випарюється волога. Для більшості хлібних виробів величина упікання коливається від 6 до 12 %, тобто, складає від 153,1 до 306,2 кДж/кг хліба. На величину упікання суттєво впливає режим випікання і досконалість конструкції пекарної камери.

Під час відповідних умов випікання мінімальні витрати з упіканням складають 153,1 кДж/кг.

Втрати теплоти з парою на зволоження пекарної камери виникають у зв'язку з тим, що для отримання якісної продукції проводять гігротермічну обробку тістових заготовок, для чого подають в піч 0,12 – 0,15 кг пари, або 445 кДж на кг хліба.

Під час випікання деяких видів продукції не застосовують гігротермічної обробки тістових заготовок, тому втрати теплоти практично відсутні.

Втрати теплоти з вентиляційним повітрям становлять 183 кДж/кг хліба, і залежать від досконалості конструкції пекарної камери. Вони можуть бути зменшені до мінімуму.

Втрати теплоти з відхідними газами у балансі теплоти пічного агрегату аналогічні та складають 30 % від загальних втрат. Вони залежать від температури відхідних газів, продуктивності печі та складають близько 484 кДж/кг хліба. В залежності від умов експлуатації втрати з відхідними газами можуть значно змінюватись.

Для утилізації теплоти відхідних газів у харчовій та інших галузях широко застосовуються різні заходи, що дозволяють майже повністю використати теплоту відхідних газів.

Що до інших втрат теплоти пекарною камерою, то вони можуть бути використані як вторинні енергетичні ресурси.

Втрати теплоти пічним агрегатом можуть бути значно більшими зі зменшенням продуктивності печі та на печах малої продуктивності.

Висновки. Близько 50 % втрат теплоти під час випікання можна зменшити за рахунок вдосконалення конструкції печей та розробки заходів з удосконалення умов експлуатації печей.

Література

1. Telychkun V. The mathematical simulation of heat-mass transfer in bread baking process machine / V. Telychkun, E. Shtefan, Yu. Telychkun // Journal of food and packaging Science, Technique and Technologies. – 2012. - V.1, Is.1. - pp. 53-55
2. Kravchenko O. Perfection of equipment for improvement of dough semi finished / O. Kravchenko, Yu. Telychkun V. Telychkun // Ukrainian Journal of Food Science. - V.2, II. - pp. 81-88.
3. Десик Н.Г., Теличкун В.И., Теличкун Ю.С. Продолжительность процесса выпечки-сушки изделий цилиндрической формы из дрожжевого теста. / Инновационные технологии в производстве и переработке сельскохозяйственной продукции: доклады Международной научно-практической конференции: Минск, 14–15 апреля 2011 г. – В 2 ч. Ч. 2. – Минск: БГАТУ, 2011. – 288 с. С. 105-107.

МОДЕЛЮВАННЯ ВИТІКАННЯ ДРІБНОДИСПЕРСНОГО СИПКОГО МАТЕРІАЛУ З КОНІЧНОЇ ЛУНКИ БУНКЕРА ПІД ДІЄЮ ВІБРАЦІЇ

Вступ. Ефективність витікання дрібнодисперсних сипких матеріалів (СМ) з конічних лунок бункерів в значній мірі залежить від фізико-механічних характеристик продукту. У багатьох випадках цей процес неможливий без використання спеціальних пристроїв для покращення умов руху сипкого продукту. Використання впливу вібрації на сипкий продукт дозволяє змінювати його поведінку та властивості, реалізовувати рух у потрібному напрямі, а також здійснювати неперервну циркуляцію матеріалу у розвантажувальній лунці бункера. Тому дуже важливо для кожного дрібнодисперсного СМ встановлювати амплітуду і частоту коливань збудника, що дозволить забезпечувати неперервне та рівномірне витікання сипкого продукту.

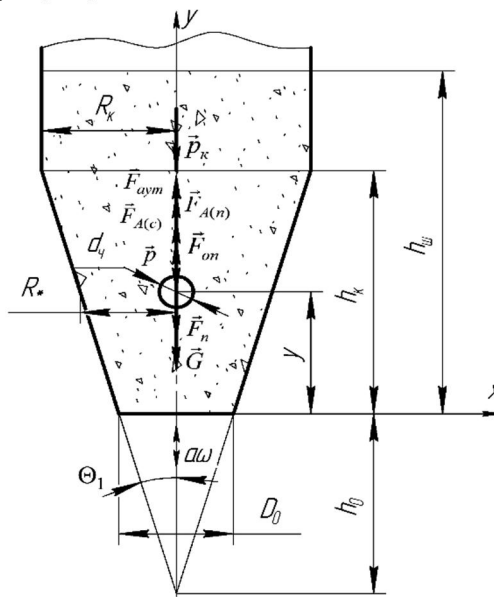


Рисунок 1 - *Схема конічної лунки бункера з показом діючих сил на частинці матеріалу.*

Актуальність. Тому дослідження впливу параметрів розвантажувальної лунки бункера та режимів вібрації на процес витікання дрібнодисперсних СМ з метою підвищення його ефективності на сьогоднішній день залишається актуальним.

Основна частина. Для дослідження поведінки дрібнодисперсних СМ у розвантажувальній лунці бункера при вібраційному збуренні потоку розроблено математичну модель, а саме модель Лоренца, що дозволяє описувати три можливі стани дрібнодисперсного СМ під дією вібрації: попереднє ущільнення, циркуляційні і хаотичні рухи продукту.

Оскільки дрібнодисперсний СМ у стані віброкипіння поводить себе аналогічно рідині, то найефективнішим способом одержання моделі Лоренца є її виведення із рівнянь Нав'є-Стокса. Для дослідження впливу режимів коливань дозатора на ефективність його роботи на основі розрахункової схеми (рис. 1) отримано рівняння Нав'є-Стокса:

$$\begin{cases} \frac{\partial V_x}{\partial t} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} + \nu \left(\frac{\partial^2 V_x}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 V_x}{\partial y^2} \right) - V_x \frac{\partial V_x}{\partial x} - V_y \frac{\partial V_x}{\partial y}, \\ \frac{\partial V_y}{\partial t} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} + \nu \left(\frac{\partial^2 V_y}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 V_y}{\partial y^2} \right) - V_x \frac{\partial V_y}{\partial x} - V_y \frac{\partial V_y}{\partial y} + g \left(\frac{\rho}{\rho_c} + \frac{\rho_n}{\rho_c} - 1 \right) + \\ + \frac{6g\rho k f (h_k - y)}{d_c \rho_c} \times \text{sign}(V_y - a\omega \cos(\omega t) e^{-\varepsilon_{3,k} y}) + \frac{3C_n \rho_n}{4d_c \rho_c} \times \\ \times |U_0 \cdot \sin(\omega t) \cdot e^{-\delta_{3,n} y} - V_y| \times \text{sign}(U_0 \cdot \sin(\omega t) \cdot e^{-\delta_{3,n} y} - V_y) + \\ + \frac{6\tau_0}{4fd_c \rho_c} \cdot \text{sign}(V_y - a\omega \cos(\omega t) e^{-\varepsilon_{3,k} y}). \end{cases}$$

де V_x , V_y – де горизонтальна і вертикальна компоненти швидкості V СМ; t – час; ρ – насипна щільність СМ, що знаходиться під дією вібрації; p – тиск СМ; $\nu = \frac{\mu}{\rho}$ – коефіцієнт

кінематичної в'язкості СМ; μ – коефіцієнт ефективної в'язкості СМ; m – маса частинки СМ; $\rho_{\text{ч}}$ – густина матеріалу частинки СМ; ρ_n – густина повітря; C_n – коефіцієнт опору повітря; $d_{\text{ч}}$ – умовний діаметр частинки СМ; k – коефіцієнт рухливості матеріалу; y – поточна координата частинки СМ; $h_{\text{к}}$ – висота конічної розвантажувальної лунки бункера; a – амплітуда коливань днища лунки; $\omega = 2\pi \cdot \nu$ – кругова частота коливань днища лунки; ν – робоча частота коливань; $\varepsilon_{\text{з.к}}$ – коефіцієнт загасання коливань у СМ; U_0 – амплітудне значення швидкості руху повітря у розвантажувальній лунці бункера; $\delta_{\text{з.н}}$ – коефіцієнт загасання швидкості повітряного потоку.

Використавши методи гідродинаміки (закон Бернуллі) та термодинаміки (наближення Буссінеска) із рівнянь Нав'є Стокса отримано модель Лоренца.

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = \sigma(y_1 - x_1), \\ \dot{y}_1 = r \cdot x_1 - y_1 - x_1 \cdot z_1, \\ \dot{z}_1 = x_1 \cdot y_1 - b \cdot z_1. \end{cases}$$

де параметри моделі Лоренца приведено до вигляду:

$$\sigma = \frac{a\omega h_{\text{к}}}{\nu}, \quad r = \left(E + \frac{\rho_0}{\rho_{\text{ч}}}\right) \cdot \frac{a\omega^2}{g}, \quad b = \frac{4}{(h_{\text{к}}/R_0)^2 + 1},$$

$$\text{де} \quad E = \frac{1}{(R_{\text{к}}/R)^2 + 1 - (R/R_{\text{к}})^2} + \frac{2tg(\Theta_1) \cdot (R_{\text{к}}^2/R^3 + R/R_{\text{к}}^2)}{\left((R_{\text{к}}/R)^2 + 1 - (R/R_{\text{к}})^2\right)^2} \cdot y; \quad R_{\text{к}} = R_0 + h_{\text{к}} \cdot tg(\Theta_1);$$

$R = R_0 + y \cdot tg(\Theta_1)$; $R_0 = 0,5D_0$ – радіус випускного отвору розвантажувальної лунки бункера; D_0 – діаметр випускного отвору розвантажувальної лунки; $a\omega^2/g = \xi$ – параметр перевантаження.

Характерним показником у моделі Лоренца, в якому поєднані параметри вібрації та геометрії розвантажувальної лунки бункера, є параметр $r = (E + \rho_0/\rho_{\text{ч}}) \cdot a\omega^2/g$. При $r < r^*$ та $\sigma < \sigma^*$ спостерігається ущільнення матеріалу, при $r \geq r^*$ та $\sigma \geq \sigma^*$ – розрихлення продукту і, відповідно, його безперервне та рівномірне витікання.

На основі розробленої математичної моделі отримано формулу, що дозволяє встановити залежність параметру перевантаження ξ від геометричних розмірів розвантажувальної лунки бункера та фізико-механічних властивостей СМ:

$$\xi = \frac{r^*}{\frac{1}{(R_{\text{к}}/R)^2 + 1 - (R/R_{\text{к}})^2} + \frac{2tg(\Theta_1) \cdot (R_{\text{к}}^2/R^3 + R/R_{\text{к}}^2)}{\left((R_{\text{к}}/R)^2 + 1 - (R/R_{\text{к}})^2\right)^2} \cdot y + \frac{\rho_0}{\rho_{\text{ч}}}}.$$

Додатково встановлено вплив режимів вібрації коливного днища на продуктивність процесу витікання. Досліджено, що у випадку безперервного та рівномірного витікання дрібнодисперсного СМ, продуктивність конічної розвантажувальної лунки бункера лінійно залежить від амплітуди a та частоти ω коливань його робочого органу:

$$Q = \rho_0 \cdot A_{\text{с.о}} \cdot 2 \cdot a \cdot \pi \cdot \nu \cdot \sin\left(\frac{\pi \cdot \varepsilon}{2}\right) \cdot \sqrt{1 - \left(\frac{4}{\pi} \cdot Z_{\text{к}} \cdot \cos\left(\frac{\pi \cdot \varepsilon}{2}\right)\right)^2},$$

де $A_{\text{с.о}}$ – площа поперечного перерізу випускного отвору розвантажувальної лунки бункера;

Z_k – параметр інтенсивності коливань; $\varepsilon = 0,834\sqrt{S_h}$ – коефіцієнт; S_h – число Струхала.

Використавши задані вхідні параметри у програмному середовищі MathCAD отримано графічні залежності (рис. 2, рис. 3).

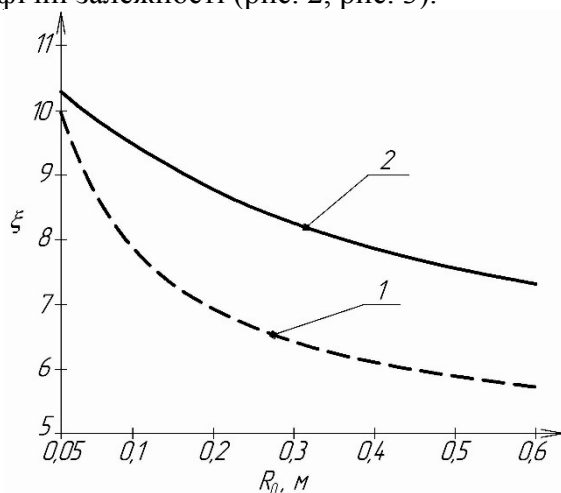


Рисунок 2 - Вплив радіуса випускного отвору розвантажувальної лунки на параметр перевантаження
(1 – $\Theta_1 = 10^\circ$; 2 – $\Theta_1 = 35^\circ$)

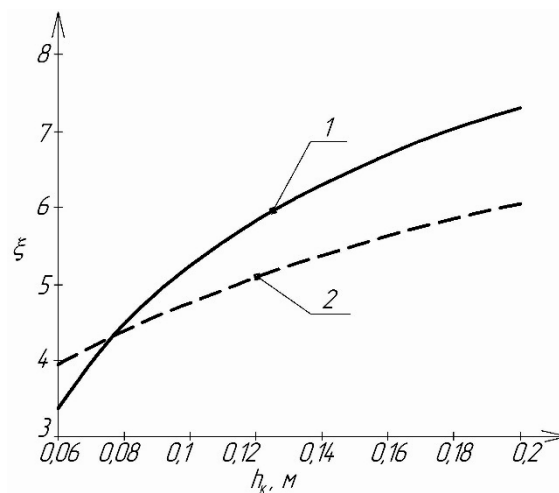


Рисунок 3 - Вплив висоти розвантажувальної лунки на параметр перевантаження
(1 – $R_0 = 0,05$ м; 2 – $R_0 = 0,2$ м)

Висновки.

1. Зростання радіусу випускного отвору R_0 (рис. 2), що відповідає розміру коливного днища, призводить до збільшення площі поширення вібрації і цим самим – до зменшення параметру перевантаження ξ . Чим менший кут нахилу стінок розвантажувальної лунки Θ_1 , тим істотніше впливає радіус випускного отвору R_0 на параметр ξ .

2. При збільшенні висоти лунки h_k (рис. 3) зростає інтенсивність вібрації $a\omega^2$, що необхідна для досягнення СМ стану віброкипіння. При заданих вхідних параметрах та при зростанні висоти розвантажувальної лунки h_k від 0,06 м до 0,2 м параметр перевантаження зростає від 3 до 7,3 – при $R_0 = 0,05$ м та від 4 до 6 – при $R_0 = 0,2$ м. Тому із збільшенням радіусу випускного отвору R_0 розвантажувальної лунки дозатора динамічна система стає менш чутливою до зміни висоти шару матеріалу h , оскільки збільшується площа дії вібрації.

3. Параметр перевантаження ξ значною мірою залежить від значення поточної координати y , яка визначає положення шару СМ у розвантажувальній лунці бункера, що знаходиться у стані віброкипіння. Для реалізації ефективної роботи конічної розвантажувальної лунки бункера необхідно забезпечити стан віброкипіння у місці потенційного утворення склепіння. Встановлено, що із зростанням значення координати y параметр перевантаження ξ зменшується, оскільки зменшується вага продукту, що знаходиться вище. При збільшенні висоти h_k розвантажувальної лунки, за умови повного її завантаження продуктом, збільшується тиск СМ на нижні шари продукту за рахунок зростання ваги матеріалу.

Література

1. Зимон А. Д. Аутогезия сыпучих материалов. - М.: «Химия», 1978. - 287 с.
2. Schulze, D. 2008. Powders and Bulk Solids Behavior, Characterization, Storage and Flow. Berlin, Heidelberg, New York : Springer, 2008. 978-3-540-73767-4.
3. Carrol, P. J. und Colijn, H. 1975. Vibrations in Solids Flow. Chemical Process Engineering. 1975, Bde. Vol. 71, No. 2, pp. 53-65.

УДК 664.726.9

Груданов В.Я., д.т.н., профессор, Бренч А.А., к.т.н., доцент

Белорусский государственный аграрный технический университет (БГАТУ) г. Минск,
Республика Беларусь

ОБОСНОВАНИЕ РАЦИОНАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ВИБРАЦИИ ВИБРОПНЕВМАТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Несмотря на разнообразие типов мясоизмельчительных машин, в ряде случаев они не обеспечивают выполнение технологических требований по качественному измельчению мясного сырья. В работе эмульсаторов часто наблюдается ухудшение качества отрезания и затаскивание пленок и волокон в образующийся между ножом и решеткой зазор: необходимо постоянное плотное прилегание вращающихся ножей к плоскостям решеток, что в свою очередь приводит к более интенсивному износу трущейся пары и к снижению эксплуатационной надежности машины.

Комплексные исследования структурно-механических и ряда технологических характеристик фарша при измельчении [1,2] не позволяют научно обоснованно подойти к расчету, осуществлению и прогнозированию этого процесса с целью получения готовых продуктов высокого качества при стабилизированных выходах. В результате любого механического воздействия (перемешивания, растирания, измельчения, резания и пр.) на продукт изменяются величины его физических свойств и технологические показатели. Для получения желаемого эффекта необходимо подвести к продукту определенное количество полезной энергии, которая вызывает изменение качества продукта. Другая часть энергии из общей расходуется на преодоление сил сопротивления и трения, преобразуясь в теплоту.

Решетка эмульсатора (перфорированная пластина) должна иметь одинаковую пропускную способность по всей рабочей поверхности и минимальное гидравлическое (аэродинамическое) сопротивление на прокачку рабочего тела.

Разобьем теперь решетку (рис. 1) на условные концентрические окружности, радиусы которых определяются по формуле:

$$R_n = \left(\sqrt{\Phi}\right)^n R_0, n = 1, 2, 3, 4, \dots,$$

где R_0 - радиус центрального отверстия;

Φ - коэффициент «золотой» пропорции ($\Phi = 1,618$) [3].

Отметим, что отверстия в кольцах располагаются на центральных радиусах каждого кольца. При этом предположении нетрудно показать, что пропускная способность любого кольца будет примерно одинаковой, если выбирать количество отверстий в каждом кольце равным соответствующим числу Фибоначчи. Действительно, пропускная способность n -го кольца с числом отверстий a равна

$$K_{i,n} = \frac{a_i f_0}{\pi(R_n^2 - R_{n-1}^2)},$$

где $f = \pi r_0^2$ - площадь отверстия.

Соответственно для $(i+1)$ -го кольца с числом отверстий $(n+1)$ имеем

$$K_{i+1,n+1} = \frac{a_{n+1} f_0}{\pi(R_{i+1}^2 - R_i^2)},$$

По условию $K_{i,n} \approx K_{i+1,n+1}$, следовательно

$$\frac{a_n f_0}{\pi(R_i^2 - R_{i+1}^2)} : \frac{a_{n+1} f_0}{\pi(R_{i+1}^2 - R_i^2)} = 1$$

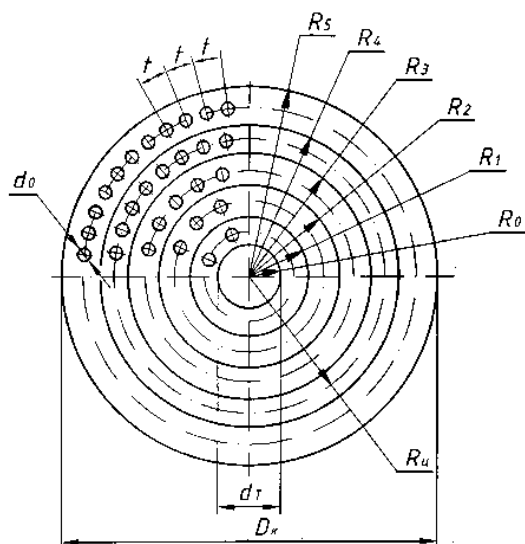


Рисунок 1 - Схема решетки:

D_k - диаметр наружного корпуса перегородки; d_t - диаметр посадочного отверстия; d_0 - диаметр отверстий; R_0 - радиус посадочного отверстия; R_1 - радиус первого условного кольца; $R_{2...5}$ - радиусы второго...пятого условных колец; $R_{ц}$ - центральный радиус n -го условного кольца

приборов.

Конструктивными и режимными входными регулируемыми параметрами эмульсатора выбраны коэффициент проходного сечения ножевой решетки ($K_{пр}$), толщина решетки (σ , мм), частота вращения ножа ($n_{вр}$, об/мин) и коэффициент заполнения загрузочной воронки (K_3).

Коэффициент проходного сечения ножевой решетки, определяется по формуле

$$K_{пр} = \frac{d_p^2 - d_{n.o.}^2}{d_o^2 \cdot z},$$

где d_p - диаметр решетки, м; $d_{n.o.}$ - диаметр посадочного отверстия, м; d_o - диаметр отверстия в ножевой решетке, м; z - количество отверстий в ножевой решетке.

В результате произведенных расчетов для серийной решетки с диаметром отверстий 10 мм $K_{пр1} = 0,46$; для разработанной решетки с диаметром отверстий 10 мм $K_{пр2} = 0,47$; для серийной решетки с диаметром отверстий 5 мм $K_{пр3} = 0,35$; для разработанной решетки с диаметром отверстий 5 мм $K_{пр2} = 0,45$.

Также, одним из определяющих факторов влияющих на качество и энергоемкость процесса измельчения мясного сырья в эмульсаторах является толщина ножевой решетки, которая варьировалась в пределах от 6 до 12 мм ($\sigma_1 = 6$ мм, $\sigma_2 = 8$ мм, $\sigma_3 = 10$ мм, $\sigma_4 = 12$ мм).

Коэффициент заполнения загрузочной воронки варьировался в пределах от 0,25 до 1 ($K_{31} = 0,25$, $K_{32} = 0,5$, $K_{33} = 0,75$, $K_{34} = 1$).

Для определения оптимальных режимных параметров работы эмульсатора, в эксперименте задавали частоту вращения ножа в диапазоне от 1500 до 3000 об/мин ($n_1 = 1500$ об/мин, $n_2 = 2000$ об/мин, $n_3 = 2500$ об/мин, $n_4 = 3000$ об/мин).

В качестве выходных параметров выбраны производительность эмульсатора (Π , кг/ч), прирост температуры сырья во время измельчения (Δt , °C) и удельная энергоемкость процесса ($\mu_{уд}$, Втч/кг).

После обработки результатов эксперимента получены зависимости прироста температуры, производительности и удельной энергоемкости процесса от управляемых

Отсюда получаем:

$$\frac{a_{n+1}}{a_n} \approx \frac{R_{i+1}^2 - R_i^2}{R_i^2 - R_{i-1}^2} = \frac{\alpha^{i+1} R_0^2 - \alpha^i R_0^2}{\alpha^i R_0^2 - \alpha^{i-1} R_0^2} = \Phi$$

Таким образом, чем больше количество отверстий a_n в кольцах, тем точнее будет соблюдаться условие $K_{i,n} \approx K_{i+1,n+1}$ и, тем самым, будет уменьшаться аэродинамическое (гидравлическое) сопротивление перегородки.

Данная модель справедлива при любом диаметре отверстий и различных их количествах, но значения диаметров отверстий и их число должно быть принято из ряда чисел Фибоначчи [4].

В колбасном цехе ОАО «Ошмянский мясокомбинат» для проведения исследований был разработан и изготовлен экспериментальный стенд, состоящий из промышленного эмульсатора KS F10/031 и контрольно-измерительных

переменных (коэффициента проходного сечения решетки $K_{пр}$; толщины решетки σ , частоты вращения n и коэффициента заполнения воронки K_3 , представленные на рис. 2.

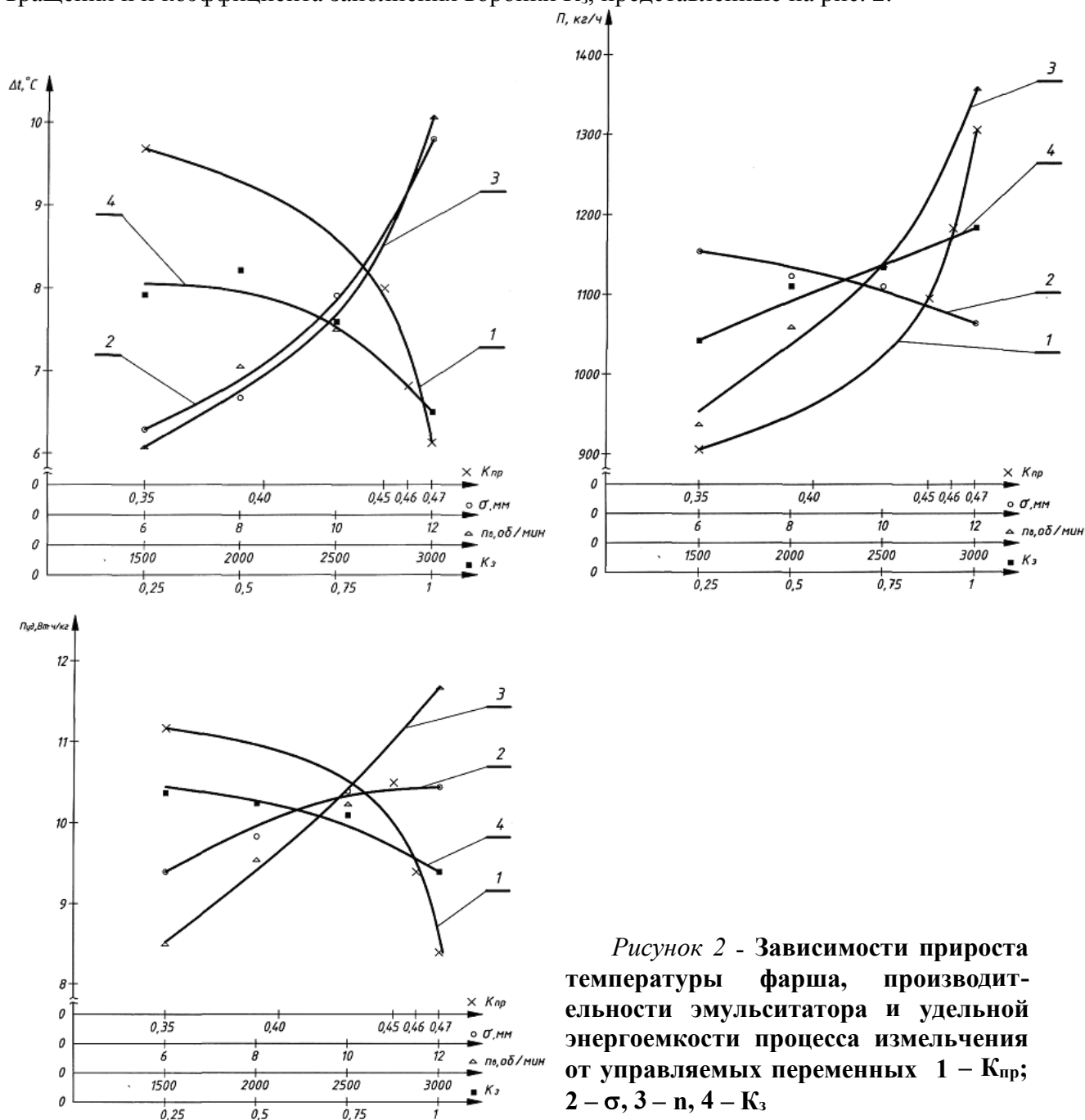


Рисунок 2 - Зависимости прироста температуры фарша, производительности эмульсатора и удельной энергоёмкости процесса измельчения от управляемых переменных 1 – $K_{пр}$; 2 – σ , 3 – n , 4 – K_3

Для прогнозирования и расчетов основных технологических и энергетических характеристик обрабатываемого сырья получены следующие уравнения

$$\Delta t = 0,0038 K_{пр}^{-1,29} \sigma^{0,63} n^{0,66} K_3^{-0,11}; \Pi = 70,53 K_{пр}^{1,05} \sigma^{-0,1} n^{0,51} K_3^{0,09}; n_{уд} = 0,13 K_{пр}^{-0,72} \sigma^{0,15} n^{0,44} K_3^{-0,05};$$

где $K_{пр}$ – коэффициент проходного сечения ножевой решетки; σ – толщина ножевой решетки, мм; n – частота вращения ножа, об/мин; K_3 – коэффициент заполнения загрузочной воронки.

Полученные экспериментальные зависимости удельной энергоёмкости процесса тонкого измельчения мясного сырья, производительности и прироста температуры сырья от режимных и конструктивных особенностей эмульсатора доказывают возможность применения разработанных конструкций режущего инструмента.

Вывод

В результате проведенных исследований разработаны и изготовлены новые конструкции ножевых решеток эмульсатора, имеющие одинаковую пропускную способность по всей рабочей поверхности, минимальное гидравлическое сопротивление на прокачку рабочего тела, и наибольшую пропускную способность.

Новый режущий механизм успешно прошел производственные сравнительные испытания в колбасном цеху ОАО «Ошмянский мясокомбинат» на базе промышленного эмульсатора KS F10/031.

Применение разработанного режущего инструмента в зависимости от требуемой степени измельчения позволяет: снизить приrost температуры на 15,1...18,3%, повысить производительность на 10,3...18,1% и уменьшить удельную энергоемкость на 7,1...10,8 %

Литература

1. Тимошук, И.И. Общая технология мяса и мясопродуктов/ И.И. Тимошук, Н.А. Головаченко, С.А. Сенников.- Урожай, 1989.- 216с.
2. Пелеев, А.И. Технологическое оборудование предприятий мясной промышленности/ А.И. Пелеев - М.: Пищевая пром-сть, 1971.-520с.
3. Груданов, В.Я. «Золотая» пропорция в инженерных задачах / В.Я. Груданов.-Могилев.: МГУ им. А.А. Кулешова, 2006.- 288 с.
4. Решетка к измельчителю мясо-костного сырья./ Груданов В.Я., Манько А.П., Иванцов В.И., Белохвостов Г.И.// Патент РФ №2047368. М.кл. В02С 18/36, заявлено 16.11.92., опубл. 10.11.95. Бюл №31.

УДК 579.2.663.18

Гудима В.В., науковий співробітник, **Науменко О.В.**, к.т.н., старший науковий співробітник

Інститут продовольчих ресурсів (ІПР) НААН, м.Київ, Україна

ІННОВАЦІЙНІ ЗАКВАШУВАЛЬНІ КУЛЬТУРИ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА КЕФІРУ

Виробництво кефіру регулюється міжнародними та державними нормативними документами. Згідно з Codex Standard 243-2003, до нормальної мікрофлори кефірної закваски відносять такі основні групи бактерій: дріжджі (лактозоброджувальні *Kluyveromyces marxianus* та ті, що не ферментують лактозу, - *Saccharomyces unisporus*, *Saccharomyces cerevisiae* і *Saccharomyces exiguus*); гомо- і гетероферментативні молочнокислі мікроорганізми родів *Leuconostoc*, *Lactococcus*, молочнокислі палички *Lactobacillus kefir*, *Lactobacillus casei*, оцтовокислі бактерії *Acetobacter aceti*. Роль цих мікроорганізмів є важливою, оскільки саме вони, розвиваючись у тісному симбіозі під час ферментування молока, забезпечують специфічні органолептичні показники та функціональну активність готового продукту [1-4]. Відповідно до чинного ДСТУ 4417:2005, кефір є продуктом змішаного молочнокислого та спиртового бродіння, який виробляють сквашуванням молока симбіотичною кефірною закваскою на кефірних грибках або концентратом грибкової кефірної закваски. Він характеризується однорідною, в'язкою, з порушеним або непорушеним згустком (залежно від технології виробництва). Нині одержання кефіру у традиційний спосіб з використанням виробничої закваски на кефірних грибках у промисловості застосовується рідко через трудомісткість та значні матеріальні й енергетичні витрати. Це спонукало до створення інноваційних заквасок, які б забезпечували одержання «класичного» кефіру. На сьогодні поширеними є біотехнології одержання сухих бактеріальних концентратів прямого

внесення, які не потребують додаткового готування виробничої закваски та спрощують процес виробництва кефіру [5]. Такі заквашувальні культури зручні у використанні, дають змогу мінімізувати ризик вторинної контамінації сторонньою мікрофлорою та враження бактеріофагами. Але через надзвичайне біорізноманіття мікробіоти природного симбіозу кефірних грибків повністю відтворити склад мікрофлори у лабораторних умовах і, відповідно, забезпечити необхідний баланс молочнокислого та спиртового бродіння практично неможливо. В результаті заквашувальні культури, які пропонує сучасний ринок, особливо імпортовані, як правило, є спрощеними, містять лише окремих представників мікрофлори кефіру, часто в них відсутні такі обов'язкові мікроорганізми, як дріжджі та оцтовокислі бактерії. Як наслідок, продукт отриманий з їхнім використанням, не набуває характерного для кефіру неповторного щиплячого смаку та консистенції, що злегка піниться. При цьому Законом України заборонено будь-які зміни складу заквашувальної культури для виготовлення кефіру.

Науковцями Інституту продовольчих ресурсів створено три види заквашувальних культур для виробництва кефіру, що різняться за бажаними для виробництва органолептичними характеристиками. Їхня технологія передбачає збагачення природного симбіозу грибкової кефірної закваски мікрофлорою, виділеною виключно з кефірних грибків: лактобактеріями *Lactococcus lactis ssp. lactis*, *Lactococcus lactis ssp. lactis* bv. *diacetilactis*, *Streptococcus thermophilus* та дріжджами *Saccharomyces unisporus*, не здатними до зброджування лактози.

К I - заквашувальна культура на основі грибкової кефірної закваски, збагачена *Lactococcus lactis ssp. lactis*, *Lactococcus lactis ssp. lactis* bv. *diacetilactis* та дріжджами, характерною особливістю якої є забезпечення м'якого смаку та в міру щільної консистенції продукту;

К II - заквашувальна культура на основі грибкової кефірної закваски, збагачена лише *Lactococcus lactis ssp. lactis* bv. *diacetilactis* та дріжджами, яка дозволяє отримувати продукт, дещо ароматніший та гостріший за смаком від традиційного, злегка пінкою консистенції;

К III - заквашувальна культура на основі грибкової кефірної закваски, збагачена *Lactococcus lactis ssp. lactis*, *Lactococcus lactis ssp. lactis* bv. *diacetilactis*, *S. thermophilus* та дріжджами, яка забезпечує у продукті м'який обволікуючий смак та достатньо в'язку консистенцію.

Експериментально підтверджено, що збільшення частки лактозонегативних дріжджів у складі нових заквашувальних культур дає змогу сповільнити спиртове бродіння та, відповідно, утворення CO₂ під час зберігання готового продукту у 2 рази. Додаткове залучення мезофільних лактококів – прискорює сквашування молочної основи на 4 години порівняно з кефіром, виготовленим на основі лише грибкової кефірної закваски (рис.1).

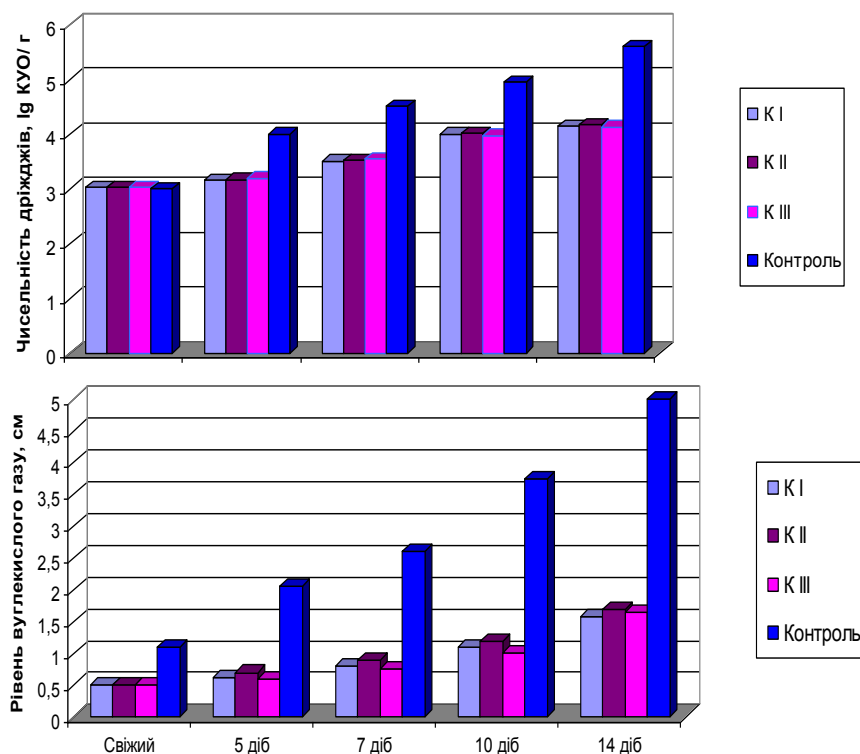


Рисунок 1 - Динаміка зміни вмісту дріжджів та рівня продукції вуглекислого газу впродовж зберігання кефірів

Визначено основні технологічні та мікробіологічні властивості заквашувальних культур та показано, що їх застосування дає змогу одержати продукт, який за показниками якості відповідає вимогам ДСТУ 4417:2005 Кефір. Технічні вимоги (табл. 1).

Таблиця 1 - Технологічні та мікробіологічні показники кефірів, вироблених зі застосуванням нових заквашувальних культур

Показники	Заквашувальні композиції		
	<i>K I</i>	<i>K II</i>	<i>K III</i>
Рівень утворення CO ₂ , мм	8 – 10	14-16	7-9
Вологоутримувальна здатність, %	86 – 88	88-90	94-96
Кінематична в'язкість, м ² ·с·10 ⁻⁴	2,52 – 2,88	2,47–2,78	3,60 – 3,97
Кислотність продукту, °Т	92	88	96
Чисельність молочнокислих бактерій у продукті, КУО/см ³ :	7,6·10 ⁸	7,6·10 ⁸	8,1·10 ⁸
в т.ч. ароматоутворювальних	6,9·10 ⁸	7·10 ⁸	7,1·10 ⁸
дріжджів	7,7·10 ³	7,6·10 ³	7,8·10 ³
оцтовокислих бактерій	10 ³	10 ³	10 ³

Склад мікрофлори та фізико-хімічні показники кефірів були стабільними упродовж 14 діб зберігання.

Розроблено та затверджено технологічну інструкцію з виробництва сухої заквашувальної культури «Іпровіт-КМ» для кефіру відповідно до ТУ У 15.5-00419880-100:2010 «Культури заквашувальні сухі та рідкі. Технічні умови».

Висновки

1. Створено альтернативні варіанти заквашувальних композицій на основі грибової кефірної закваски зі залученням дріжджів виду *Saccharomyces unisporus*, які не здатні зброджувати лактозу, та лактобактерій видів *Lactococcus lactis* ssp. *lactis*, *Lactococcus lactis* ssp. *lactis* bv. *diacetylactis* та *Streptococcus thermophilus*, виділених виключно з кефірних грибків.

2. Досліджено властивості нових заквашувальних культур та показано, що збільшення частки лактозонегативних дріжджів дає змогу сповільнити спиртове бродіння та, відповідно, утворення CO₂ під час зберігання продукту у 2 рази, а додаткове залучення лактобактерій – прискорити сквашування молочної основи на 4 години.

3. Розроблено та затверджено технологічну інструкцію з виробництва сухої заквашувальної культури «Іпровіт-КМ» для кефіру відповідно до ТУ У 15.5-00419880-100:2010 «Культури заквашувальні сухі та рідкі. Технічні умови». Нову біотехнологію апробовано та впроваджено у промислових умовах на заводах України.

Література

1. Garrote G.L. Chemical and microbiological characterization of kefir grains/G.L. Garrote, A.G. Abraham, G.L. De Antoni//Journal of dairy research. – 2001. - Vol. 68, N 4, P. 639-652.
2. Cais-Sokolinska D. Physicochemical and sensory characteristics of sheep kefir during storage / D.Cais-Sokolinska, R.Danków, J.Pikul //Acta Science Polonium, Technol. Aliment.- 2008. – Vol. 7, N 2. – P. 63-73.
3. Beshkova D.M. Production of volatile aroma compounds by kefir starter cultures/ D.M. Beshkova, E.D. Simova, G.I. Frengova, Z.I. Simov, Zh.P. Dimitrov // International Dairy Journal. - 2003. - Vol.13, N 7. - P. 529-535.
4. Farnworth E.R. Kefir – a complex probiotic // Food Science and Technology Bulletin: Functional Foods. – 2004. – Vol. 2. – P. 1–17.
5. Assadi M.M. Use of isolated kefir starter cultures in kefir production/M.M. Assadi, R. Pourahmad, N. Moazami//World Journal of Microbiology and Biotechnology. - 2000. - Vol.16, N 6. - P. 541-543.

УДК 66.011:664.7

Гапонюк І.І., д.т.н., проф., Харченко В.Г., старший викладач, Шніпко І.

Національний університет харчових технологій (НУХТ), м. Київ, Україна

Гапонюк О.І., д.т.н., проф.

Одеська національна академія харчових технологій (ОАХТ), м. Одеса, Україна

ПІДВИЩЕННЯ ПОЖИВНОЇ ЦІННОСТІ БОРОШНА МЕНШИМИ ЕНЕРГОВИТРАТАМИ

Вступ. За даними Всесвітньої Організації Здоров'я близько 22 % населення світу недоїдають. Недоїдання спричиняє зменшення ваги, виснаження організму й уповільнення росту. Крім цих наслідків від дефіциту енергії харчування, нестача поживних речовин в їжі, особливо вітаміну А й заліза, згідно Міжнародного класифікатора захворювань (ІСД), є причиною 31 груп хвороб, в т.ч. 84 окремих. Однак і переїдання також містить небезпеку здоров'ю людини, зокрема надлишкова вага, серцево-судинним захворювання, підвищений кров'яний тиск, цукровий діабет, карієс, різні форми раку, порушення тракту живлення, захворювання печінки, тощо. Більшість із цих проблемних питань можна вирішити збільшенням вмісту різноманітних зернопродуктів в раціоні людини.

Актуальність. В асоціативному мисленні більшості людей проблеми зі здоров'ям пов'язують з недоїданням чи дефіцитом енергії в продуктах, що споживаються. І ці проблеми начебто стосуються лише економічно бідних країн. Проте за даними Всесвітньої організації здоров'я в індустріально розвинутих країнах Європі кожен другий випадок передчасного завершення життя серед чоловіків та жінок пов'язано із хворобами, що викликані порушеннями харчування. Ці порушення викликані або переїданням, або незбалансованістю споживаних продуктів чи навіть культури виробництва продуктів. Якщо наслідки переїдання є наглядними і можуть бути саморегульованими, то порушення збалансованості харчування виникають перш за все із особливостями мінерального забезпечення даного регіону. Так для індустріально розвинутих країн найпоширенішими є дефіцит заліза і йоду. Друга складова проблеми якісного харчування це порушення хімічного складу продуктів тваринництва викликаного стійкими формами використаних при вирощуванні тварин різних антибіотиків і антидепресантів, що залишаються в продуктах із цих тварин.

За даними ВОЗ близько одного млрд. людей потерпає від дефіциту заліза, 580 млн – йододефіциту, 1,5 млрд перебувають в зоні ризику йододефіциту.

До найбільш перспективного і відносно доступного способу часткового покриття порушення збалансованості продуктів харчування слід віднести продукти переробки зерна. Якщо на сьогодні частка зернопродуктів в світовому раціоні людства становить близько 51%, то, на переконання германських науковців, передумовою здорового харчування є збільшення частки зернопродуктів з супутніми до 75%, а частку м'ясопродуктів, цукрів та супутніх – зменшити.

Обґрунтованість цього висновку не лише в природній "чистоті", а й у хімічному складі зернопродуктів. В зерні містяться такі дефіцитні елементи, як цинк, молібден, вітаміни групи В, Е та інші. Крім цього такий компонент зерна, як фітін може утворювати кальцій, магній, цинк та залізо, що дозволяє зменшити їх резорбцію організмом людини.

У вітчизняній практиці, для виробництва зернопродуктів (хлібобулочних і макаронних виробів) найбільш поширеними є низько зольні сорти борошна. Для отримання якого відділяють від тіла зернини периферійні анатомічні його складові та зародок. Поряд з цим в цих відокремлених анатомічних частинах міститься найбільша частка не лише мінеральних елементів та вітамінів, а жирів, білків клітковини. Для прикладу, в зародку пшениці переважає вміст білків (до 40 %) та жирів (до 24 %). В ньому багато лецитину (комплекс фосфоліпідів), вітаміну Е, дефіцитних організму людини мінералів. Однак цей цінний харчовий продукт в сортових помелах пшениці виділяється і, як правило, не використовується для виробництва зернопродуктів.

Поряд з цим відомо, що в індустріально-розвинених країнах борошно із зерна без оболонкових продуктів відноситься до цінного. Навіть в маркуванні борошна, на відмінність

від вітчизняних стандартів, вказують вміст мікроелементів. Зокрема борошно може містити від 450 до 1500 мг і відповідно борошно нумерують 450, 500, 750, тощо.

Нижче розглянемо отримання борошна із цілого зерна пшениці, стійкість його при зберіганні та особливості хлібопекарських властивостей такого борошна.

Матеріали та методи. Прикладні дослідження, математичні, статистичні.

Результати та обговорення. Результати аналітичних та прикладних досліджень пропонуємо розглянути за двома критеріями: енергетичний і технологічний.

Енергетичний. За питомими енерговитратами виробництво борошна із цілого зерна в 4 рази є менш енергозатратним, 30 кВт/т проти 120 кВт/т. Крім цього, що не менш важливо, для отримання борошна із цілого зерна застосовують скорочену технологічну схему в кілька разів меншою кількістю технологічного обладнання, особливо такого вартісного і великогабаритного, як вальцові станки та шафові розсіви. Зменшення кількості в устаткування пов'язано із скороченням протяжності транспортних комунікацій, зменшення рівня забруднення довкілля та відповідне зменшення виробничих площ. Отже за цим показником переваги технологій скороченого помелу – виробництва борошна із цілих зернин.

Технологічний. За цим показником нами виконано оцінку якісних показників пробної випічки хліба із контрольного борошна (вищого гатунку) та дослідного борошна (із цілих зерен пшениці).

В таблиці 1 представлено результати досліджень за естетичними показниками, органолептичними та стану м'якіша хліба.

Таблиця 1 – Аналіз органолептичних хліба із традиційного та контрольного видів борошна

Найменування показників	Хліб із традиційного борошна	Хліб із контрольного борошна
Форма	Відповідна традиційній формі хліба з дещо випуклою верхньою кіркою.	Відповідна традиційній формі хліба з дещо випуклою верхньою кіркою.
Стійкість форми	Без бічних розривів, форма не розпливчаста без притиску.	Без бічних розривів, форма не розпливчаста з малим притиском.
Стан поверхні	Без великих тріщин і підривів, з наколами або надрізами.	Без тріщин з малими підривами.
Колір	Світло – жовтий.	Темно- коричневий.
Стан м'якушки	Пропечений не вологий на дотик. Еластичний, після легкого натиснення пальцями приймає початкову форму. Без грудочок та слідів не промеса, структура без пустот і ущільнень	Не вологий на дотик, Еластичний, після легкого натиснення пальцями м'якуш приймає початкову форму. Без грудочок та слідів непромеса. структура без пустот, але з присутністю ущільнень по краях.
Смак	Властивий даному виду виробу, без стороннього присмаку	Без стороннього запаху, але з виражним запахом сіжозмеленого зерна, що є характерною перевагою для даного виду
Запах	Властивий даному виробу, без стороннього запаху.	Властивий даному виробу, без стороннього запаху.

Як слідує із аналізу даних табл.1 хліб із контрольного та дослідного борошна майже не відрізняється за більшістю органолептичних показників. Допустимими, на нашу думку, виключення щодо більш темнішого м'якуша і кірки хліба та наявності характерного запаху зерна пшениці. Однак ці відмінності не можна однозначно вважати за недоліки.

Отже за умов задоволення органолептичних вимог споживача до хліба з контрольного борошна, наведемо нижче якісні показники борошна за хімічним складом (табл..2).

Таблиця 2 – Якісні показники контрольного та дослідного видів борошна

Показники	Од.вим.	Контрольне	Дослідне	Відхилення, ±
Об'ємна маса	кг/м ³	508	514	+ 6
Кут природного схилу - ковзання	град	48	44	- 4
Вологість	%	13,4	14,2	+ 0,8
Зольність	%	0,55	1,98	+ 1,43
Білизна	умовних одиниць приладу РЗ-БПЛ	≥54	≤8	- 46
Сира клейковина	%	26	22	- 4
Число падіння	с	≥ 160	125	- 35

Як видно із наведених даних в табл.2 контрольне борошно суттєво різниться від дослідного. Можливо дехто дорікне за певну некоректність вибору борошна вищого ґатунку за контрольний зразок. Проте на нашу думку цей вибір було свідомо зроблено з огляду на поширеність даного борошна в хлібопекарських виробках і недостатність досліджень хліба із високозольного борошна.

Висновки:

1. У світовій практиці використовують помели зерна для хлібопекарських виробів аналогічного вітчизняному обойному з вмістом зародка.
2. Технологія виробництва борошна із цілого зерна є менш енергоємною до 90 кВт/т, або в 4 рази, порівняно із контрольним борошном вищого ґатунку.
3. Порівняльний аналіз хліба із дослідного борошна свідчить про задовільні показники якості таких виробів.
4. Вміст мінеральних речовин (мікролементів) та клітковини в дослідному борошні значно, в рази, більше від контрольного.
5. Вміст білків та поживна цінність в дослідному борошні вищі від контрольного.

Література

1. Хаубер-Швенк Габі. Харчування. Довідникове видання / Хаубер-Швенк Габі, Швенк Міхаель// ВАТ "Патент", Ужгород – 2003 – у.п.л.9,7.
2. Мерко І.Т. Наукові основи і технологія переробки зерна. Підруч. для студ. вищ. навч. закладів/ І.Т. Мерко, В.О. Моргун – Одеса: Друк, 2001.–348с.
3. Остапчук М.В. Математичне моделювання на ЕОМ: Підручник / М.В. Остапчук, Г.М. Станкевич //– Одеса: Друк, 2006. – 313 с.
4. Knorr D. Functional food science in Europe: Trends in Food Science and Technology // British J. Nutr. – 1998. – V. 80 (9). – P. 295-340.

УДК 664.126.1.038

Сімахіна Г.О., Гуць В.С., Солодко Л.М.

Національний університет харчових технологій (НУХТ), м. Київ, Україна

СТВОРЕННЯ РОСЛИННИХ ПРОТЕЇНОВИХ КОМПОЗИЦІЙ ЗІ ЗБАЛАНСОВАНИМ ВМІСТОМ НЕЗАМІННИХ АМІНОКИСЛОТ

Вступ. В усьому світі формується нова концепція харчування, головними складовими якої є підвищення біологічної цінності харчових продуктів, передусім за рахунок протеїнової компоненти. Збагачені харчові продукти набувають нових властивостей, сприятливо впливають на різноманітні функції організму людини, поліпшують її стан здоров'я, запобігають виникненню захворювань.

Актуальність теми. В багатьох країнах світу населення страждає від нестачі білку в продуктах харчування. Його дефіцит шкідливо впливає на організм людини: знижує захисні функції організму, формує синдром хронічної втоми, погіршує розумові і фізичні можливості, прискорює процес старіння. Тільки вживання збалансованої за хімічним складом багатої на білок їжі дозволить зберегти здоров'я і високу працездатність нашим співвітчизникам, буде сприяти здоровому росту майбутнього покоління.

Світове виробництво тваринних білків в сучасних умовах швидкого зростання населення в значній мірі вичерпали свої можливості. У зв'язку з цим актуальним є проведення наукових досліджень для оптимізації біологічної складової харчової цінності сировини для виробництва харчових продуктів шляхом використання білковмісних рослинних напівфабрикатів.

Матеріали і методи. Дослідження проведено на зеленій масі цукрового та столового буряку, моркви, портулаку, кропиви, черемші. В якості хімічного використано метод розрахунку амінокислотного скору, що полягає в обчисленні процентного вмісту амінокислот по відношенню до вмісту їх у білку, прийнятому за ідеальний. Величина амінокислотного скору дозволяє встановити, за вмістом яких незамінних амінокислот білок досліджуваного продукту не відповідає встановленим оптимальним нормам [1].

Результати і обговорення. Застосування в рецептурі харчових продуктів напівфабрикатів із зеленої маси рослин дасть можливість використати цінний рослинний білок різних рослин для максимального наближення харчових продуктів до показників оптимального білкового складу еталона [2].

В таблиці 1 представлено результати розрахунку на основі експериментальних досліджень амінокислотного скору для зразків висушеної рослинної сировини.

Таблиця 1 – Амінокислотний скор зразків висушеної рослинної сировини, %

	Цукровий буряк	Столовий буряк	Морква	Портулак	Кропива	Черемша
Лізин	101,3	118,5	121,3	109,6	99,1	102,9
Треонін	118,75	113,25	127,5	101,75	122,5	110,25
Валін	113,6	110,4	101,4	115	109,4	70
Метіонін + цистин	109	101,7	92,6	48,9	80,3	114
Ізолейцин	78,75	80,5	76,5	77,75	76,75	169,75
Лейцин	135	158	127	114	131	63
Фенілаланін + тирозин	181,2	168,5	161,5	146	162	121
Триптофан	107	102	130	123	168	137

Аналіз результатів досліджень представлених в таблиці 1 засвідчив, що у всіх зразків рослинної сировини амінокислотний скор не відповідає вимогам ідеального білку – як за дефіцитом, так і за надлишковим вмістом.

Існуючі методи моделювання амінокислотного складу практично не враховують одночасний вплив надлишку і дефіциту амінокислоти на загальний білковий баланс харчових дисперсних систем. В цьому випадку надлишок, як правило, не враховується. В цьому випадку надлишок, як правило, не враховується. Для отримання економічно і функціонально науково обґрунтованих білковмісних сумішей із зеленої маси рослин з оптимально збалансованим амінокислотним складом необхідно провести підбір комбінацій окремих порошків із висушеної рослинної сировини – з урахуванням як дефіциту, так і надлишку незамінних амінокислот (таблиця 2).

Таблиця 2 – Складники композицій зі збалансованим вмістом амінокислот, % маси

Вихідна сировина	Композиція №1	Композиція №2	Композиція №3	Композиція №4
Цукровий буряк	48±0,5	69±5,0	35±0,5	-
Столовий буряк	-	-	-	77±1,5
Портулак	15±0,5	-	-	-
Кропива	-	-	35±0,5	-
Черемша	37±0,5	31±5,0	30±0,5	23±1,5

На нашу думку, отримані білкові композиції можуть бути використані в якості білкового збагачувача рослинного походження для комбінованих продуктів спеціального та лікувально-профілактичного призначення, в тому числі на м'ясній основі, а також при створенні збалансованих за харчовою цінністю продуктів, у зв'язку зі значним надлишком окремих амінокислот у загальному амінокислотному балансі. Так, значна кількість черемші може негативно впливати на смакові якості харчових продуктів унаслідок специфічного часникового присмаку.

Крім того, як недолік отриманих композицій слід відмітити обмежене використання окремих порошків в композиціях. Так, у композиції № 2 використано тільки цукровий буряк (69%) і черемшу (31%), а в композиції № 4 – столовий буряк (77%) і черемша (23%). Це теж може обмежувати використання композицій, виходячи з отримання необхідних органолептичних показників харчових продуктів. Тому потребує подальшої оптимізації амінокислотний скор розроблених композицій, що й буде предметом наступних досліджень.

Висновки. Перспективним напрямом використання білковмісних напівфабрикатів із зеленої маси рослин у якості комплексних збагачувачів різноманітних харчових продуктів є приготування м'ясних фаршевих або січених напівфабрикатів та інших продуктів. Впровадження нових теоретичних розробок у моделюванні амінокислотного складу харчових продуктів із додаванням зеленої маси рослин дає можливість оцінити їхню біологічну цінність та з'ясувати можливості створення на їхній основі оптимальних композитів зі збалансованим амінокислотним складом.

Література

1. Гігієна харчування з основами нутриціології : підруч. / В.І. Ципріян та ін. – К. : Здоров'я, 2007. – 565 с.
2. Бышевский А.Ш. Биохимия для врача / А.Ш. Бышевский, О.А. Тирсенов. – Екатеринбург : Уральский рабочий, 2003. – 384 с.

УДК 664.682.1 / 664. 59

Дзигар О.О., аспірант

Оболкіна В.І., д.т.н., професор

Букшина Л.С., ст.викладач

Національний університет харчових технологій (НУХТ), м. Київ, Україна

ПЕРСПЕКТИВА ВИКОРИСТАННЯ ПАЖИТНИКА СІННОГО У ВИРОБНИЦТВІ ПІКАНТНИХ КРЕКЕРІВ

Вступ. Вироби з листового тіста користуються великим попитом у споживачів, а саме пікантні крекери з шаруватою структурою та оригінальними смаковими властивостями. Розширення асортименту, пошуки натуральних інгредієнтів та покращення якості борошняних кондитерських виробів (БКВ) збагачених біологічно активними речовинами (БАР), можливе завдяки використанню фітодобавок рослинного походження.

Використання нетрадиційної сировини рослинного походження для виробництва пікантних крекерів дає можливість отримати продукцію з багатофункціональними властивостями. Натуралізація продукції на чолі сьогодення є актуальним питанням, тому постала задача пошуку корисної нетрадиційної сировини. Харчові продукти із небезпечними добавками синтетичного походження можуть погано впливати на організм людини, тому їх повноцінно можна замінити нетрадиційними пряно-ароматичними фіторослинами.

Актуальність теми. До пряно-ароматичної сировини, що має приємний смак та аромат, збагачена БАР, які виявляють позитивну дію на організм людини, у тому числі антиоксидантну, протекторну, антисептичну, протизапальну відносять листки пажитника сінного (*Trigonella foenum-graecum*). Культивують його в Україні, Грузії і Латвії. Пажитник містить багато антисептичних, антиоксидантних і протизапальних сполук, таких як апігенін, генистеїн, кемпферол, кверцетин, рутин, селен і супероксидісмутази. Він також містить алкалоїди, такі як тригонеллін, кетони, альдегіди, з'єднання йоду. Додатково в складі листя містяться амінокислоти та полісахариди, останні є природними розчинними волокнами. Листя пажитника володіють заспокійливою, седативною, обволікаючою дією, протизапальною, протипухлинною, імуностимулюючою, антисклеротичною і антибактеріальною дією [1–2].

За літературними даними у складі листків пажитника міститься велика кількість необхідних для нормально функціонування організму людини поживних та біологічно активних речовин, а саме: білки (до 18 %), залізо, калій, фосфор, магній, кальцій, таніни, вітаміни А, С, В₁, В₂, В₉ (фолієва кислота) і ензими, ніотинова кислота (вітамін РР) – до 14 мг%, рутин, стероїдні сапоніни, фітостероли і фітостерини, флавоноїди, слизові (до 20%), ефірну олію (0,3%), каротин – до 150 мг/кг, невеликі кількості алкалоїду тригонелліна (0,3%), терпеноїди, стероїди, антоціани, дубильні речовини, холін, лецитин, харчові волокна. Харчова цінність пажитника листя (сушеного): калорійність 205 кДж (49 ккал)/100 г, вуглеводи – 6 г, жири – 0,9 г, білки – 4,4 г. Аналізуючи літературні дані можна зробити висновок, що пажитник сінний є перспективною сировиною для подальших його досліджень та як нетрадиційний пряно-ароматичний інгредієнт для створення нового асортименту у виробництві пікантних крекерів [3–4].

Матеріали та методи. Матеріалом для досліджень були листки пажитника сінного (*Trigonella foenum-graecum*). Для якісного визначення компонентного складу біологічно-активних з'єднань у листках пажитника використовували: метод ультрашвидкісної високоефективної рідинної хроматографії (UPLC) при діодноматричному детектуванні (PDA); метод електронної спектроскопії; метод газової хроматографії з мас-селективним детектуванням та бібліотекою мас-спектрів вихідних та модифікованих (TMS дериватів) форм у лабораторії НВК «Екофарм». Визначення елементного складу листків пажитника проводили за допомогою рентгенфлюоресцентного аналізу у науково-технічному центрі «ВИРІА-Ltd».

Результати. За результатами електронних спектрів встановили наявність великої кількості біологічно активних сполук, а саме присутність фенолкарбонових кислот,

флавоноїдних сполук (катехінів) та сполук ароматичного характеру, хлорофілів та алкалоїду тригонеліну. Флавоноїдні сполуки мають широкий спектр біологічної активності: беруть участь в окисно-відновних процесах, виконуючи антиоксидантну функцію; поглинають УФ-світло; запобігають руйнуванню хлорофілу тощо. Катехіни є фенольною речовиною природного походження. Вони являють собою поліфенольні поєднання і володіють сильними антиоксидантними властивостями. Катехіни мають виражену протизапальну і антисептичну дію. Вони є природними і абсолютно безпечними антибіотиками, а також ефективно уповільнюють процеси старіння, так як знищують надлишок вільних радикалів. Катехіни здатні попереджати серйозні зміни в обміні речовин, збільшуючи інсулінову чутливість, знижуючи оксидантний стрес, зменшуючи жирову масу.

Масс-спектрометричний аналіз показав наявність великої кількості кислот: етиловий ефір левулінової кислоти; етиловий ефір лимонної кислоти; 1,2,3-пропантрикарбонова кислота; етиловий ефір пальмітинової кислоти; етиловий ефір ліноленової кислоти; бета-гідроксимаєляна кислота; лимонна кислота; гексадецен; ейкосанол. Хроматограми TMS дериватів показали присутність ряду амінокислот: L-аланін; L-валін; L-пролін; L-треонін; ряд вуглеводів – луксоза; незначна кількість вільної бета-dl-арабінопіранози; цукроза; рафіноза, також ідентифіковано сукцинова кислота; оксо(альдегід)оцтова кислота; 2,3-діоксипропанова кислота; 2,3,4 – тригідроксимаєляна кислота; пальмітинова кислота; альфа-ліноленова кислота; бета-гідроксимаєляна кислота; бета-аміноізомасляна кислота; гідроксибутандикарбонова кислота; етиловий ефір ліолевої кислоти; гліцерин; ксилітол. Рентгенофлюоресцентним аналізом встановлено, що листки пажитника містять велику кількість мікро- та макроелементів (мкг/г) на абсолютно суху речовину, а саме: K, Cl, Ca, S, Br, Fe, Sr, Zn, Mn, Co, Cu, Pb, Rb, Cr, Se, Zr. Концентрація токсичних елементів не перевищує допустимі рівні. Кількість калію – 7421,57 мкг/г

Висновок. Проведений комплексний аналіз якісного компонентного складу пажитника сінного ідентифікував велику кількість біологічно активних сполук, а саме флавоноїдні сполуки, органічні кислоти, вуглеводи. Використання листків пажитника сінного дозволить збагатити борошняні кондитерські вироби, зокрема крекери, мікро- та макроелементами, що підвищить їх харчову цінність, а особливий природний пряний аромат зробить їх оригінальними та конкурентоспроможними [5].

Література

1. Chemical composition and antifungal activity of *Trigonella foenum-graecum* L. varied with plant ploidy level and developmental stage / F. Omezzine, M. Bouaziz, M. Daami-Remadi et al. // *Arabian Journal of Chemistry*. – 2014. – P. 1–10.
2. Srinivasan S. Screening and Biochemical Quantification of Phytochemicals in Fenugreek (*Trigonella foenum-graecum*) / S. Srinivasan, N. Amatullah // *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*. – 2012. – Vol. 3(1). – P. 165–169.
3. Renuka C. Evaluation of the antidiabetic effect of *Trigonella foenum-graecum* seed powder on alloxan-induced diabetic albino rats / C. Renuka // *International Journal of Pharmaceutical and Technical Research*. – 2009. – №1. – P. 1580–1584.
4. Kumaravel S. Chemical composition of *Trigonella foenum-graecum* through gas chromatography mass spectrometry analysis / S. Kumaravel, P. Muthukumar, K. Shanmugapriya // *Journal of Medicinal Plants Studies*. – 2017. – № 5(3). – P. 1–3.
5. Патент 116665 UA, МПК A21D 13/80 (2017.01) Пікантний крекер «Лісовичок» / Оболкіна В.І., Дзигар О.О., Кияниця С.Г., Рахметов Д.Б., Рись М.В., Даценко А.В., Засядько Є.Л.; заявник Національний університет харчових технологій. – № у 201613457; заявл. 27.12.2016; опубл. 25.05.2017, Бюл.№ 10, 2017 р.

УДК 663.8, 664.782

Нгуен Фионг Донг, аспирант

Прибыльский В.Л., д.т.н., профессор

Олейник С.И., к.т.н., доцент

Национальный университет пищевых технологий (НУПТ), г. Киев, Украина

ФЕРМЕНТИРОВАННЫЙ НАПИТОК НА ОСНОВЕ АГЛЮТЕНОВОГО СЫРЬЯ

Сегодня распространенными есть заболевания, связанные с нарушением обмена белковых веществ, в том числе целиакия, являющейся сложной в лечении. Целиакия возникает из-за негативной реакции организма человека на глиадин — спирторастворимую фракцию глютена, препятствующую усвоению питательных веществ. Глютен — нерастворимый в воде комплекс белков с малым содержанием липидов, сахаров и минералов. К продуктам, содержащим «скрытый» глютен относят такие ферментированные напитки как квас и пиво.

Среди аглютенового сырья особое внимание необходимо уделить продуктам переработки риса, что позволит их употреблять как здоровым людям, так и больным целиакией. Рис является одной из самых урожайных и ценных по химическому составу злаковых культур. В его состав входят восемь незаменимых аминокислот, необходимых для организма человека при создании новых клеток. Кроме того, рисовые зерна имеют разнообразный минеральный состав, представленный калием, кальцием, цинком, фосфором, железом и др.

Целью исследований было совершенствование технологии и разработки рецептуры аглютенового ферментированного напитка. В исследованиях использовали: рис сорта «Агат» по ДСТУ 4965:2008 «Рис. Технические условия»; воду питьевую; сахарный сироп; кислоту молочную; настои имбиря, листьев мяты и лимонной корки.

Рис сорта «Агат» создан методом индивидуального выбора из гибридной популяции УкрНДС-2151 // Am / Прикубанский в 1996 году. Раннеспелый сорт с периодом вегетации от 110 до 115 дней. Высота растения от 90,0 см до 93,0 см. Метелка длиной от 13,0 см до 15,0 см, числом зерен в метелке от 120 до 160 шт. Индекс зерна — 2,2-2,4. Масса 1000 зерен — от 32,0 г до 34,0 г. Общий выход крупы составляет 69,4%, выход целого ядра 91,5 %, пленчатость 15,0-16,0%, стекловидность от 95,0 % до 98,0%, «трещенноватость» — от 4,0 % до 5,0 %. Средняя урожайность сорта составляет 8,17 т/га [1, 2].

Начальной стадией любой технологии является подготовка основного сырья. С целью очистки зерна риса от примесей предполагается использование воздушно-ситового и магнитного сепараторов, а также триеров. Наиболее распространенным оборудованием для измельчения зерна являются молотковые дробилки, но их основным недостатком является неравномерная дисперсность измельченного сырья. Для обеспечения ферментативного гидролиза полимеров зерна основным требованием к помолу должна быть его равномерность при максимально оптимальной степени измельчения.

Степень измельчения зернового сырья во многом определяет скорость и глубину ферментативного гидролиза полимеров измельченных зернопродуктов, а, следовательно, и выход экстрактивных веществ при затирании. Таким образом, основными показателями при измельчении зерна в производстве зерновых ферментированных напитков, которые повышают выход экстракта, следует считать дисперсность и однородность помола.

Определено влияние степени дробления зерна на продолжительность процесса осахаривания суслу при использовании амилолитических ферментных препаратов. Затор готовили с использованием помола зерна риса разной степени измельчения (проход через сито с диаметром отверстий: 0,5; 1,0; 1,5; 2,0 мм).

При тонком помоле зерна измельчается оболочка, замедляется скорость фильтрации затора, становится сложно полностью отделить экстракт дробины, что вымывается.

При использовании помола с размером частиц более 1 мм из-за сложности проникновения воды, неполного извлечения и ухудшения действия ферментов увеличиваются потери и не достигается полного растворения и гидролиз крахмала.

С увеличением дисперсности помола до 1,5...2,0 мм продолжительность осахаривания заторов также увеличивалась.

Дисперсность помола до 0,5 мм не приводит к существенному сокращению продолжительности осахаривания заторов по сравнению с дисперсностью 1,0 мм. Кроме того, измельчение зерна помола с высокой дисперсностью требует значительных затрат электроэнергии. Для получения помолов с дисперсностью 0,5 мм по сравнению с 1,0 мм расход электроэнергии возрастает с 25 кВт ч/т до 35...40 кВт ч/т зерна.

Установлено, что в процессе осахаривания заторов, приготовленных с использованием помолов риса дисперсностью до 1,0 мм через 40 мин осахаривания, накапливались до 55% редуцирующих веществ. Повышение дисперсности помола до 0,5 мм не приводило к существенному уменьшению продолжительности осахаривания и увеличению количества редуцирующих веществ. Снижение дисперсности помола до 1,5...2,0 мм способствует увеличению продолжительности осахаривания до 50 ... 60 мин.

Результаты исследований влияния степени дисперсности помолов на продолжительность осахаривания заторов и динамику накопления редуцирующих веществ показывают, что для приготовления заторов из риса наиболее эффективно использовать помолы дисперсностью до 1,0 мм.

Установлено, что продолжительность осахаривания заторов из риса одинакова при гидромодуле 1:4...1:5. При этом концентрация сусла составляла 10...12 %, а количество промывных вод не превышало 0,5 %. При снижении гидромодуля до 1:3 продолжительность осахаривания увеличивалась на 10...14 мин, а с увеличением до 1:6 — уменьшалась на 15 мин.

Для разжижения крахмала использовали низкотемпературную гидроферментативную обработку при использовании амилалитических ферментных препаратов, при этом сусло готовили при гидромодуле 1:5. Кислотность сброженного сусла оптимизировали с помощью молочной кислоты до значения показателя 2,5 см³ раствора NaOH концентрацией 1,0 моль/дм³ на 100 см³.

Подбор компонентного состава осуществляли с учетом совместимости ингредиентов, по антиоксидантной активности и дегустационной оценке. Настои с высокой биоантиоксидантной активностью вносили в сброженный напиток в количествах 1...100 дм³ на 100 дал. Было приготовлено три ферментированных напитка с использованием различных настоев: образец № 1 — настой корня имбиря; образец № 2 — настой корня имбиря и листьев мяты; образец № 3 — настой корня имбиря и лимонной корки.

Образцы готового ферментированного напитка № 2 и № 3 получили наивысшую оценку дегустационного оценивания — имели приятный сладко-кислый, освежающий вкус, а также приятный, с характерными оттенками использованного пряно-ароматического сырья аромат.

Выводы. Результаты исследований указывают на перспективность использования зерна риса в технологии ферментированных продуктов, а также будут способствовать расширению ассортимента безалкогольных напитков оздоровительного назначения. Применение риса, как аглютинового сырья и ингредиентов на основе натурального пряно-ароматического сырья с высокой биоантиоксидантной активностью создают предпосылки для расширения рациона людей, больных целиакией.

Литература

1. Зинченко, О. И. Растениеводство / О. И. Зинченко, В. Н. Салатенко, М. А. Билоножко — К.: Аграрная освіта, 2001. — 591 с.
2. Виды и особенности риса [Текст]: Под ред. проф. В.В. Морозова, В.В. Дудченко, Л.П. Диденко, М.В. Гай и др. — Херсон: ХГУ, 2010. — 78 с.

УДК 663.8, 664.782

Олійник С.І, к.т.н., доцент

Самченко І.А., аспірант

Тарасюк Л.А., магістрант

Національний університет харчових технологій (НУХТ), м. Київ, Україна

ФІЛЬТРУВАННЯ ВОДИ І СОРТІВКИ ПРИРОДНИМИ МІНЕРАЛАМИ

Сучасний розвиток лікєро-горілочної галузі потребує вирішення задач пов'язаних з оптимізацією складу макро- та мікродомішок у горілках та лікєро-горілочаних напоях, які впливають на дегустаційну оцінку та стійкість під час зберігання готової продукції [1].

В технології лікєро-горілочної продукції фільтрування є обов'язковим під час кондиціонування води та очищенні сортівки. Удосконалення способу фільтрування сприятиме інтенсифікації технологічного процесу, зменшенню кількості стічних вод та витрат реагентів, підвищенню якості лікєро-горілочної продукції, є актуальним і має важливе значення для промислового виробництва горілок, горілок особливих і лікєро-горілочаних напоїв.

Кварцовий пісок, який використовують на сьогодні в установках фільтрування води та сортівки потребує довготривалого підготування із застосуванням розчинів соляної кислоти, великих об'ємів води питної та підготовленої для відмивання під час підготовки до роботи та при регенерації. Крім того, застосування кварцового піску може збільшувати вміст кальцію, заліза та силікатів у воді підготовленій та сортівці, що може призводити до зменшення гарантійних строків зберігання готової продукції.

Досліджували: природні фільтрувальні мінерали (ПФМ) – раухтопаз, альмандин, обсидіан та кварцевий пісок (контроль).

Раухтопаз – різновид кварцу, який характеризується високою міцністю до 7 одиниць за шкалою Мопса. Альмандин (алабандиновий рубін, алабандська веніса) – різновид каменю гранату червоного або червоно-фіолетового кольору. Обсидіан – природний матеріал вулканічного походження, який являє собою суміш шовковисто-скляних зерен різнокольорового забарвлення.

Встановлено хімічну стійкість досліджуваних зразків різного фракційного складу у порівнянні з контрольним зразком та їх основні фізико-механічні характеристики. Хімічну стійкість ПФМ визначали за удосконаленою методикою регламентованою у лікєро-горілочному виробництві шляхом попередньої промивки підготовленою водою, обробленням розчинами соляної кислоти, гідроксиду натрію, водно-спиртовою сумішшю міцністю від 40 % до 60 %. У фільтратах визначали: перманганатну окиснюваність, масову концентрацію кальцію, магнію, кремнію, силікатів, орто- та поліфосфатів, алюмінію, заліза, марганцю.

Встановлено, що досліджувані зразки ПФМ розміром зерен від 0,5 до 1,0 мм мають вищу механічну міцність та хімічну стійкість на 3 – 5 % вище, ніж у зразка кварцового піску. У фільтраті не збільшується окиснюваність, вміст кальцію, магнію, карбонатів та силікатів.

При підготуванні до роботи досліджуваних зразків природних мінералів зменшується витрата розчину соляної кислоти у 1,2 – 2,0 рази та води на відмивання – у 2 – 3 рази; на стадіях підпушування та швидкого промивання витрати води зменшуються в 1,2 – 2,0 рази порівняно з кварцовим піском.

Встановлено, що ефект очищення вихідної води та очищеної сортівки раухтопазом на 8 – 15 %, альмандином на 5 – 20 %, обсидіаном на 10 – 20 % є вищим, ніж при застосуванні кварцового піску.

Висновки. За результатами проведених досліджень встановлено перспективність застосування досліджуваних фільтрувальних природних мінералів у виробництві лікєро-горілочної продукції, що дасть змогу підвищити органолептичні показники та стійкість напоїв.

Література

Ковальчук В.П. О комплексной программе повышения качества ликероводочной продукции//Алкоголь і тютюн. — 2001, № 2. — С. 6–8.

УДК 637.146.34.

Крупа О.М., к.т.н., доц., **Давида В.О.**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя (ТНТУ),
м. Тернопіль, Україна

ЗАСТОСУВАННЯ ПРИРОДНИХ РЕГУЛЯТОРІВ КИСЛОТНОСТІ ПРИ ТЕРМІЗАЦІЇ КИСЛОМОЛОЧНИХ НАПОЇВ

Вступ. Кисломолочні напої, які пройшли теплову обробку при температурі понад 60 °С називають термізованими. Відомо, що у багатьох країнах світу кисломолочні напої вважають такими продуктами, в яких «жива» заквашувальна мікрофлора має бути обов'язковим компонентом, тому застосування термізації у таких країнах заборонена. Нормативними документами України проведення теплового оброблення сквашених кисломолочних продуктів не заборонено. Єдиним уточненням, у відповідності з державними стандартами України, є те, що такі продукти обов'язково у своїй назві повинні містити слово «термізований».

Актуальність. Серед величезного розмаїття продуктів харчування молочні продукти займають одне з перших місць у харчуванні людини завдяки смаковим властивостям, високій харчовій і біологічній цінності. Значною популярністю користуються кисломолочні продукти, що володіють високою харчовою цінністю, хорошими споживчими властивостями, легкою засвоюваністю, помірною калорійністю. Крім того, кисломолочні продукти мають виняткову роль у раціональному харчуванні, будучи важливим фактором профілактики та лікування шлунково-кишкових та інших захворювань[1]. Такі продукти як кисломолочні напої, сир кисломолочний, сметана є незамінними у раціонах харчування всіх категорій населення.

Проте термін зберігання і реалізації цих продуктів невеликий, вони швидко втрачають свої первинні властивості у результаті розвитку небажаної мікрофлори, що з'являється в продукті під час його виробництва і зберігання. Присутність в кисломолочних продуктах термостійких молочнокислих паличок, бактерій групи кишкової палички, дріжджів незаквасочного походження і плісняви спричинює погіршення якості та безпечності продукту [1,2].

Проблема підвищення стійкості кисломолочних продуктів при зберіганні набуває все більшого значення, так як є одним з найважливіших показників їх якості. У нинішній економічній ситуації (малі обсяги надходження на підприємства молока, конкуренція з молочними продуктами імпортного виробництва) розроблення нових конкурентоспроможних ресурсозберігаючих технологій кисломолочних продуктів зі збільшеними термінами зберігання є актуальною. Організація випуску таких видів кисломолочних продуктів дозволить підприємствам молочної промисловості розширити ринки збуту, що неминуче призведе до збільшення обсягів виробництва і реалізації, а також до більш повного задоволення потреби в них населення. Зберігання, транспортування і реалізація таких продуктів не потребують холодильних камер для охолодження транспорту і торгових прилавків, що свідчить про економічну ефективність і практичну значущість даного напрямку.

Матеріали та методи. Для досліджень використовували йогурт класичний, отриманий шляхом заквашування нормалізованої молочної суміші закваскою прямого внесення на основі чистих культур *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus*, *Streptococcus salivarius subsp. thermophiles* і сквашування впродовж 3...4 год з подальшим охолодження до 20...25 °С. Показники якості йогурту контролювали відповідно до вимог ДСТУ 4343:2004 «Йогурти. Загальні технічні умови», використовуючи стандартні методи контролю. У якості природних регуляторів кислотності застосовували перетерті із цукром ягоди журавлини та (або) брусниці, показники якості яких контролювали у відповідності до вимог ДСТУ 5035:2008 «Журавлина свіжа. Технічні умови» та ДСТУ 5039:2008 «Брусниця свіжа. Технічні умови».

Результати та обговорення. Під час процесу термізації кисломолочних напоїв важливим заданням є збереження однорідної консистенції продукту, без відділення водної фази від кисломолочного згустку, тобто попередження процесу синерезису. Можливість застосування теплового оброблення для сквашеного продукту визначається рядом факторів таких як: фізико-

хімічними показниками (рН, вмістом жиру, білків та вуглеводів), наявністю стабілізуючих систем, режимами та способами теплового оброблення [2]. Кисломолочні напої характеризуються відносно невисоким вмістом білка і жиру. Тому визначальним фактором, який впливає на вибір параметрів термізації (тривалості, температури теплового оброблення) є активна кислотність [3]. Чим нижче величина рН продукту, тим вищою може бути температура термізації із меншим ризиком погіршення консистенції після процесу теплового оброблення. При рН нижче 4,0 майже усі кисломолочні продукти можна термізувати без застосування стабілізаційних систем [2]. Для отримання продукту після теплового оброблення з хорошою консистенцією, рекомендовано проводити процес сквашування не до необхідної величини рН, а дещо нижчого значення із подальшим додаванням харчових кислот.

З метою забезпечення необхідного рівня кислотності у сквашеному продукті та формування прийнятних органолептичних характеристик було досліджено можливість використання ягід із значним вмістом органічних кислот, зокрема, брусницю та журавлину. У ягодах брусниці міститься більше 2,5% органічних кислот та до 0,9% пектинових речовин. Брусниця відрізняється від інших ягід присутністю бензойної кислоти, яка володіє асептичними властивостями. Плоди журавлини містять 2,8...3,4% органічних кислот (лимонна, урсолова, бензойна та ін) і значну кількість пектинів. Окрім того ягоди багаті на калій, натрій, фосфор, мікроелементи, вітамін С, вітаміну К₁, вітаміни В₁, В₂, РР, що створить можливість збагатити готовий продукт біологічно цінними речовинами при застосуванні ягід у його виробництві.

Для отримання термізованого кисломолочного напою із однорідною консистенцією науковцями рекомендовано додавати пектинові речовини, що мають здатність утворювати гелі при наявності кислот [2,3]. Так як, у процесі перемішування сквашених продуктів казеїновий гель руйнується з утворенням окремих частинок, що складаються з великої кількості міцел і утримуваної ними сироватки. При нагріванні продукту частинки зближуються і утворюють агрегати. Вони втрачають частину утримуваної сироватки і затвердівають. При цьому з'являються такі вади структури, як піщанистість та борошнистість готового продукту. Внесення стабілізуючих пектинових речовин, що містяться у ягодах запобігає агрегації частинок. Пектин адсорбується на поверхні казеїнових частинок через іони кальцію і надає їм однаковий позитивний заряд, що перешкоджає злипанню.

Ягідну сировину можна застосовувати як у свіжому, так і у свіжозамороженому вигляді, а також напівфабрикат – перетерті з цукром ягоди журавлини або брусниці. Ягоди у свіжому або свіжозамороженому стані потребують попередньої підготовки тоді як, використання напівфабрикату – перед змішування додаткових операцій не потребує. Свіжозаморожені ягоди слід піддати дефростації після чого, аналогічно, як для свіжих провести сортування, миття і подрібнення. Для забезпечення прийнятних органолептичних характеристик готового продукту, подрібнену ягідну сировину доцільно змішати із цукром у співвідношенні 1:3,5...1:3,8. Встановлено, що для забезпечення рН продукту, зокрема йогурту, на рівні не вище ніж 4,0 рекомендованим є додавання подрібнених ягід журавлини чи брусниці у кількості 27...30 % від маси готового продукту. Термізацію доцільно здійснювати у потоці при температурі 58...60 °С із тривалістю не більше 30 с, застосовуючи термізатор для кисломолочних напоїв безперервної дії.

Висновки. Встановлено можливість застосування подрібнених ягід журавлини або брусниці як природнього регулятора кислотності із стабілізуючими властивостями та смакову добавку під час виробництва термізованого йогурту.

Література

1. Тамим, А.И. Йогурт и аналогичные кисломолочные продукты: научные основы и технологии [Текст] [пер. с англ.] / А.И. Тамим, Р.К. Робинсон; под науч. ред. Л.А. Забодаловой. – СПб: Профессия, 2003. – 664 с.
2. Зобкова З.С. Технологические и технические решения повышения стойкости в хранении биоактивных молочных продуктов / З.С. Зобкова // Молочная промышленность. – 2005. – №3. – С. 60-65.
3. Русских В.М. Установка для термизации кисломолочных продуктов / В.М.Русских, А.В.Ронжина // Молочная промышленность. – 2007. – №2. – С. 70-72.

УДК 536.423+532.528

Dubovkina Iryna, D.T.Sc.

INNOVATIVE TECHNOLOGY OF WATER TREATMENT IN RECIRCULATING AQUACULTURE-HYDROPONIC SYSTEM

Introduction. Today the agriculture and food industry are measured as one of the largest sectors international with significant contribution to the economic development. Using of innovative technologies gives the possibilities to reduce the energy and recourses consumption of food production. Innovative technologies have been improved by the application of modern scientific knowledge. One of the ways to produce low cost food products is application of a system where plants are grown in growth medium other than natural soil. Using such systems gives of bigger productivity and quality than the growing through at open sky, due to the fact, that it permits a better control in the illnesses derived from the environmental conditions, decreases the harvest-production period.

Materials and methods. Prepared examples of water and water solutions were used as the model mediums in recirculating aquaculture-hydroponic system for experiments. Determination of change of potential of hydrogen of liquid samples of the model systems is carried out with use analogue pH-meter-millivoltmeter pH-150 M with external electrodes.

Results and discussion. A recirculating aquaculture-hydroponics production of vegetables, fruits, herbs and other agricultural plants are becoming more widespread. The main aspects of hydroponics growing are: the plant, growth medium or without it and water solution (water, nutrients, and fertilizers). The control of potential of hydrogen is extremely important, not only in hydroponics but in soil as well. Plants lose the ability to absorb different nutrients and fertilizers when the potential of hydrogen varies. In recirculating aquaculture-hydroponics system, potential of hydrogen is constantly changing during the plant grows. If potential of hydrogen changes less than 0,1 unit then this does not significantly affect. Therefore pH control is a requirement in hydroponic solutions, because the plant growth depends on this. The pH range from 5,5 to 7,5 is most favorable for the availability of nutrients from most water nutrient solutions. There are many methods of water treatment to receive water with necessary physical and chemical parameters and properties. They are including: acoustic treatment; the electromagnetic pulse effect of the low-frequency field; cavitation processing; emitting treatment: ultraviolet, ionizing, infrared, hydrodynamic effects. One of the innovative methods in the technology of the water treatment in the recirculating aquaculture-hydroponics system is a method of the alternating impulses of pressure.

The aim of this studies it to treat water in recirculation aquaculture-hydroponics system by innovative nonreagent method such as alternating impulses of pressure for changing the pH of the hydroponics.

This study was carried out at the pilot unit designed and created at the IET HASU, the main part of the unit is a rotary pulsed apparatus in which realized alternating impulses of pressure[1].

Through researches increases pH of the pure water on 15% have been established, thus the hydrogen potential of the water prepared on technology for recirculating aquaculture-hydroponic system has raised on 15-16,5%.

Conclusions. Investigational studies have shown that the method of the alternating impulses of pressure may be suitable for technology of water treatment in recirculation aquaculture-hydroponics system. As a result of research, it was found that the innovative technology of water treatment by alternating impulses of pressure can greatly reduce energy, power and resource consumption, increase efficiency of the growing crops.

References

1. Dubovkina I. (2015), Features of carrying out of mixing of water and spirit in the conditions of alternating impulses of pressure, *Technology audit and production reserves*, №6/1(26), 42-45

УДК 66.048.1**Кроніковська Л.О., Гавва О.М., д.т.н., Прохоров О.М., к.т.н.***Національний Університет харчових технологій (НУХТ), Київ, Україна***ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЦИКЛІЧНОЇ ДИСТИЛЯЦІЇ ПІД ВАКУУМОМ**

Вступ. Мета дослідження полягає у впровадженні клапанних тарілок у ректифікаційну колону, що забезпечить зменшення капітальних та поточних витрат на промислові процеси розділення рідких однорідних сумішей за рахунок підвищення ефективності масообміну при організації гідродинамічних режимів ідеального витіснення по рідині та парі.

Актуальність. Використання ректифікаційної колони із запропонованими тарілками дасть можливість підвищити якість безалкогольного пива.

Матеріали та методи. Матеріалом для дослідження є клапанні тарілки у ректифікаційній колоні, що використовується для деалкоголізації пива. Безалкогольне пиво – напій, отриманий внаслідок деалкоголізації пива, схожий на нього за органолептичними властивостями, в ньому міститься від 0,2 до 1,5% алкоголю. Сучасний ринок деалкоголізованого пива багатий на різноманітність сортів, але мало хто замислюється над тим яким чином воно виробляється і який вплив чинить на організм.

Результати та обговорення. Одним із перспективних напрямків інтенсифікації та підвищення ефективності процесів харчових виробництв в системі газ (пара) - рідина є застосування нестационарних режимів роботи масообмінного обладнання. До таких режимів роботи можна віднести метод ведення масообмінного процесу з контрольованими циклами.

Циклічний режим роботи характеризується почерговим рухом фаз через контрольовані проміжки часу.[1] Циклічність подачі парової фази здійснюється клапаном. Періодичне введення пива в апарат призводить до зменшення поперечної нерівномірності розподілення його по стінкам апарату, та сприяє збільшенню різниці концентрацій легколеткого компоненту на ступенях контакту в порівнянні з режимом стаціонарної протитечі. При цьому імпульсна подача фаз слугує додатковим джерелом енергії, підвищує турбулізацію газорідного шару, збільшує ступінь оновлення поверхні контакту та інтенсивність масообміну/

Передбачається розв'язання комплексу основних задач:

- дослідити гідродинамічні, масообмінні та технологічні характеристики запропонованого обладнання;
- провести дослідження при різних технологічних режимах та порівняти отримані дані з реальними.

Висновки. Проведення масообмінних процесів в регульованому циклічному режимі має наступні переваги по зрівнянню з режимами стаціонарного процесу:

- збільшення ефективності і пропускної здатності по рідкій фазі,
- спрощення будови контактної пристрою ,
- не значні затрати для перенесення масообмінного апарату в циклічний контрольований режим.

В свою ячергу використання запропонованих тарілок передбачає інтенсифікацію процесу.

Література

1. Taran, Vitaly; Maleta, Vladimir; Maleta, Bogdan; Understanding process intensification in cyclic distillation systems (2011) Ukrainian Food Journal, 4(1), pp. 49-55.

УДК 664.6.

Гуць В.С., д.т.н. Шеїна А.В., Губеня О.О., к.т.н.

Національний університет харчових технологій (НУХТ), м. Київ, Україна

УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСУ ТА ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ НАРІЗАННЯ ОВОЧЕВОЇ СИРОВИНИ

Вступ. Проведені теоретичні та експериментальні дослідження з метою встановлення основних закономірностей процесу різання рослинної сировини пластинчастим ножом, розроблення і удосконалення конструкцій робочих органів овочерізального обладнання.

Матеріали і методи. Досліджувався процес різання рослинної сировини (картоплі, моркви, буряка столового, огірків, кабачків, баклажанів) пластинчастим ножом. Визначалися структурно-механічні властивості рослинної сировини, параметри процесу різання овочів і овочерізального обладнання.

Поставлені завдання вирішувалися з використанням математичного і фізичного моделювання процесу різання в'язко-пружних матеріалів. Структурно-механічні властивості сировини, зусилля різання і режимні параметри визначалися за допомогою розроблених і вдосконалених експериментальних стендів і відповідних методик.

Визначення реологічних характеристик овочевої продукції визначалося на стенді, в якому продукт деформувався із заданою постійною швидкістю, а зусилля (напруження) визначалося тензометричним пристроєм.

Фрикційні властивості сировини визначалися шляхом вимірювання опору руху зразка на рухомій поверхні диска.

Зусилля та інші параметри різання визначались на експериментальному стенді, в якому продукт різався пластинчастими ножами заданої конструкції, з різними заданими швидкостями, з різним кутом нахилу ножа.

Результати і обговорення. Виконано аналіз стану теорії різання овочевої сировини пластинчастим ножом. Виявлено протиріччя в підходах і дослідженнях впливу структурно-механічних властивостей сировини і швидкості різання на процес, яке знайшло обґрунтування і рішення в цій роботі. Виконано аналіз технічного рівня і якості сучасного овочерізального обладнання, на підставі якого встановлено базові моделі овочерізок, які є еталонними зразками при проектуванні нового конкурентоспроможного обладнання. В результаті аналітичного дослідження стану галузі виявлені основні недоліки конструктивного виконання овочерізальних машин і виконавчих пристроїв, надано рекомендації з їх вирішення, сформульовано вимоги до розрахунків, проектування і удосконалення нових зразків.

Розроблена експериментальна установка для дослідження реологічної поведінки овочевої сировини при стисканні зразків з постійною швидкістю деформації. Експериментально визначено модулі пружності для картоплі, моркви, баклажанів, кабачків, огірків, цибулі ріпчастої при величині відносної деформації 10% і 20%. Рекомендовано розрахунки овочерізального обладнання вести за значенням модуля пружності, що відповідає величині відносної деформації не більше 15 %.

Досліджено зміну модулів пружності овочевої сировини при статичному і динамічному режимах навантаження. Встановлено, що збільшення швидкості навантаження овочевої сировини призводить до зниження його пружних властивостей: в інтервалі швидкостей навантаження від 0,0034 м/с до 2,5 м/с модуль пружності моркви зменшується від $42,5 \times 10^5$ Н/м² до $27,55 \times 10^5$ Н/м², цибулі ріпчастої – від 18×10^5 Н/м² до $7,25 \times 10^5$ Н/м², картоплі – від 54×10^5 Н/м² до $33,75 \times 10^5$ Н/м², кабачків від 38×10^5 Н/м² до $14,5 \times 10^5$ Н/м², огірків - від 35×10^5 Н/м² до $12,5 \times 10^5$ Н/м², баклажанів – від 42×10^5 Н/м² до 14×10^5 Н/м². Виконано аналіз зміни модулів пружності овочів в інтервалі швидкостей навантаження, використовуваному в овочерізальному обладнанні.

Встановлено вплив геометричних розмірів навантажуваних зразків на прояв пружних властивостей сировини. Доведено, що збільшення висоти навантажуваних зразків від 10 мм

до 20 мм призводить до зростання модуля пружності E : для картоплі - в 1,5 рази, баклажан - 1,9 рази, моркви - 1,3 рази.

Розроблено експериментальну установку і методику для дослідження фрикційних властивостей овочевої сировини. Встановлено, що залежність коефіцієнта тертя від швидкості ковзання має лінійний характер. Встановлено, що зі збільшенням швидкості ковзання в інтервалі від 0,75 м/с до 2,66 м/с коефіцієнт тертя по сталі знижується: для картоплі від 0,16 до 0,13, для огірків від 0,11 до 0,08, для буряка від 0,19 до 0,15, для кабачків від 0,07 до 0,06.

Встановлено вплив температури оброблюваних овочів на фрикційні властивості. Експериментально доведено, що зниження температури овочів від 20 °С до криоскопічної призводить до зростання коефіцієнту тертя по сталі таким чином: морква - в 2,02 рази (від 20 до - 1 °С), буряк - в 1,58 рази (від 20 до 1,3 °С), баклажани - в 1,67 рази (від 20 до - 0,7 °С), картопля - в 1,6 рази (від 20 до - 1,5 °С), кабачки - в 1,5 рази (від 20 до - 0,5 °С), огірки - в 1,47 рази (від 2 до - 0,5 °С).

Рекомендовано введення поняття миттєвого коефіцієнта тертя, який характеризує фрикційні властивості сировини для початкового моменту часу відносного ковзання пар тертя. Встановлено, що величина коефіцієнту тертя рослинної сировини по сталі залежить від тривалості контакту пар тертя. Оскільки при різанні тривалість контакту продукту з різальною гранню ножа невелика, рекомендується для розрахунку процесів різання застосовувати миттєвий коефіцієнт тертя. Для технологічних процесів, що передбачають тривалий контакт продукту з поверхнею робочих органів технологічного обладнання розрахунки рекомендується вести з урахуванням залежності $f(\tau)$. Експериментально визначено миттєві коефіцієнти тертя для ряду овочів.

Експериментально встановлено вплив швидкості різання на питомі зусилля різання. В інтервалі швидкостей різання 0,005-1,25 м/с ця залежність описується статечною функцією. Визначено зусилля різання овочів при швидкостях різання 250, 400, 600 и 1200 хв^{-1} , які відповідають показникам обертання ножів у сучасному овочерізальному обладнанні.

Експериментально встановлено вплив на питомі зусилля різання швидкості різання, модуля пружності і коефіцієнта ковзання. Встановлено, що структура продукту має вирішальне значення при виборі раціональних параметрів різання. Для продуктів, пружні властивості яких проявляються незначною мірою, раціональним є зниження зусиль різання за рахунок зменшення кута різання. Оскільки в даному випадку швидкість різання не чинитиме істотного впливу на енергетичну складову процесу, її збільшення має сенс тільки в аспекті її впливу на якість нарізки. При подрібненні овочів, пружні властивості яких проявляються значною мірою, раціональне зниження зусиль різання за рахунок збільшення швидкості різання.

Розроблено методику і проведено дослідження якості нарізки овочевої сировини. Встановлено вплив швидкості різання і товщини нарізки при різанні скибочками на показники якості. Експериментально встановлено, що в інтервалі швидкостей різання 300-600 хв^{-1} кількість некондиційних часток продукту в загальній масі нарізки залишається мінімальною. Збільшення швидкості різанні при невеликій товщині нарізки призводить до зайвого подрібнення продукту, зміни форми і розмірів, що неприпустимо відповідно до вимог до якості нарізки. Чим більшою є товщина нарізки, тим вплив швидкості різання на показники якості менш значущий. Нарізку овочів скибочками товщиною 1-2 мм рекомендується здійснювати при швидкості різання не вище 300 хв^{-1} . При нарізці овочів товщиною 4 мм і вище можливе використання швидкостей різання понад 600 хв^{-1} , у такому випадку показники якості залишатимуться оптимальними.

На підставі теоретичних і експериментальних досліджень запропоновано конструктивне виконання змінного механізму для шаткування капусти на базі овочерізальної машини типу МРО. Використання пристрою дозволяє здійснювати нарізку цілих качанів капусти, виключає необхідність попередньої обробки сировини, покращує якісні показники нарізки, сприяє підвищенню продуктивності машини, сприяє поліпшенню умов праці.

На підставі теоретичних і експериментальних досліджень запропоновано конструктивне виконання ножових блоків для овочерізальної машини дискового типу, призначених для нарізки овочів скибочками. Застосування цих пристроїв дозволяє змінювати нарізку овочів за допомогою одного різального блоку. Це значно покращує умови роботи з обладнанням, скорочує час на зміну різальних блоків, що сприяє збільшенню продуктивності машини, збільшує її функціональність і знижує собівартість ножів.

Запропоновані розробки пройшли апробацію на підприємствах харчової промисловості України і впроваджені у виробництво на СООО "Краса" (с. Роздольне, Херсонська обл., загальний економічний ефект складає 9500 грн.), ТОВ "Геліос-1" (м. Каховка, Херсонська обл., загальний економічний ефект складає 20,4 тис. грн.), ТОВ "Агро-Капітал" (м. Кривий Ріг, Дніпропетровська обл., загальний економічний ефект від використання механізму для шаткування капусти складає 280 тис.грн./рік.).

Висновки. Проведені дослідження дозволили удосконалити теоретичні питання процесу різання овочевої сировини та удосконалити процес різання, забезпечити його високу якість і продуктивність.

Наукова новизна результатів стосується визначених впливу швидкості різання на структурно-механічні властивості овочів; отриманих багатофакторних моделей для визначення питомих зусиль різання овочів; обґрунтування реологічної моделі овочевої сировини; оцінювання технічного рівня і якості сучасного овочерізального устаткування, у рамках якого визначено базові моделі.

Література

1. Gołacki K. Test of stress relaxation in plant material under conditions of dynamic load - technical implementation / K. Gołacki, Z. Stropek, A. Graboś. - Inżynieria Rolnicza. № 2. 1999. - s. 55-61.
2. Гуць В.С. Моделювання процесу різання харчових продуктів / В.С. Гуць, О.О. Губеня // Товари і ринки. – 2007. - № 2. - С.107-114.
3. Alina Sheyina, Victor Goots (2016), Cutting speed value during plant material grinding in food industry, Ukrainian Journal of Food Science, 4(1), pp. 111-119.
4. Заплетников И. Н. Оценка качества овощерезательного оборудования, представленного на рынке Украины / И. Н. Заплетников, А. В. Шеина// Вісник ХНТУСГ: темат. зб. наук. пр. – 2011, вип.119. - С.156-160.
5. Malcolm C. Bourne. Food Texture and Viscosity: Concept and Measurement. - Academic Press, 2002. – 427 p.
6. Rao M. A. Engineering Properties of Foods / Rao M. A., Rizvi S. S. H. - Dekker, 1995. - 531 p.
7. Ловкис З.В. Обоснование параметров резания яблок для производства чипсов / З.В. Ловкис, С.А. Арнаут // Перспективы производства продуктов питания нового поколения. -Минск, 2005.-С.123-124.
8. Заплетніков І. М. Залежність реологічних характеристик овочів від швидкості різання в овочерізальному устаткуванні / І. М. Заплетніков, А. В. Шеїна – Донецьк : Вісник ДонНУЕТ, 2013. - С. 82-87.
9. Заплетников И. Н. Измельчение растительного сырья: Монография / И. Н. Заплетников, А. В. Шеина. - Харьков: Водний спектр Джи-Ем-Пи, 2016. - 205 с.

УДК 637.523.38

Нескуба О.О., Чепелюк О.М., к.т.н., Чепелюк О.О., к.т.н.

Національний університет харчових технологій (НУХТ), м Київ, Україна

ВИЗНАЧЕННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ ПАРОПОВІТРЯНОЇ СУМІШІ ПРИ ТЕПЛОВОМУ ОБРОБЛЕННІ ВАРЕНИХ КОВБАС

Вступ. Теплове оброблення ковбасних виробів – одна з основних стадій їх складного і тривалого виробництва. Від умов і режимів її проведення безпосередньо залежить якість готової продукції, в тому числі її мікробіологічна чистота.

Актуальність теми. У промисловості найбільш поширене термічне оброблення ковбасних виробів димопароповітряними сумішами в універсальних термокамерах, що обумовлено відносною простотою, доступністю та ефективністю такого способу. Однак термокамери є обладнанням, що споживає найбільше енергетичних ресурсів на м'ясопереробних підприємствах. Проблемам, пов'язаним з проведенням теплового оброблення ковбасних виробів, його впливом на якість і вихід готової продукції, енергоефективність, присвячені роботи Павелко В.І., Заславського А.І. [1] та інших авторів. Щоб забезпечити випуск якісних ковбасних виробів при економній витраті енергоресурсів, важливо визначати режими роботи термокамер з урахуванням геометричних розмірів ковбасних виробів і теплофізичних властивостей фаршу.

Матеріали та методи. Об'єктом дослідження є процес теплового оброблення ковбаси «Лікарська» вищого сорту. У програмному комплексі FlowVision вирішена задача прогрівання ковбасного батона діаметром 85 мм на стадіях обсмажування і варіння, причому результати стадії обсмажування були початковими даними для дослідження стадії варіння. Геометрична модель ковбасного виробу створена в програмі SolidWorks.

Розв'язана задача сполученого теплообміну, в якій розглянуто передавання теплоти конвекцією – від нагрітої пароповітряної суміші (робочого середовища) до ковбасного батона і теплопровідністю – в середині батона. Процес теплового оброблення в термокамері досліджений окремо для стадій обсмажування і варіння (для обсмажування розглянуті температури робочого середовища 90...110 °С, для варіння – 75...85 °С). Задані граничні умови входу, симетрії, сполучення і вільного виходу. В процесі моделювання враховані залежності фізичних і теплофізичних властивостей фаршу від температури.

Результати та обговорення. Проаналізувавши значення температур в центрі ковбасного батона, які визначають кулінарну готовність і мікробіологічну чистоту продукту визначені раціональні параметри процесу термічного оброблення ковбаси «Лікарська».

На стадії обсмажування вплив даної температури робочого середовища на тривалість періоду, після закінчення якого в центрі ковбасного батона досягається необхідна на цьому етапі температура 45 °С, не є суттєвим. Рекомендовано підтримувати температуру робочого середовища на стадії обсмажування на рівні 100 °С, що забезпечує необхідну продуктивність при середніх енергетичних витратах.

Варіння рекомендується проводити при максимальній з розглянутих температур – 85°С, так як більш низька температура істотно підвищує тривалість процесу, оскільки рушійна сила процесу стає незначною.

Висновки. Для отримання якісного продукту і зниження витрат при тепловому обробленні ковбаси «Лікарська» на стадії обсмажування доцільно використовувати пароповітряну суміш температурою 100 °С, на стадії варіння – температурою 85 °С.

Література

1. Павелко В.І. Дослідження впливу деяких технологічних факторів на тривалість процесу термічної обробки ковбасних виробів / В.І. Павелко, О.Ю. Соколенко, А.І. Заславський // Наукові праці Національного університету харчових технологій. – 2012. – № 45. – С. 31 – 37.

УДК 613.6: 636

Ткачева Л.Т., к.т.н., доцент, Мартинович А.Н.

Белорусский государственный аграрный технический университет (БГАТУ) г. Минск,
Республика Беларусь

ВЫБОР И ОБОСНОВАНИЕ ТОЛЩИНЫ ТЕПЛОВОЙ ИЗОЛЯЦИИ В ОБЖАРОЧНЫХ АППАРАТАХ БАРАБАННОГО ТИПА

Проблема энергосбережения при работе тепловых аппаратов является актуальной, так как значительная часть энергии расходуется на производство, передачу и сохранение тепла. Потери тепла при этом зависят в основном от теплопроводности материалов, которые использовались для теплоизоляции и теплоотвода. Использование соответствующих теплоизоляционных материалов позволяет значительно сократить затраты энергии, а также уменьшить загрязнение окружающей среды, что всегда имеет место при производстве тепловой энергии.

Тепловая изоляция выполняет следующие функции:

- снижает тепловые потери в окружающую среду от объектов (здания, сооружения, оборудование, трубопроводы и др.);
- обеспечивает нормальный технологический процесс в аппаратах;
- поддерживает заданные температуры компонентов в технологических процессах;
- создает нормальные температурные условия для обслуживающего персонала;
- уменьшает температурные напряжения в металлических конструкциях, огнеупорной футеровке и т.д.

От правильного выбора тепловой изоляции во многом зависит реализация одного из основополагающих принципов – требования энергоэффективности и безопасности для обслуживающего персонала, а также сохранение параметров технологического процесса в заданных пределах. Поэтому теплоизоляционные конструкции являются неотъемлемой частью защитных элементов промышленного оборудования, трубопроводов, частей промышленных зданий. Благодаря изоляции значительно повышаются надежность, долговечность и эффективность эксплуатации зданий, сооружений и оборудования.

По конструктивному оформлению все теплоизоляционные материалы делятся: засыпные; оберточные; гибкие; формовочные. Теплоизоляционные материалы подразделяют по назначению на четыре группы: для изоляции горячих поверхностей; холодных поверхностей; строительных сооружений; нестационарных установок. Основная теплофизическая характеристика изоляционных материалов - коэффициент теплопроводности.

Для того чтобы успешно решить задачу, поставленную при создании и возведении теплоизоляционной конструкции, необходимо, чтобы выбранные теплоизоляционные материалы отвечали определенным требованиям. Среди наиболее значимых требований – низкая и постоянная в течение всего времени эксплуатации теплопроводность, способность не вызывать коррозии и разрушения изолированного объекта, не препятствовать температурным деформациям изолированного объекта. Срок службы изоляции, как правило, не должен быть ниже срока службы изолированного объекта.

Суждение по этим и другим свойствам теплоизоляционных материалов можно вынести после рассмотрения совокупности свойств, определенных общепринятыми методами.

Выделяют такие важные свойства теплоизоляционных материалов: плотность; пористость; теплопроводность и теплоемкость; теплоустойчивость; влажность и водопоглощение; паропроницаемость, водонепроницаемость, водоустойчивость; химическая и биологическая стойкость; прочность, сжимаемость, упругость, гибкость и уплотнение; линейная температурная усадка, средний диаметр волокна и содержание органических веществ; огнестойкость; звукопоглощение и звукоизоляция; экологическая и технологическая безопасность теплоизоляционных материалов и конструкций.

Задачей данного исследования было обеспечить необходимую теплоизоляцию обжарочного аппарата барабанного типа, предназначенного для обжарки солода инфракрасным излучением с использованием перегретого пара, для производства темных сортов пива.

Для решения данной задачи был сделан комплексный анализ современных теплоизоляционных материалов. Материалы, применяемые для теплоизоляции характеризуются, прежде всего, свойствами теплопроводности. Чем меньше (больше) теплопроводность материала, тем лучше он сохраняет (проводит) тепло. Поэтому теплопроводность является их паспортной характеристикой, а необходимость в её измерении является актуальной. Самыми распространенными видами теплоизоляционных материалов являются: минеральная вата и изделия из нее, стеклянное волокно (стекловолокно) – разновидность минерального волокна, известково-кремнеземистые изделия, вспененный синтетический каучук, пенополиуретан (ППУ), маты из стеклянного штапельного волокна.

С использованием инженерной методики, учитывающей теплофизические свойства материалов, термическое сопротивление изолированной стенки, температуру теплоносителя и окружающей среды, условия теплообмена на внутренней и внешней поверхностях изоляции были выполнены сравнительные практические расчеты толщины теплоизоляции для обжарочного аппарата барабанного типа. Расчёты показали, что при выборе теплоизоляционного материала для изоляции обжарочного аппарата предпочтение нужно отдать пенополиуретану, при этом толщина теплоизоляции должна быть не менее 18мм. Однако, как показали исследования свойств теплоизоляции, пенополиуретан имеет верхний диапазон применения до +130°C. При более высоких температурах пенополиуретан разлагается с выделением токсичных веществ (цианидов). Т.к. температура при обжарке солода внутри барабана 170-180 °C, то окончательно для экспериментальных исследований в качестве теплоизоляции были выбраны минеральная (базальтовая) вата и маты из стеклянного штапельного волокна. Таким образом, проведённые расчёты позволили определить расчётное значение толщины изоляции обжарочного аппарата при температуре обжарки внутри барабана 170 °C и наружной допустимой температуре на поверхности корпуса обжарочного барабана – 45 °C.

С целью проверки адекватности расчётных значений необходимой толщины теплоизоляции была проведена серия экспериментальных исследований на специальном стенде. Температура обжарки внутри барабана при проведении исследований изменялась в диапазоне от 165 до 170 °C. Для исследований использовались минеральная (базальтовая) вата и маты из стеклянного штапельного волокна толщиной 15мм, 20мм, 25мм, 30мм, 35мм и 40мм. Экспериментальные данные сравнивались с расчётными значениями толщины изоляции.

Вывод. На основании экспериментальных данных можно сделать вывод, что толщина матов из стеклянного штапельного волокна должна быть не менее 25 мм. При данных значениях обеспечивается температура на поверхности рабочей камеры обжарочного аппарата 42 °C, что является допустимым согласно существующим санитарно-гигиеническим нормам.

Литература.

1. ТКП 45-4.02-129-2009 - Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов. Утвержден и введен в действие приказом Минстройархитектуры Республики Беларусь от 29.12.2009 № 441.
2. Ткачева, Л.Т. Защита от воздействия ИК-излучения в обжарочных аппаратах барабанного типа / Л.Т. Ткачева, А.Н. Мартинович // Переработка и управление качеством сельскохозяйственной продукции: сборник статей III Международной научно-практической конференции. Минск, 23-24 марта 2017 г. – Минск: БГАТУ, 2017. – С.351-353.

УДК 664.7

Ермаков А.И., к.т.н., доцент,

Чайко С.В.

Белорусский национальный технический университет (БНТУ), г. Минск, Республика Беларусь

ФОРМОВАНИЕ ШОКОЛАДНЫХ ИЗДЕЛИЙ НА 3D-ПРИНТЕРЕ

Введение. В настоящее время во всем мире и в нашей стране кондитеры стараются производить изделия необычной привлекательной, эксклюзивной формы. Примером являются изделия ChocoArt – сеть бутиков шоколадных комплиментов, г. Минск, а также сувенирные изделия кондитерских фабрик «Спартак» и «Коммунарка». Технология формования данных изделий связана с определенными сложностями, что делает такие изделия достаточно дорогостоящими. В данной работе предложен современный подход к производству и формования кондитерских изделий индивидуальной формы, который позволяет снизить себестоимость этого вида продукции и расширить ее ассортимент.

Основная часть. Аддитивные технологии или технологии послойного синтеза – это одно из наиболее динамично развивающихся направлений производства. За 10-15 лет их применение стало возможным в различных отраслях промышленности, начиная с машиностроения и заканчивая медициной [1-3].

В Белорусском национальном техническом университете (БНТУ) также вплотную занимаются проблемой развития и внедрения аддитивных технологий в различные сферы отечественной промышленности, образования и науки. Так на базе БНТУ создан научный коллектив из сотрудников факультета маркетинга, менеджмента и предпринимательства, факультета информационных технологий и робототехники, а также Технопарка БНТУ «Политехник». Перед коллективом поставлены задачи: разработать, запустить в серийное производство, а также обеспечить сбыт линейки 3D-принтеров различного назначения. В частности запланирован выпуск трех видов принтеров:

- общепромышленного, печатающего АВС-пластиком (акрилонитрилбутадиенстирол);
- пищевого, печатающего пищевыми материалами (шоколадом и др);
- строительного, для печати малых архитектурных форм (высотой до 1 метра) из бетона.

В настоящее время уже создана общепромышленная модель 3D-принтера и активно ведется разработка пищевого принтера.

Рассмотрим более подробно возможность применения 3D-принтеров в условиях небольших кондитерских, кафе и кондитерских фабрик.

Во всем мире и в нашей стране кондитеры стараются производить изделия необычной привлекательной, эксклюзивной формы. Большинство подобных изделий изготавливают по классической технологии, отливкой в формы. Технология изготовления форм состоит из нескольких этапов: по уже готовому штампу из разогретого пластикового листа на вакуумном станке получают форму. При этом основная проблема возникает при изготовлении штампа, который изготавливают вручную из дерева или металла на предприятиях машиностроения. Штамп является очень дорогостоящей и трудоемкой деталью, но при условии наличия различных штампов выпуск изделий не представляет никаких трудностей.

В таком случае встает вопрос создания действительно эксклюзивные изделия. Предприятие не пойдет на изготовление штампа и формы для выпуска одного изделия, т.к. оно будет слишком дорогим и выпуск затянется на несколько недель. Именно здесь и пригодится технология 3D-печати.

Анализ существующих моделей принтеров для 3D-печати показал, что большинство существующих пищевых принтеров печатают только несколько слоев и только не застывающими шоколадными пастами, другие модели способные к печати пространственных изделий, являются достаточно дорогостоящими и сложными в эксплуатации. Основной сложностью при печати шоколадом является поддержание необходимого температурного

режима, иначе нанесенные слои не успевают остывать и начинают деформироваться под весом свеженанесенного материала. Так же у шоколада много фазовых переходов и каждый переход сопровождается изменением вязкости. Свойства шоколада зависят от температуры настолько сильно, что если в одном месте вдруг произойдет падение температуры на 2-3 градуса, то шоколад кристаллизуется по всей длине что приводит к сбою печати.

Не следует забывать и о проблеме низкой скорости печати. В настоящее время у большинства известных принтеров скорость печати не превышает 20 мм/сек, что делает не возможным их полноценное использование в общественном питании и кондитерском производстве.

Таким образом, к существенным недостаткам даже дорогостоящих шоколадных принтеров можно отнести: просматриваемая слоистая структура изделий, что придает изделию не привлекательный вид; низкая скорость печати. Основное преимущество – производства изделий, которые невозможно сформовать отливкой [4].

Проведенный анализ конструкций технологического оборудования, позволяет сделать вывод, что в настоящее время в Республике Беларусь не существует в эксплуатации машин, позволяющих достаточно эффективно формовать шоколадные изделия индивидуальной формы, что подтверждает необходимость проведения исследований, направленных на создание отечественных высокоэффективных машин для формования шоколадных изделий индивидуальной формы.

Для проведения экспериментальных исследований была создана конструкция 3D-принтера, базовой моделью для которой стала конструкция Prusa Mendel. От своих предшественников из семейства Prusa этот 3D-принтер отличается жестким стальным корпусом, увеличенной областью печати, в котором стандартный экструдер был изменен и адаптирован для печати шоколадом. Так же конструкция была усовершенствована добавлением системы охлаждения печатаемого изделия методом воздушного охлаждения, для чего был установлен вентилятор диаметром 40 мм и система подачи воздуха на печатаемое изделие.

Технические характеристики модели представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Технические характеристики разработанного принтера

Наименование	Значение
Максимальный размер печатающего изделия	200×200×120мм
Скорость печати	1...33 мм/сек
Диаметр сопла	1-2 мм
Материал для печати	Молочный шоколад «Шоколадово» СТБ 1202
Габаритные размеры	470×470×420мм
Масса	8 кг
Требования к питанию	100-240VAC, 50-60Hz, 200W
Поддерживаемый формат	STL
Технология печати	FDM
Подключение к ПК	USB порт
Температура охлаждения воздухом отформованного шоколада	t=+15+18 °C

Шоколад сложный продукт для формования. В зависимости от состава шоколада сильно варьируются теплофизические характеристики. В результате формования на качество готовой продукции влияет не только начальные теплофизические характеристики шоколада, но и скорость его охлаждения. Отметим, что различные виды шоколада могут кристаллизоваться в диапазоне температур от 16 до 37°C. Для исследования процесса 3D-печати был использован шоколад «Шоколадово» молочный СТБ 1202.

На рисунке 1 представлены изделия, сформованные в результате экспериментальных исследований.

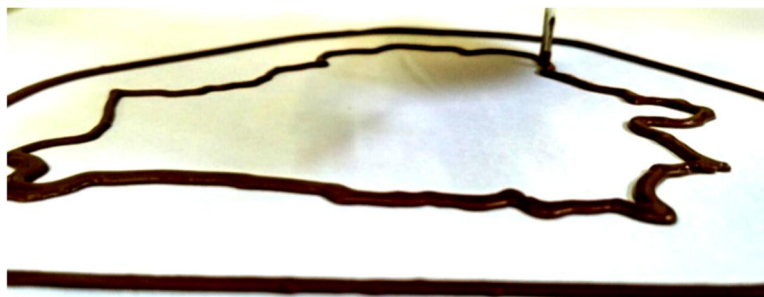


Рисунок 1 – Внешний вид изделий, полученных методом 3D-печати на разработанном принтере

При проведении исследований диаметр сопла головки составлял 0,9мм, температура плавления шоколада в экструдере 37 °С, температура окружающей среды 20-21 °С, скорость печати варьировалась от 30 до 50 мм/сек.

Следует отметить, что изделия, полученные в ходе исследований, имели слоистую структуру и низкие органолептические качества.

Поэтому нами предложены следующие рекомендации для кондитерских, занимающихся выпуском шоколадных изделий, которые позволят существенно расширить ассортимент продукции и удешевить ее стоимость:

- использовать для изготовления штампов общепромышленные 3D-принтеры, печатающие ABS-пластиком;

- использовать 3D-принтеры, формующие шоколад для производства эксклюзивных изделий, когда изготовление их способом отливки невозможно, а также устанавливать их в витринах предприятий и торговых залах для рекламы и привлечения посетителей.

Вывод. Проведенный анализ конструкций технологического оборудования и экспериментальных исследований, позволяет сделать вывод, что в настоящее время не существует оборудования, позволяющего достаточно эффективно формовать шоколадные изделия индивидуальной формы. Наиболее целесообразно для данных целей совместить две технологии:

- «классическую» отливку в формы, что позволит производить изделия с высокими органолептическими свойствами,

- 3D-печать штампов для производства форм для отливки, что позволит выпускать изделия разнообразных индивидуальных форм.

Литература

1. Научное обоснование процесса формования пищевых сред. [электронный ресурс] 2016. – режим доступа: http://www.znaytovar.ru/s/nauchnoe_obespechenie_processa_f.html – дата доступа: 20.03.2016.
2. Шоколадные фигурки в беларуси. [электронный ресурс] – 2016. – режим доступа: www.pulscen.by/price/400802-shokoladnye-figurki – дата доступа: 21.03.2016.
3. 3d принтер, печатающий шоколадом. [электронный ресурс] – 2016. – режим доступа: <http://www.chocolatier.ru/forum/thread1190.html> дата доступа: 23.03.2016.
4. Ермаков, А.И. Применение аддитивных технологий при формировании изделий из шоколада/ Ермаков А.И., Чайко С.В., Маркин К.В. // Современные технологии сельскохозяйственного производства: сборник научных статей по материалам XIX Международной научно-практической конференции. – г. Гродно, 2016, с 246-247.

УДК 615.133

Сімахіна Г.О., Науменко Н.В., Науменко Р.Ю.

Національний університет харчових технологій (НУХТ), м. Київ, Україна

ПОРІВНЯННЯ ВІТЧИЗНЯНОГО ТА АЮРВЕДИЧНОГО ПІДХОДІВ ДО ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ

Вступ. Стрімке поширення аюрведичних знань у Європі перетнуло кордони України, збираючи дедалі більше нових прихильників, які, адаптуючи давньоіндійську систему до вітчизняних реалій, пропонують нашим співвітчизникам нескладну, недорого і дуже ефективну систему оздоровлення, що ґрунтується насамперед на правильно підібраній системі харчування.

Актуальність теми. За ініціативи і безпосередньої участі ректора університету, професора А.І. Українця, вперше у 2016 році в Україні та й на всьому пострадянському просторі відкрито спеціалізацію «Технології аюрведичних харчових продуктів». Група магістрантів кафедри технології молока і молочних продуктів готується стати першими фахівцями у цій новій, незвіданій поки що для широкого загалу галузі. Тому вивчення і висвітлення теоретичних, практичних питань у даному напрямі є надзвичайно актуальним для їх розуміння, практичної реалізації та належної якості підготовки фахівців.

Матеріали і методи. В основу методологічної бази цього дослідження покладено методи наукового пізнання, системного підходу, узагальнення праць зарубіжних і вітчизняних учених у даному напрямі.

Результати і обговорення. І Аюрведа, і сучасна вітчизняна медицина стверджують, що харчування є не лише обов'язковим тлом для інших методів оздоровлення, а й має самостійне і дуже важливе значення [1, 2]. Структура і якість харчування складають саму сутність ефективної турботи про власне здоров'я.

Корегуючи свій раціон відповідно до різних чинників (статі, виду діяльності, пори року, стану здоров'я тощо), ми поліпшуємо функціональну діяльність усіх органів та систем організму, і, навпаки, неправильне харчування – найважливіший фізичний чинник, що призводить до виникнення і розвитку хвороб.

Наполеглива праця прихильників Аюрведи та наукові здобутки нутриціології виявили особливості харчування, що сприяють збереженню здоров'я на довгі роки. Встановлено взаємозв'язок структури харчування з умовами довкілля, яке також подовжує активне довголіття, підвищує адаптаційні можливості до екологічних умов, забезпечує соціально-психологічну комфортність.

Сучасна вітчизняна медицина встановила, що робота захисних механізмів в організмі людини потребує постійного синтезу білків [3]. Саме тому нераціональне харчування істотно знижує опірність організму, знижуючи стан здоров'я. Білково-енергетичний дефіцит чи, навпаки, надлишок певних нутрієнтів можуть призвести до функціональних порушень діяльності органів та систем. Поєднання цих двох могутніх потоків знань у їх практичній реалізації дасть кожній людині основне та істинне надбання – здоров'я.

Аюрведичні методи дієтотерапії потребують окремого розгляду, а зараз спробуємо виявити відмінності та спільні підходи східної та західної медицини до формулювання основних принципів харчування як важливої складової системи оздоровлення людини.

Як і сучасна вітчизняна медицина, Аюрведа підкреслює пріоритетне значення індивідуально підбраного раціону як головного засобу не лише підтримання належного стану здоров'я, а й, за необхідності, тривалого лікування фізичного тіла, що на санскриті називається «анна-майя коша» («харчова оболонка»).

Конкретизуючи заявлену в назві цієї роботи тезу, об'єктивності ради слід зазначити, що у харчовому раціоні Аюрведи цікавить, передусім, вплив енергетики їжі (життєвої енергії) на доші – три основні біологічні елементи, що визначають індивідуальну конституцію людини.

У вітчизняній нутриціології характеристика раціону розпочинається з хімічного складу продуктів, наявності і співвідношення у них макро- і мікронутрієнтів, ступеню їх безпеки тощо.

З аюрведичної точки зору стандартної дієти для всіх і кожного бути не може, як не може бути нормована і щоденна потреба індивіда в певних нутрієнтах.

Основне значення в Аюрведі надається тому, щоб спожита їжа гармонувала з нашою природою. В Аюрведі продукти класифікуються не за сировиною чи технологією виробництва, а за їхнім впливом на доші, і за цим же принципом дається характеристика продуктів. Цей підхід простий і водночас багатоплановий. З його допомогою адепти Аюрведи легко можуть підібрати кожному найбільш корисні продукти [4].

Вітчизняна нутриціологія, на відміну від Аюрведи, перебуває в постійному пошуку, формуються одні концепції харчування, потім їх змінюють інші – більш досконалі і науково обгрунтовані. І всі вони мають право на життя. Здійснений у нашій роботі аналіз показав: головним у контексті даної теми є те, що кожна з наступних концепцій все більше наближається до аюрведичних постулатів харчування. І найбільш яскравим твердженням цього є визнання нашими нутриціологами необхідності індивідуалізованого харчування. Це особливо підкреслюється при формулюванні принципів здорового харчування. Медики вже визнали, що групові дієти не є оптимальними для всіх хворих, оскільки вони можуть порушувати один із найважливіших принципів лікувального харчування – його індивідуалізацію [5]. Констатація цього факту свідчить про те, що Аюрведичне вчення успішно поширюється і в Європі.

Вітчизняна наука ще не дала простих індексів харчової індивідуальності людини. Ось чому на практиці рекомендації вітчизняних учених можуть служити лише орієнтиром при розробленні індивідуальних раціонів.

Висновки. Головна відмінність аюрведичних підходів до проблеми оздоровлення людини від вітчизняних полягає у тому, що основою розуміння стану здоров'я і хвороб, умов активної старості і довголіття в Аюрведі є концепція єдиного організму. І в контексті даної теми ця концепція виражається в аюрведичному вченні стосовно саморегулювання організму харчовими продуктами, що відповідають трьом дошам (трьом конституційним типам); необхідності пристосовувати структуру харчування до змін навколишнього середовища. Ще однією позитивною стороною харчових рекомендацій Аюрведи є те, що в них відсутній перелік абсолютно шкідливих для здоров'я продуктів. Тобто, як і вітчизняна нутриціологія, Аюрведа позбавлена харчового фанатизму. Це вигідно відрізняє аюрведичне харчування від інших видів нетрадиційного харчування.

Розглянуті два концептуальні підходи до формування структури харчування в системі оздоровлення організму людини спільні в одному: раціональне харчування – одна із найважливіших умов активного довголіття, здорової старості.

Література

1. Агніваса, А. Введение в Аюрведу / А. Агніваса ; пер. с англ. – М. : Профит-Стайл, 2011. – 160 с.
2. Амосов, Н. М. Энциклопедия Амосова. Алгоритм здоровья. Человек и общество / Н. М. Амосов. – М. : АСТ ; Д. : Сталкер, 2003. – 464 с.
3. Гонський, Я. І. Біохімія людини : підручник / Я. І. Гонський, Т. П. Максимчук, М. І. Калинський. – Т. : Укрмедкнига, 2002. – 744 с.
4. Питание по Аюрведе / авт.-сост. Б. Л. Смолянский, Л. В. Белова. – М. : Изд-во ЭКСМО, 2005. – 208 с.
5. Ципріян, В. І. Гігієна харчування з основами нутриціології : підручник / В. І. Ципріян та ін. – К. : Здоров'я, 2007. – 572 с.

УДК 664.663

Писарець О.П., к.т.н., Семенова А.Б., к.т.н., Бєла Н.І.

Інститут продовольчих ресурсів НААН України (ІПР НААН), м. Київ, Україна

ВИКОРИСТАННЯ НЕТРАДИЦІЙНОЇ ЗЕРНОВОЇ СИРОВИНИ В ТЕХНОЛОГІЇ ХЛІБА

Вступ. Хлібопекарська галузь в останні роки зазнає істотних змін під впливом соціально-політичних, економічних і ринкових чинників, але основним завданням галузі залишається забезпечення споживачів високоякісною продукцією. В Україні, як і в інших країнах, з кожними роком зростає популярність здорового харчування. Важливим напрямом вирішення проблеми підвищення харчового статусу населення країни є створення нових видів хлібобулочних виробів з оздоровчими властивостями за рахунок використання продуктів переробки нетрадиційної зернової сировини.

Продукти переробки зернових культур, а саме кукурудзяне борошно (КБ), містять низку цінних фізіологічно активних речовин і володіє багатьма корисними властивостями. В хімічному складі цього борошна присутні важливі для організму людини поліненасичені жирні кислоти, токоферол, вітаміни групи В, РР, фолієва кислота, β -каротин, кальцій, магній, залізо, а також кремній, мідь і нікель [1].

Широке застосування кукурудзяного борошна у хлібопеченні затримується, тому що є значні відмінності у пшеничного і кукурудзяного борошна за хлібопекарськими властивостями. Використання кукурудзяного борошна в суміші з пшеничним зумовлює погіршення реологічних характеристик тіста, що призводить до зниження основних показників якості хліба: питомого об'єму, пористості, стану м'якушки [1]. Отже, потребує корегування якості хліба з КБ шляхом застосування різних технологічних заходів.

Молочна сироватка є цінним продуктом, який, поряд з підкисленням тіста, може забезпечити виріб низкою біологічно активних речовин, а саме білковими речовинами, мінеральними елементами, вітамінами [2]. Зважаючи на цінний хімічний склад молочної сироватки можна прогнозувати позитивний вплив цієї сировини на перебіг технологічного процесу та якість хліба.

Матеріали та методи. В дослідженнях використовували борошно пшеничне першого сорту (ГСТУ 46.004-99) та кукурудзяне (ГОСТ 14176-69), сироватку молочну кислу (ТУ У 46.39.101-97). Кукурудзяне борошно заварювали водою у співвідношенні борошна і води 1:3 та охолоджували. Зразки хліба готували: без заварювання КБ і без сироватки (контроль); з заварюванням 50 та 100 % КБ без сироватки; без заварювання КБ з сироваткою; з заварюванням 50 та 100 % КБ з сироваткою. Сироватку вносили в кількості 20 % до маси борошна. Для аналізу якості хліба проводили пробне лабораторне випікання.

Результати та обговорення. Методом пробної випічки встановлено, що заварювання кукурудзяного борошна та внесення в тісто молочної сироватки сприяє поліпшенню якості пшенично-кукурудзяного хліба. Так, питомий об'єм хліба з внесенням 50 і 100 % КБ у вигляді заварки збільшується на 3,9 і 1,8 % відповідно, з 20 % молочної сироватки без заварювання КБ – на 8,9 %, а при внесенні завареного КБ у кількості 50 і 100 % та 20 % молочної сироватки – на 12,1 і 10,3 % відповідно, порівняно з контрольним зразком хліба.

Висновки. Отже, у виробництві хліба з суміші пшеничного і кукурудзяного борошна доцільним є використання молочної сироватки поряд заварюванням частини КБ.

Література

1. Лакіза, О.В. Особливості сучасного виробництва хлібобулочних виробів з додаванням продуктів переробки зерна кукурудзи / О.В. Лакіза, Л.В. Сидорчук / Хранение и переработка зерна. – 2016. – № 12 (208). – С. 52-55.
2. Быковская, Г.В. В центре внимания – сыворотка // Молочная промышленность. – 2012. – № 11. – С.42.

УДК 637.141.3

Бабанов І.Г., к.т.н., Бабанова О.І.

Національний університет харчових технологій (НУХТ), м. Київ, Україна

Шевченко А.О., к.т.н.

Харківський державний університет харчування та торгівлі (ХДУХТ), м. Харків, Україна

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЦЕСУ ПАСТЕРИЗАЦІЇ МОЛОКА ВІД ПІДВИЩЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА РЕКУПЕРАЦІЇ ТЕПЛА

Теплове оброблення молока проводять при широкому інтервалі температур на різноманітному устаткуванні. При охолодженні молочної сировини збільшується термін зберігання молока, а також сповільнюється життєдіяльність мікроорганізмів, що викликають псування продукту. Нагрівання молока інтенсифікує багато технологічних операцій, наприклад пастеризація молока і молочних продуктів служить для пригнічення життєдіяльності мікроорганізмів, що знаходяться в вегетативній формі.

З метою підвищення коефіцієнта рекуперації тепла пластинчатого теплообмінного апарату, тобто зниження питомих витрат тепла і машинного холоду, проведено повне перекомплектування пластин у секціях апарату. Одну із секцій охолодження холодною водою передбачено задіяти в якості додаткової секції рекуперації. Потрапляюче в цю секцію холодне сире молоко з більшою ефективністю, ніж вода, виконує роль холодоносія. слід звернути увагу, що в теплий період року, коли температура води підвищується до 20...25 °С, використання її не тільки не ефективне, але навіть недоцільно. Справа в тому, що в секцію водяного охолодження молоко надходить з температурою близько 20 °С. Зрозуміло, що якщо вода матиме вищу температуру, ніж молоко, то молоко буде нагріватися, а не охолоджуватися.

Застосування води в якості холодоносія виправдано лише в тому випадку, коли її температура, як слідує з технічної характеристики теплообмінника, не перевищує 12 °С.

З огляду на те що в розглянутих умовах температура сирого молока знаходиться в межах 5...7 °С, причому навіть в літній період, з повною підставою можна вважати рішення використання секції водяного охолодження під секцію рекуперації прийнятним.

Нами проведено дослідження ефективності процесу пастеризації молока з підвищенням коефіцієнта рекуперації ϵ на комплексі ОПУ-15 з метою його модернізації. Запропонований до використання в промисловості високоефективний комплекс ОПУ-15М з можливістю експлуатації одночасно з двома сепараторами ОСН-15М. Для цього здійснене відповідне перекомпонування пластин, а також збільшена їх кількість. З метою підвищення коефіцієнта рекуперації з 0,8 до 0,85 виконано повне перекомплектування пластин в усіх чотирьох секціях. Одна з секцій охолодження холодною водою задіяна, як додаткова секція рекуперації, де в якості холодоносія використовується сире молоко. Холодне сире молоко, що подається в секцію виконує роль холодоагенту з більшою ефективністю, ніж вода.

В основу модернізації комплексу ОПУ-15 покладені такі основні вимоги: максимально розвинути теплообмінну поверхню секції рекуперації; компоновку пластин виконати з розрахунку, щоб сире молоко надходило на сепаратори з оптимальною для цього процесу температурою 35...40 °С.

Нами були проведені перевірочні розрахунки та розроблена компоновочна схема теплообмінника. Завдяки модернізації, коефіцієнт рекуперації збільшився до 0,85, продуктивність комплексу підвищилася до 18000 л/год., витрати пари на 1000 л молока знизилися з 24 до 18 кг.

Розрахунок техніко-економічної ефективності підтверджує скорочення споживання води, зменшення витрат на обслуговування, витрат паливо-енергетичних і інших матеріальних ресурсів.

Література

Єресько Г.О. Технологічне обладнання молочних виробництв / Єресько Г.О., Шинкарик М.М., Ворощук В.Я. – К.: Фірма «ІНКОС», Центр навчальної літератури, 2007. – 344 с.

УДК 621.798.41; 658.78.06

Коломієць А.Б., к.т.н., Шустикевич А.І., к.т.н., Кандяк Н.М., к.т.н.

Українська академія друкарства (УАД), м. Львів, Україна

УДОСКОНАЛЕННЯ ПРИСТРОЇВ ПОВЕРТАННЯ ТРАНСПОРТНИХ ПАКЕТІВ ПРОДУКЦІЇ І НАПІВФАБРИКАТІВ

Вступ. Відомо, що автоматизація і механізація завантажувально-розвантажувальних операцій підвищує продуктивність роботи ділянки великого підприємства до трьох разів [1]. Тому одним з напрямків підвищення продуктивності при виготовленні картонних споживчих пакувань на поліграфічних підприємствах є скорочення часу на виконання допоміжних операцій у друкарському, післядрукарському цехах, експедиції, на складі.

Окремої уваги приділяється логістичному обладнанню підприємств, що забезпечує швидку зміну положення піддонів із транспортними пакетами (ТП) продукції, стосами задрукованого паперу, картону або пластика для подальшої їх обробки (наприклад, операції вирівнювання та аерації стосів паперу і картону). Заміна ушкодженої гофрокартонної тари у транспортному пакеті стали обов'язковими не тільки у друкарнях, але і у багатьох інших галузях, де необхідні маніпуляції з габаритними пакетами продукції або напівфабрикатів.

Обладнанням «must have» для багатьох сучасних підприємств стали стаціонарні та мобільні пристрої повертання на 90° або 180° габаритних вантажів. Особливістю пристроїв є необхідність забезпечити надійний затиск і плинний хитний рух значній масі паперу або картону (вага стосу – до 1600 кг). Таке обладнання повинно бути недорогим, займати невелику площу та простим у керуванні.

Актуальність. Пристрої повертання стосів картону або паперу для операцій підготовки до друкування зворотного боку, вирівнювання нерівно-складеного стосу або логістичних маніпуляцій із транспортними пакетами із готовою продукцією не виробляються в Україні. Натомість використовують дорогі пристрої відомих закордонних фірм з Німеччини (Polar, Busch), США (Торру), Швеції, Китаю, Південної Кореї. Дослідження пов'язані з удосконаленням обладнання для здійснення операцій маніпулювання з транспортними пакетами шляхом програмованого перерозподілу навантажень для поліпшення енергоефективності обладнання виробничої і складської логістики підприємств широкого спектру галузей, зокрема поліграфічної і пакувальної.

Основна частина. Для створення конкурентоздатного вітчизняного обладнання поставлено завдання удосконалити згадані пристрої [2]. Запропоновано ряд пристроїв повертання ТП, серед них і [3]. Технічний результат удосконалення полягає у забезпеченні ефективної та надійної технічної експлуатації механізму повертання ТП, стосу паперу або картону внаслідок плавного розгону та сповільнення за потрібним законом періодичного руху (ЗПР) пристрою затиску та зрівноваженню надлишкових моментів на валу привода.

Розроблені технологічна і кінематична схеми пристрою повертання транспортних пакетів і визначено його основні механізми. Пристрій складається із загального приводу, механізму затиску стосу паперу з піддонами (палети) на основі гідравлічного приводу, механізму повертання затиснутого стосу з піддонами на 90° або 180° , вузлу віброзіштовхування, вузлу аерації (як опція) та пульта керування.

На рис. 1 представлений оригінальний пристрій, в якому необхідний ЗПР затисненого транспортного пакету, що складається з піддонів 1, 3 та стосу 2 паперу/картону, здійснюється за рахунок нерівномірного обертання вхідної ланки коромисла 8 разом з приєднаним до неї пристроєм затиску ТП. Коромисло 8 вільно обертається відносно осі, на якій закріплене коромисло 5, а положення коромисла 8 програмно корегується кулачково-важільним механізмом (КВМ). КВМ складається із гідроциліндра 4, який однією стороною приєднаний шарнірно до станини пристрою, а штоком – до ведучого коромисла 5 та двоплечого коромисла 6.

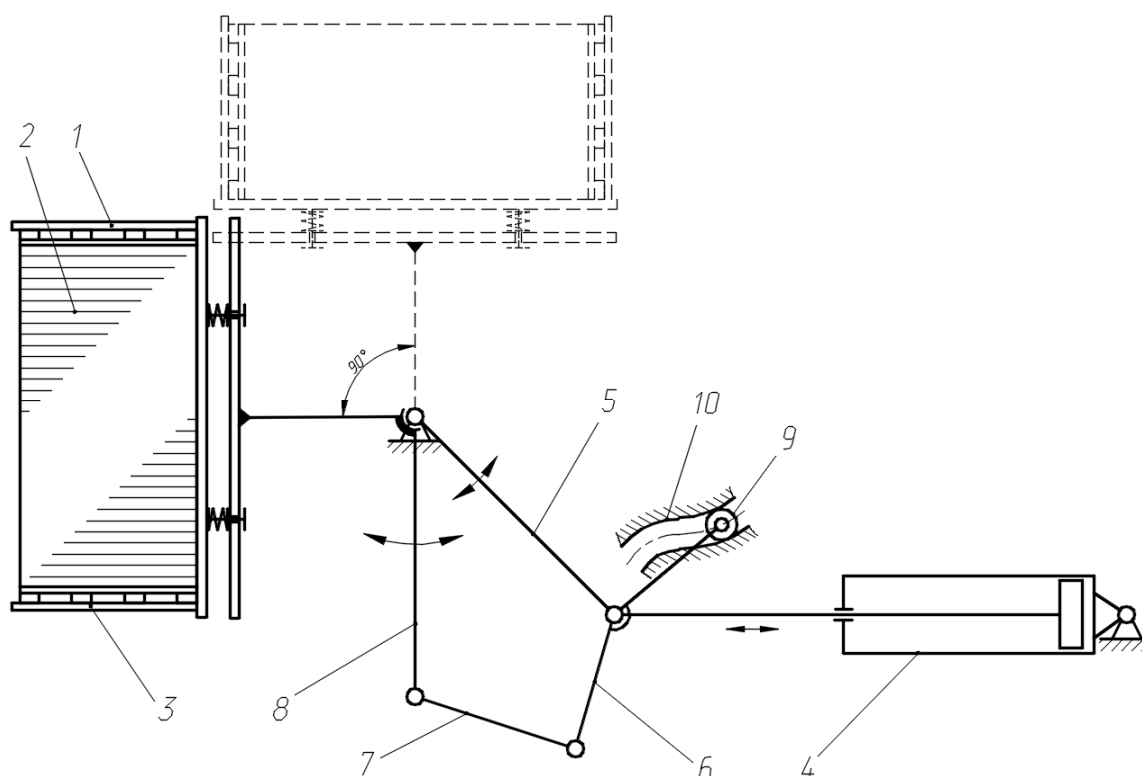


Рисунок 1 – Принципова схема пристрою повертання транспортного пакету на 90°

До одного з променів останнього шарнірно приєднаний шатун 7, далі ведене коромисло 8 з пристроєм затиску та ТП. На другому промені коромисла встановлено ролик 9, що обкочується у пазу кулачка 10, закріпленого на станині пристрою.

Пристрій працює наступним чином. Лінійний рух поршня гідроциліндра 4 перетворюється на обертовий рух ведучого коромисла 5. Рух останнього програмно трансформується у потрібний рух веденого коромисла 8 завдяки обкочуванню ролика 9 у пазу нерухомого кулачка 10, закріпленого на станині пристрою, та наявності важільного контуру 5, 6, 7, 8.

Завдання синтезу КВМ повертання полягає у визначенні необхідного (згідно обраного ЗПР) поточного значення положення веденого коромисла 8, у подальшому положень двопроменевого коромисла 6, а з них – радіус-векторів центрального профілю нерухомого кулачка.

Кінематичні характеристики для важільного механізму визначаються згідно методики, відомій з [4], у системі $[l, \omega, r]$. Обираємо ЗПР веденого коромисла 8 як функцію відносного часу k :

$$\gamma(k) = A_k(k) \cdot \phi_p, \quad (1)$$

де $A_k(k)$ – функція переміщення для певного ЗПР.

Далі визначаємо кутові швидкості, прискорення та крутні моменти протягом циклу повертання затисненого ТП або стосу паперу/картону.

При цьому приймаємо, що рух штока гідроциліндра складається з трьох ділянок – початкового розгону за лінійною залежністю (10% від загального часу руху), ділянки руху з постійною швидкістю і кінцевого гальмування (10% від загального часу руху). Тобто, залежність швидкості руху штока по часу циклу являє собою трапецію.

В результаті синтезу механізму повертання отримано матрицю радіус-векторів корегувального центрального профіля, який може бути реалізований як у вигляді плоского кулачка, так і як програма переміщень вихідної ланки сервоприводу.

На рис. 2 представлена отримана залежність для крутного моменту на головному валу пристрою. Вона доводить, що синусний ЗПР на ділянках розгону та гальмування КВМ

трансформовано у неоднорідний ЗПР із зміщеним піком до ділянки руху із стабільною швидкістю. Завдяки цьому зменшено динамічні навантаження, що характерні для цих ділянок руху.

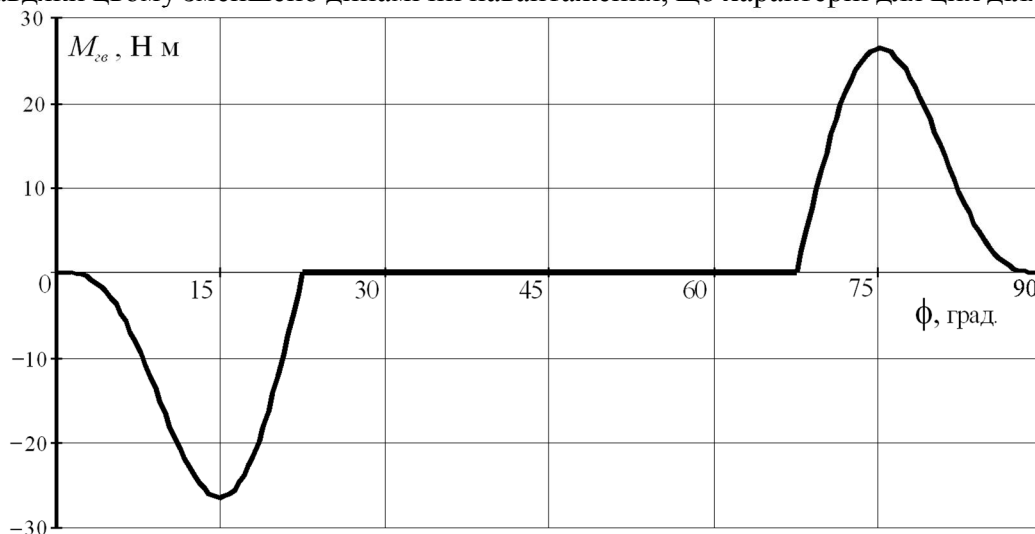


Рисунок 2 – Зміна крутного моменту на головному валу механізму повертання пристрою протягом циклу роботи

Слід зауважити, що особливу увагу слід також приділяти віброзахисту основи пристрою, якщо він має опцію вібраційного зіштовхування стосів паперу або картону.

Застосовані технічні рішення дозволяють підвищити надійність та зменшити споживану потужність електродвигунів пристрою. Наприклад, для пристрою повертання фірми Busch – зменшити з 4 до 3 кВт, тобто на 25%.

Висновки:

1. Енергоефективне функціонування пристрою повертання транспортних пакетів і напівфабрикатів забезпечується перерозподілом навантажень на ділянках розгону та гальмування, що підвищує надійність згаданого пристрою. В іншому випадку можуть виникнути надлишкові навантаження, що негативно вплинуть не тільки на привод механізму, але і на рівновагу пристрою в цілому.

2. Розроблена математична модель для визначення раціональних геометричних, кінематичних і енергосилових параметрів роботи пристрою повертання транспортного пакету дозволяє провести інженерний розрахунок його механізмів та виявити особливості їх роботи.

3. Удосконалений пристрій може застосовуватись для повертання стосів паперу або картону; підготовки паперу перед друком (вирівнювання паперу, видалення пилу і противідмарювального порошку); для післядрукарської підготовки (сушіння відбитків після друку, видалення випарів фарб, розчинників); у логістичних операціях (заміна піддонів, заміна ушкодженої тари у транспортному пакеті) тощо.

Література

1. Гавва О. М. Пакувальне обладнання. Обладнання для обробки транспортних пакетів. / О. М. Гавва, А. П. Безпалько, А. І. Волчко – Київ : ІАЦ «Упаковка», 2006. – 96 с.
2. Регей І. І. Аналіз виконавчих механізмів у засобах для перевероту стапелів пакувального матеріалу і транспортних пакетів. / І. І. Регей, А. Б. Коломієць. – Технологічні комплекси, №3. – Луцьк : В-во ЛуНТУ, 2011. – с. 63-68.
3. Патент №102306 (Україна). МПК (2013.01) B65H 9/00, B65G 60/00. Пристрій для повороту стосу аркушевого матеріалу. / Коломієць А. Б., Регей І. І., Дробінський В. Ю., заяв. УАД. – №а201114103; заяв. 29.11.2011 – опубл. 25.06.2013, Бюл. №12, 2013 р.
4. Полюдов О. М. Розрахунки циклових механізмів поліграфічних і пакувальних машин на персональних комп'ютерах : Навчальний посібник / О. М. Полюдов, В. О. Кузнецов, А. Б. Коломієць. – Львів: УАД, 2004. – 96 с.

УДК 664.045 - 581.6

Сімахіна Г.О., д. т. н.

Національний університет харчових технологій (НУХТ), м. Київ, Україна

ОСОБЛИВОСТІ ЗАМОРОЖУВАННЯ ПЛЮДІВ ТА ЯГІД З РІЗНОЮ ТЕКСТУРОЮ ПОКРИВНИХ ТКАНИН

Вступ. У всьому світі формується нова концепція харчування, головною умовою якого є передусім його корисність для здоров'я, доведений позитивний вплив на певні органи та системи організму людини. Прагнення населення до здорового способу життя потребує розроблення та виробництва нових харчових продуктів з підвищеним вмістом вітамінів, мінеральних елементів, інших нутрієнтів, необхідних для нормального функціонування живого організму. Разом з тим, продукція на основі плодово-ягідної сировини, яка є найкращим джерелом есенціальних нутрієнтів, досі не здобула належної уваги та не посіла належного місця на ринку харчової продукції. Це пов'язано з сезонністю її виробництва та складністю зберігання при дотриманні високих якісних показників. Тому пріоритетного значення набирає розроблення нових способів отримання заморожених напівфабрикатів підвищеної харчової та біологічної цінності.

Актуальність теми. Видовий склад плодів та ягід, включаючи дикорослі матеріали, надзвичайно різноманітний як за вмістом біологічно активних речовин, так і за структурно-механічними характеристиками, передусім текстурою покривних тканин. Тому для кожного із окремих видів плодово-ягідної сировини необхідно розроблення оптимальних режимів заморожування, які гарантують високу якість отриманої продукції, її здатність до тривалого зберігання без зниження якісних та кількісних показників біокомпонентів. У зв'язку з цим обраний у роботі напрям досліджень є актуальним.

Матеріали й методи. В якості предметів дослідження обрано дикорослі ягоди калини (*Viburnum opulus*) та журавлини болотної (*Oxycoccus palustris*), які відзначаються щільною текстурою покривної тканини. Ягоди зібрано в Київській області: калину – до заморозків, журавлину – у весняний збір. У ці періоди ягоди даних видів відзначаються найвищим вмістом цінних біологічно активних речовин. Загалом до плодово-ягідної сировини зі щільною покривною тканиною можна віднести ягоди глоду, шипшини, горобини, бузини, ожини, терну, яблука, груші, айву, цитрусові тощо.

Дослідження ягід з ніжною текстурою проведено на суницях сортів Коралка, Аеліта, Вікторія, Рощинська, які дають ягоди великого або середнього розміру, з красивим забарвленням, ароматною м'якоттю та ніжною текстурою. При проведенні досліджень використано стандартні методики визначення вмісту сухих речовин, основних біокомпонентів ягід, органолептичної оцінки.

Результати та обговорення. Для проведення експериментів із заморожування ягоди сортували, проводили інспекцію, мили, підсушували у повітряному потоці. Потім заморожували розсипом у низькотемпературній морозильній камері у повітряному середовищі «шоковим» методом при температурі $-35...-37\text{ }^{\circ}\text{C}$ і інтенсивному перемішуванні повітря до досягнення в центрі продукції температури $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$. Заморожені ягоди закладали в поліетиленові пакети з товщиною плівки 40...50 мкм місткістю 0,5 кг з наступною герметизацією термозварюванням. Ягоди зберігали в пакетах при температурі $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ протягом 6 місяців. Температуру замороженої продукції заміряли напівпровідниковим вимірювачем температури.

Попередні дослідження показали, що для ягід з ніжною текстурою необхідним є розроблення спеціальних технологій заморожування, за яких текстура не ушкоджується і при дефростації сік або не витікає, або втрачається у незначних кількостях. Ніжна текстура ягід суниці і подібних видів зумовлена будовою самих ягід. Так, на поздовжньому розрізі ягоди суниці чітко видно ендосперм і зародковий мішок, тобто потовщене квітколоже з насінням [5]. Ендосперм складається з великих, щільно розташованих полігональних клітин. Внутрішня

частина кожної клітини заповнена великими зернятами полісахаридів, а в клітинах ендосперму містяться кристали сахарози. Паренхіма як головна частина м'якоті ягоди складається з довгих великих клітин, у ній трапляються радіально розміщені прозенхімні клітини, менші за розмірами, розташовані щільніше. Зважаючи на таку складну структуру ягід суниць, при заморожуванні необхідно досягти мінімальної деформації паренхімних і прозенхімних клітин, запобігти розриву клітинних оболонок, що дасть можливість при дефростації уникнути витікання клітинного соку, а з ним і цінних сполук.

Другою особливістю структури ягід суниць є наявність у них потовщеного квітколожа. Результати досліджень показали, що очищена перед заморожуванням від квітколожа ягода після дефростації має значно нижчі якісні та органолептичні показники, ніж неочищена. Тому наступний етап роботи присвячено вивченню динаміки величин втрат соку дефростованих ягід суниць відразу після заморожування і після зберігання.

Порівняння отриманих даних свідчить про те, що ягоди суниць з квітколожем після заморожування краще зберігають свою якість, ніж очищені від квітколожа. При дефростації з таких ягід менше витікає соку, оскільки при очищенні ягід у місцях відриву квітколожа частина м'якоті оголюється і цілісність клітин порушується. Це сприяє швидшому перебігові біохімічних процесів у заморожених ягодах навіть при низьких температурах зберігання, що врешті-решт призводить до зниження якості заморожених напівфабрикатів і їхніх органолептичних показників.

У таблиці 1 наведено хімічний склад свіжих ягід зі щільною текстурою.

Таблиця 1 – Хімічний склад свіжих ягід калини та журавлини
(n = 3, N = 3)

Вид сировини	Вміст цукрів, %		Вміст, мг%		
	загальних	редуючих	вітамін С	органічні кислоти	біофлавоноїди
Ягоди калини	10,3±0,09	5,9±0,01	70,5±0,4	3,45±0,15	648±0,8
Ягоди журавлини	8,2±0,01	3,6±0,08	42,4±0,09	2,76±0,07	986±0,04

Примітка: n – кількість повторностей, N – загальна кількість спостережень.

Згідно з отриманими даними, ягоди калини, порівняно з ягодами журавлини, містять більше загальних цукрів (на 20,4 %), редуючих цукрів (на 39 %), вітаміну С (на 40 %), органічних кислот (на 20 %). Лише за вмістом біофлавоноїдів вони поступаються ягодам журавлини – на 52 % менше. Співвідношення загальні цукри : органічні кислоти в обох видах ягід практично однакове (2,97 і 2,99). У солодких ягодах цей показник значно вищий. Наприклад, у суницях він становить 6,16, і така комбінація створює особливий смаковий букет, посилений ефірними оліями, ароматичними сполуками тощо.

Отже, обрані предмети дослідження є перспективними для отримання заморожених напівфабрикатів. Їхні цінні властивості зумовлено природною композицією хімічно складних і різноспрямовано діючих сполук із високою біологічною та фізіологічною активністю, котрі забезпечують оздоровчі, профілактичні та лікувальні ефекти як самих напівфабрикатів, так і продуктів на їхній основі.

В основу досліджень поставлено завдання максимального збереження комплексу біологічно активних речовин сировини при заморожуванні та зберіганні, цілісності покривної тканини і, як результат, мінімізації втрат клітинного соку при дефростації.

Рослинні матеріали з високим вмістом вітамінів відносять до кріолабільних. Без використання інновацій у галузі низькотемпературних технологій практично неможливо отримати з них продукти високої якості, з належними органолептичними характеристиками. До таких інновацій належать: кріопротектування, оброблення низькочастотним та надвисокочастотним електромагнітним полем, кріоподрібнення, кріосепарація.

Результатами досліджень, отриманих у галузі кріобіології та кріомедицини, констатовано, що належного захисту клітинам біологічних об'єктів при заморожуванні надають кріопротектори, у якості яких використовують сполуки різних класів – спирти, аміді, органічні кислоти, цукри, розчини солей, гліцерин тощо [1].

Численними експериментальними дослідженнями автора цієї роботи [2] встановлено, що із випробуваних понад 15 різних композицій кріопротекторів для попереднього оброблення ягід зі щільною та ніжною покривною тканиною найбільш ефективною виявилася суміш глюкози (5...18 %) та лимонної кислоти (1 %). Зазначені кріопротектори блокують фермент аскорбатоксидазу, яка вирізняється строгою специфічністю стосовно субстрату і окислює аскорбінову кислоту. Під впливом низьких температур у присутності цих кріопротекторів активність аскорбатоксидази у різних видах плодово-ягідної сировини знижується від 28,5 до 15,7 %.

Таблиця 2 – Вплив кріопротектування на зміни концентрації біокомпонентів ягід при заморожуванні

Вид сировини	Вміст цукрів, %		Вміст, мг%		
	загальних	редуючих	вітамін С	органічні кислоти	Біофлавоноїди
Ягоди калини без кріопротекторів	9,6±0,04	6,2±0,9	59,5±0,06	3,37±0,11	578,7±0,2
Ягоди журавлини без кріопротекторів	7,54±0,07	3,74±0,14	34,6±0,2	2,69±0,08	828,2±0,7
Ягоди калини з кріопротекторами	10±0,07	6,2±0,15	66,4±0,06	3,4±0,09	622,1±0,05
Ягоди журавлини з кріопротекторами	8,1±0,05	3,8±0,16	37,8±0,15	2,8±0,13	897,3±0,06

Відповідно до табличних даних, навіть «шокове» заморожування ягід, не оброблених кріопротекторами, викликає певні зміни у їхньому біокомпонентному складі: найбільше втрат зазнала аскорбінова кислота (18,4 % – у ягодах журавлини, 15,6 % – у ягодах калини); вміст біофлавоноїдів зменшився відповідно на 16 та 11,2 %; частка органічних кислот зменшилася всього на 2...3 %; вміст загальних цукрів зменшився на 6...8 %, а редуючих – зріс на 4...5 %. У ягодах, заморожених після оброблення кріопротекторною композицією, втрати вітаміну С в обох випадках зменшились у 2...3 рази, біофлавоноїдів – у 1,7...2 рази.

Висновки. Використання комбінованого кріопротектора *глюкоза + лимонна кислота* забезпечує структурну і функціональну цілісність клітин ягід зі щільною покривною тканиною, внаслідок чого при «шоковому» заморожуванні практично відсутня деформація клітин. Порівняння особливостей заморожування різних об'єктів (наприклад, у нашому випадку – ягід із ніжною та щільною покривною тканиною) показує, що для кожного з них реально підібрати найбільш ефективні комбіновані кріопротектори, котрі містять як власне сполуки-протектори, так і інші речовини, що дають можливість поліпшити стан фізіологічних та метаболічних систем клітин у процесах заморожування і дефростації.

Література

1. Белоус А.М. Кробиология : монография / А.М. Белоус, В.И. Грищенко. – К. : Наукова думка, 1994. – 430 с.
2. Сімахіна Г.О. Низькі температури у технологіях оздоровчих продуктів : монографія / Г.О. Сімахіна, Н.В. Науменко. – К. : Видавництво «Сталь», 2011. – 363 с.

УДК 677.047.65/664.8.038

Asaulyuk T.S., PhD

Semeshko O.Ya., PhD

Saribyekova Yu.G., Doctor of Technical Sciences, Prof.

Kherson National Technical University (KNTU), Kherson, Ukraine

INVESTIGATION OF THE INFLUENCE OF STYRENE-ACRYLIC POLYMER COATINGS ON THE PROPERTIES OF TEXTILE PACKAGING MATERIALS

Currently, there is a rapid growth in the consumption of packaging from combined film materials. Such packaging not only fulfills its functional purpose for preserving the quality of the packaged goods, but also contributes to its quick sale [1].

Combined film materials are divided into the following three groups:

- 1) multilayer films composed only of polymers;
- 2) multilayer films using aluminum foil or metallized;
- 3) films on textiles, paper or cardboard.

In Ukraine, the market for combined film materials is virtually non-existent, and materials produced with a monopolymer coating (mainly PVC) do not meet modern requirements for product quality. Solving the problems of providing the Ukrainian market with packaging products of its own production is also exacerbated by an insufficient assortment of compositions for the formation of polymer coatings on the surface of packaging materials. In addition, one of the main drawbacks, significantly limiting the scope of packaging materials, is the presence of formaldehyde-containing preparations in film-forming formulations.

Therefore, studies aimed at developing new economically beneficial and environmentally friendly polymer coatings for textile packaging materials are relevant.

During operation, the textile package undergoes mechanical and atmospheric influences, which makes it necessary to form a protective film on the fabric surface with applying of various high-molecular compounds. Polymer protective films must meet such requirements as non-toxicity, elasticity, mechanical strength, transparency, high adhesion to the fiber, reduced stickiness and, consequently, low dirt retention.

Due to the combination of valuable properties and compliance with modern environmental requirements, aqueous dispersions of polymers have an important practical value in the production technology of packaging textile materials. Due to the presence of hydrophilic groups in the molecular chain of the polymer, films based on aqueous dispersions are characterized by lower strength and resistance to water as compared to polymer films based on organic solvents. In this regard, cross-linking agents are introduced into the composition of the polymer compositions.

Traditional cross-linking agents are dangerous because of their toxicity, since they release volatile substances, such as formaldehyde, during the curing and use of products. An alternative is the use of multifunctional epoxy resins such as glycidyl esters, which are commercially available and well known for its properties, including high mechanical strength, heat resistance etc [2-4].

Thus, the most promising way to develop a polymer coating composition for textile packaging materials is to use polymer components based on aqueous dispersions of polymers and formaldehydeless cross-linking agents.

The aim of the work was to study the effect of the formed polymer coating on the physical and mechanical properties of a textile packaging material.

The aqueous dispersions of styrene-acrylic polymers (Lacritex 309, Lacritex 430, Lacritex 640) were investigated as film-forming substances included in the composition of the polymer composition. As cross-linking agents, mono-, di- and triglycidyl esters were used. The polymer coating was formed on cotton fabric.

It is established that individual styrene-acrylic films of Lacritex 430 and Lacritex 309 have high tensile strength and hardness, and no stickiness. When studying the physico-mechanical properties of

Lacritex 640 films, the most satisfactory results were obtained when it was combined with triglycidyl ester of polyoxypropylenetriol.

The formation of the polymer coating on the textile material was carried out by the method of directly applying these polymer compositions to the textile material, followed by forming the polymer film during the drying process.

To characterize textile materials with a polymer coating, were considered:

- mechanical properties of the material (rigidity for bending);
- physical properties of the material (water resistance and air permeability);
- wear resistance of a polymer coating during abrasion.

Determination of the rigidity for bending of a textile material with a formed polymer coating was performed using a cantilever contactless method in accordance with GOST 10550-93. The air permeability was determined according to GOST 12088-77. The water resistance was determined on a penetrometer under normal climatic conditions in accordance with GOST 3816-81. The hardness of the polymer coating was determined using a Koenig pendulum. The method is based on the principle that the amplitude of oscillations of the pendulum touching the surface of the coating decreases the faster, the softer this surface. In the course of the study, the duration of the pendulum oscillations was determined with a decrease in the amplitude from 6° to 3°.

The characteristics of a textile material with formed polymer coatings are presented in Table 1.

Table 1 – Characteristics of a textile material with a formed polymer coating

Composition	Rigidity, $\mu\text{N}\cdot\text{cm}^2$		Air permeability, $\text{dm}^3/(\text{m}^2\cdot\text{s})$	Water resistance		Wear resistance, cycles
	warp	weft		Pa	mm wg	
Without finishing	280	85,5	277,7	637,8	65	1400
Lacritex 430	360,5	165,7	30,5	8338,5	850	60000
Lacritex 309	1260,7	548,1	19,4	>9810	>1000	70000
Lacritex 640/ triglycidyl ester	356,7	161,5	23,6	7651,8	780	63000

According to the data given in Table. 1, a textile material with a polymer coating in the form of an individual styrene-acrylic film Lacritex 409 has excessive rigidity, low air permeability, high water resistance and wear resistance. Textile materials with individual styrene-acrylic film Lacritex 430 and composition with Lactitex 640/triglycidyl ester are characterized by sufficient elasticity and air permeability, high water resistance and wear resistance.

Conclusions. The analysis of physical and mechanical characteristics of textile materials with coatings based on styrene-acrylic polymers is carried out. It has been found that the use of an individual Lacritex 430 polymer and a composition with a Lacritex 640/triglycidyl ester cross-linking agent provides an elastic, durable and resistance coating. These polymeric compositions can be used as polymer matrices to immobilize additives with different applications on the surface of a textile packaging material.

References

1. Packaging Materials [Text] / SendPoints. - United States: Ginkgo Press, Inc, 2014. – 272 p.
2. Tillet, G. Chemical reactions of polymer crosslinking and post-crosslinking at room and medium temperature [Text] / G. Tille // Progress in Polymer Science. – 2011. – Volume 36. – pp. 191 - 217.
3. Wen, X. Crosslinked polyurethane-epoxy hybrid emulsion with core-shell structure [Text] / X. Wen // Journal of Coatings Technology and Research. – 2010. – Volume 7, Issue 3. – pp. 373–381.
4. Slepchuk I. Research of influence of cross linking agents on characteristics of spatial grid and properties of urethane polymer [Text] / I. Slepchuk, O.Ya. Semeshko, Yu.G. Saribekova, I.N. Kulish, I.V. Gorokhov // Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol. – 2016. – V. 59, N 7. – P. 86-91.

УДК 66.091.2/664.8.038

Asulyuk T.S., PhD,

Semeshko O.Ya., PhD,

Saribyekova Yu.G., Doctor of Technical Sciences, Prof.

Kherson National Technical University (KNTU), Kherson, Ukraine

IMPROVING THE QUALITY OF PACKAGING MATERIALS BASED ON STARCH

At present, there is an increase in consumer interest in biodegradable packaging materials. There are two main directions in the creation of biodegradable packaging materials. One of them involves the use of a mixture of synthetic polymers with biopolymers, and the other involves the manufacture of materials based only on biopolymers. The latter direction is most preferable in the production of materials for food packaging.

Among the biopolymers used the most widely used is starch. Film materials based on starch have a number of advantages, such as low cost, resistance to the action of fats and alcohols.

Packaging materials must have sufficient mechanical strength and elasticity, which is important at the stages of packaging and storage. Since individual starch films have high brittleness, a plasticizer is added to their composition. However, the presence of a plasticizer significantly reduces the mechanical strength of the films and increases the solubility in water, which worsens their performance. In this regard, the search for ways to improve the physical and mechanical properties of starch film materials is a relevant task.

To increase the physical and mechanical characteristics of film materials based on starch is possible by using the composition with other film-forming substances (sodium alginate, pectins), and by introducing non-film-forming components. The latter include fillers (natural silicates, sodium carboxymethylcellulose, zinc and magnesium oxides) and cross-linking agents (polybasic carboxylic acids).

Cross-linking agents are capable of binding starch to a plasticizer by covalent bonds, which increases the mechanical strength of the material and increases the resistance to water.

The purpose of the study was to determine the influence of the chemical structure of the cross-linking agents on the solubility of starch films in water.

To make a polymer film, potato starch and glycerin were used as a plasticizer. Citric acid and succinic acid were used as cross-linking agents. The formed and dried films were heat treated at 120°C. The solubility of the resulting film materials was determined from the change in the mass of the sample as a function of the residence time in water.

The conducted studies have shown that with the same content of citric and succinic acids in the compositions, the swelling of the samples in the case of succinic acid is less pronounced. Since citric acid is a tribasic hydroxy acid, in view of conformational difficulties, it can provide a lower density of cross-linking of starch, in contrast to dibasic succinic acid, which has greater mobility. In addition, succinic acid has a non-selective antimicrobial effect against gram-positive, gram-negative bacteria and yeast-like fungi [1]. This fact can be used to impart biocidal properties to the packaging material.

Conclusions. As a result of the study, it was found that the use of dibasic succinic acid as a cross-linking agent provides a high degree of crosslinking of starch. This will allow producing starch packing materials with high strength and water resistance, having a complex biocidal effect.

References

1. Шишкова Ю.С. Изучение антимикробной активности некоторых двухосновных карбоновых кислот в сочетании с прополисом [Текст] / Ю.С. Шишкова, Е.В. Симонян, О.С. Абрамовских, Ю.В. Шикова, Д.М. Хасанова и др. // Медицинский альманах. – 2014. – № 1 (31). – С. 99-101.

УДК 621.798.18 : 637.14

Шульга О.С., доц., канд. техн. наук

Перепелиця О.П., проф., д-р хім. наук

Національний університет харчових технологій (НУХТ), м. Київ, Україна

ВПЛИВ МОЛОКА ТА СИРОВАТКИ НА ЗМІНУ ТЕРМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЇСТІВНИХ ПЛІВОК ТА ПОКРИТТІВ

Вступ. Під час виготовлення плівок та покриттів способом лиття необхідний розчинник, який далі при висушуванні видаляється. Найбільш поширеними розчинниками для їстівних плівок є вода та етанол.

В літературних джерелах відсутні згадування про ще два можливі розчинники для їстівних плівок – молоко та сироватка. І якщо молоко обмежено у використанні із-за збільшення собівартості виробу, то сироватка є відходами виробництва, що суттєво збільшувати вартість плівки не буде. Крім того, сироватка, на жаль, в Україні не використовується в повній мірі, не зважаючи на значну кількість наукових розробок [1] в цьому напрямку.

У виробництві плівок в більшій мірі використовують білок з сироватки [2-4] як ефективного плівкоутворювача, який також має біологічну цінність. Використовують також ізолят білків сироватки для отримання плівки [5].

Актуальність теми. Їстівні плівки та покриття – це один зі способів заміни синтетичного пакування та шлях збагачення харчових продуктів не термостабільними біологічно активними добавками. З метою підвищення харчової цінності їстівної плівки запропоновано замінити воду на молоко або сироватку. Зміна розчинника плівки призведе до зміни властивостей плівки, зокрема термічних, що необхідно дослідити.

Матеріали і методи. З метою з'ясування впливу розчинника на термічну стійкість плівки використані наступні складові для виготовлення їстівної плівки (покриття) – крохмаль, желатин, карбамід (E927b), лляна олія та в якості розчинника використана вода, молоко і сироватка. Всього було досліджено шість зразків їстівної плівки.

Термогравіметричне дослідження проводилося відповідно до ГОСТ 29127-91 [6] на приладі Q-1500B при швидкості нагрівання 10 °С/хв., маса наважки 0,08 г, матеріал тигля – платина, запис від 20 до 1000 °С.

Результати та обговорення. При нагріванні таких складних за вмістом інгредієнтів спостерігається неперервна втрата маси, починаючи з 20 °С і до 720 °С тільки для зразка з розчинником вода 820 °С. В табл. 1 наведені значення температурних інтервалів досліджуваних зразків.

Таблиця 1 – Зони термолізу їстівних плівок (покриттів) залежно від виду розчинника

Розчинник в плівці	Зони термолізу									
	I		II		III				IV	
	Виділення адсорбованої води		Виділення кристалізаційної води		Термоліз безводних продуктів		Обвуглення			
	Температурний інтервал, °С	$\Delta m, \%$	Температурний інтервал, °С	$\Delta m, \%$	Температурний інтервал, °С	$\Delta m, \%$	Температурний інтервал, °С	$\Delta m, \%$	Температурний інтервал, °С	$\Delta m, \%$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Вода	20-100	5,0	100-160 160-200 ³	6,2 2,0	200-300 300-350	11,2 17,6	350-400 400-420 420-520	10,0 6,2 14,1	520-560 ¹	3,5
									560-700 ¹	14,1
									700-730 ¹	1,2
									730-820 ¹	6,9
									820-900 ²	1,2

Продовження табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Молоко	20-100	2,5	100-170 170-220 ³	6,2 2,5	220-250 250-310 310-380	3,7 4,4 21,4	380-420 420-450 450-570	6,2 8,9 11,5	570-750 ¹ 750-900 ²	26,4 1,2
Сироватка	20-100	3,7	100-200 ³	8,7	200-230 230-300 300-360	3,7 5,0 20,8	360-410 410-430 430-500	7,5 6,2 10,0	500-550 ¹ 550-720 ¹ 720-900 ²	3,7 25,7 2,5

Примітки.

1. Горіння продуктів обвуглення;
2. Термічне розкладання продуктів повного горіння;
3. В цьому інтервалі за нижчих температур виділяється кристалізаційна вода, а при вищих в області близьких до 200 °C відбувається термоліз.

Адсорбована вода випаровується до 100 °C і на її частку припадає 2,5-5,0 % втрати маси. Вище 100 °C і до 130-150 °C відбувається відщеплення кристалізаційної води, в області 150-170 °C – 200-220 °C процес втрати маси пояснюється відокремленням продуктів термічного розкладання складових плівки. При цьому ці інтервали для окремих зразків не розділяються. Вище 200-220 °C всі зразки зазнають глибокого розкладу, а при 360-500 °C відбувається горіння, проте не повне, оскільки зразок обвуглюється. Після 500-520 °C і до 720-840 °C обвуглені продукти горять, що підтверджують ДТА, ДТГ та ТГ. Після 720-840 °C втрата маси зразків досить мала – 1,2-2,5 % і викликана термічним розкладом продуктів горіння, що мають неорганічну природу.

Висновки. Заміна у складі плівки води на молоко або сироватку призводить до ускладнення її структури і, як наслідок, збільшується кількість температурних інтервалів, що пояснюється взаємодією складових плівки. Наведена взаємодія є передбачуваною оскільки в молоці та сироватці містяться амінокислоти, які можуть реагувати між собою утворюючи меланіни, також реагувати з простими вуглеводами, що утворюються з крохмалю при виготовленні плівки. Дане припущення потребує подальших досліджень за допомогою ІЧ-спектроскопії. Взаємодія складових буде впливати і на інші характеристики плівки – фізико-механічні, ймовірно, збільшуватиметься зусилля при розриві, проте це потребує подальшого дослідження.

Література

1. Ramos O. L. et al. Whey and whey powders: production and uses // Encyclopedia of Food and Health. – 2016. – С. 498-505.
2. Onwulata C., Huth P. (ed.). Whey processing, functionality and health benefits. – John Wiley & Sons, 2009. – Т. 82. – 400 p.
3. Gennadios A. (ed.). Protein-based films and coatings. – CRC Press, 2002. – 639 p.
4. Ramos Ó. L. S. Development and characterization of bioactive, edible whey protein films and coatings to improve quality and safety of food products. – 2011. – 312 p.
5. Gounga M. E., XU S. H. I. Y., Wang Z. Film forming mechanism and mechanical and thermal properties of whey protein isolate - based edible films as affected by protein concentration, glycerol ratio and pullulan content // Journal of food biochemistry. – 2010. – Т. 34. – №. 3. – С. 501-519.
6. ГОСТ 29127-91. Пластмассы. Термогравиметрический анализ полимеров. Метод сканирования по температуре. – [Введ. 01.01.93]. – М. : ИПК издательство стандартов, 2004. – 8 с.

УДК 655.3.026.25

Гриценко О.О., Гриценко Д.С., к.т.н.

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Видавничо-поліграфічний інститут (КПІ ім. Ігоря Сікорського, ВПІ), м. Київ, Україна

ВИГОТОВЛЕННЯ НАНОФОТОННИХ МАРКУВАНЬ ДЛЯ РОЗУМНИХ ПАКОВАНЬ ТРАФАРЕТНИМ СПОСОБОМ ДРУКУ НА ПОЛІМЕРНИХ МАТЕРІАЛАХ З ВИКОРИСТАННЯМ НАНОЧАСТИНОК СРІБЛА

Вступ. Розумні пакування дозволяють спостерігати за станом запакованого продукту і визначати його придатність до споживання на основі актуального аналізу. Стан запакованого продукту може значно варіювати залежно від умов зберігання, і термін придатності не є гарантією якості і безпечності споживання запакованого продукту. Тому перспективними є засоби відстеження змін у складі продукту та повідомлення про ці зміни споживача.

Актуальність. Використання друкарських методів дозволяє виготовляти маркування для розумних пакувань досить швидко, економічно ефективно та великими обсягами. Наночастинки срібла є безпечними для здоров'я людини, тому можуть бути використані у контакті з харчовими продуктами. Крім того, наночастинки срібла мають здатність змінювати інтенсивність люмінесценції під дією речовин, які утворюються в процесі псування харчових продуктів. Тому їх доцільно використовувати у складі фарби для виготовлення маркувань розумних пакувань. Існують дослідження, присвячені виготовленню активних та захисних маркувань пакувань на паперових матеріалах [1]. В літературі відсутні дані при друк такими фарбовими композиціями на полімерних матеріалах, які широко використовуються у пакувальній індустрії. Для одержання якісних відбитків необхідно узгодити склад фарби, властивості задруковуваного матеріалу, а також параметри технологічного процесу.

Основна частина. Метою дослідження є визначення впливу параметрів технологічного процесу нанесення трафаретним способом друку фарбових композицій з наночастинками срібла (Ag) на полімерні матеріали розумних пакувань на люмінесцентні характеристики одержуваних друкованих міток.

Для виготовлення трафаретним способом друку зразків у суцільних друкованих зображень розмірами 4×4 см, було використано фарби з наночастинками срібла у вигляді на основі полівінілпіролідону (ПВП), який є безпечною харчовою добавкою; поліпропіленову плівку з матовою та глянцевою поверхнею; ручний трафаретний верстат. Для фіксації спектрів люмінесценції друкованих зразків було використано флуоресцентний спектрометр Perkin Elmer LS 55.

Було здійснено нанесення трафаретним друком розроблених фарбових композицій на:

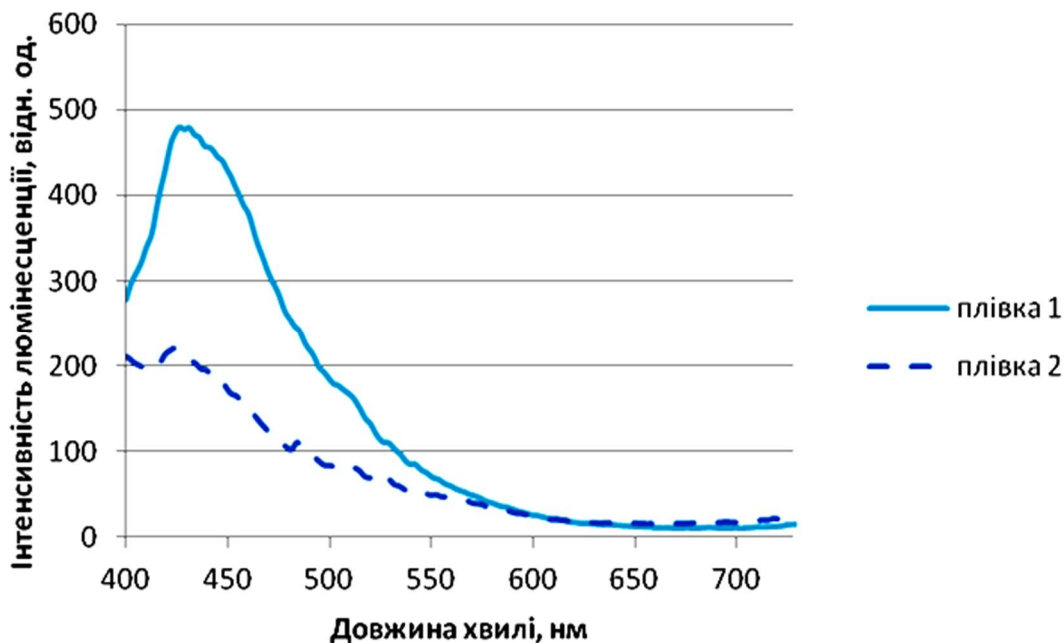
- 1) 2 види поліпропіленової плівки: глянцеvu і матову;
- 2) у 1, 2, 3 і 4 шари для варіювання товщини фарбового шару на відбитку;
- 3) з вмістом люмінесцентної складової (наночастинок Ag) 80%.

Кожен наступний шар наносився після повного висихання попереднього шару.

Було обрано 2 типи поліпропіленової плівки, які мають однаковий ряд товщин, але різні за оптичними властивостями і шорсткістю поверхні. На рис. 1 наведено спектри люмінесценції обраних поліпропіленових плівок. З рис. 1 видно, що плівки мають власну люмінесценцію в короткохвильовій зоні спектру, причому інтенсивність люмінесценції глянцевої плівки вища, ніж інтенсивність люмінесценції матової плівки.

Товщина фарбових шарів була розрахована ваговим методом і складала: для 1 шару – 5 ± 1 мкм, для 2 шарів 12 ± 1 мкм, для 3 шарів 18 ± 2 мкм, для 4 шарів 24 ± 2 мкм.

На рис. 2 наведені спектри люмінесценції нанесених трафаретним друком фарбових композицій на полімерні плівки за різної товщини фарбового шару на відбитку.



**Рисунок 1 - Спектри люмінесценції поліпропіленових плівок:
1 – глянцева, 2 – матова. $\lambda_{збудж}=330$ нм**

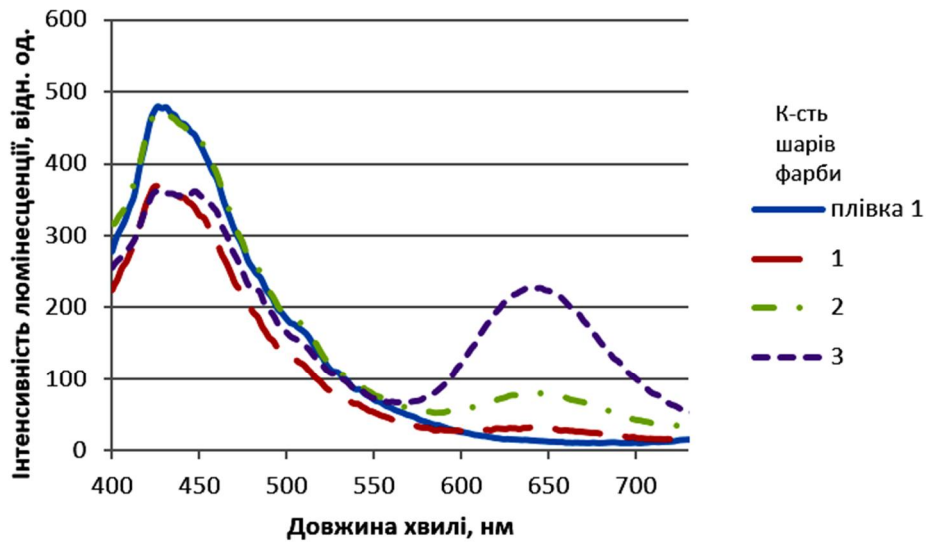
Як видно з рис. 2, використання матової полімерної плівки (плівка 2) дозволяє одержувати зображення з меншою інтенсивністю люмінесценції порівняно із зображеннями на гляцевій полімерній плівці (плівка 1), проте із можливістю більш широкого варіювання кольором люмінесценції від синього до зеленого, оскільки пік люмінесценції при $\lambda=650$ нм у випадку матової полімерної плівки (рис. 12, б) може перевищувати пік при $\lambda=430$ нм за товщини фарбового шару на відбитку більше 24 мкм. Натомість, на гляцевій полімерній плівці (плівка 1) можна одержати лише сині відтінки кольору люмінесценції, оскільки пік люмінесценції при $\lambda=650$ нм не досягає піку при $\lambda=430$ нм за товщини фарбового шару до 24 мкм включно.

Для вивчення впливу задрукуваного матеріалу на люмінесценцію відбитків, було розраховано спектри власної люмінесценції фарбових композицій з наночастинками карбону на полімерних плівках, одержані шляхом віднімання інтенсивностей люмінесценції задрукованих ділянок від інтенсивностей люмінесценції відповідного матеріалу в незадрукованих ділянках. Було виявлено, що на гляцевій плівці 1 інтенсивність власної люмінесценції відбитків незначно вища (на 15%) порівняно з матовою плівкою 2. Це може бути пояснене тим, що інтенсивність люмінесценції глянцевої плівки більше, ніж у матової, відповідно у випадку глянцевої плівки явище поглинання відбитком люмінесценції плівки у короткохвильовій зоні ($\lambda=400-450$ нм), згідно із спектром поглинання на рис. 1, із подальшим випромінюванням відбитку у довгохвильовій зоні ($\lambda=650$ нм) є більш вираженим у глянцевої плівки 1, ніж у матової плівки 2.

На рис. 3 наведено залежність інтенсивності люмінесценції друкованих зразків у довгохвильовій зоні на паперових і плівкових матеріалах від товщини фарбового шару на відбитку.

Як видно з рис. 3, порівнюючи інтенсивності люмінесценції в довгохвильовій зоні відбитків, одержаних на високолюмінесцентних матеріалах (папір 1, папір 2, плівка 1, плівка 2), можна побачити, що при збільшенні товщини шару фарби на відбитку, загалом характер зростання інтенсивності люмінесценції відбитків при $\lambda=650$ нм є подібним, проте на плівках

а)



б)

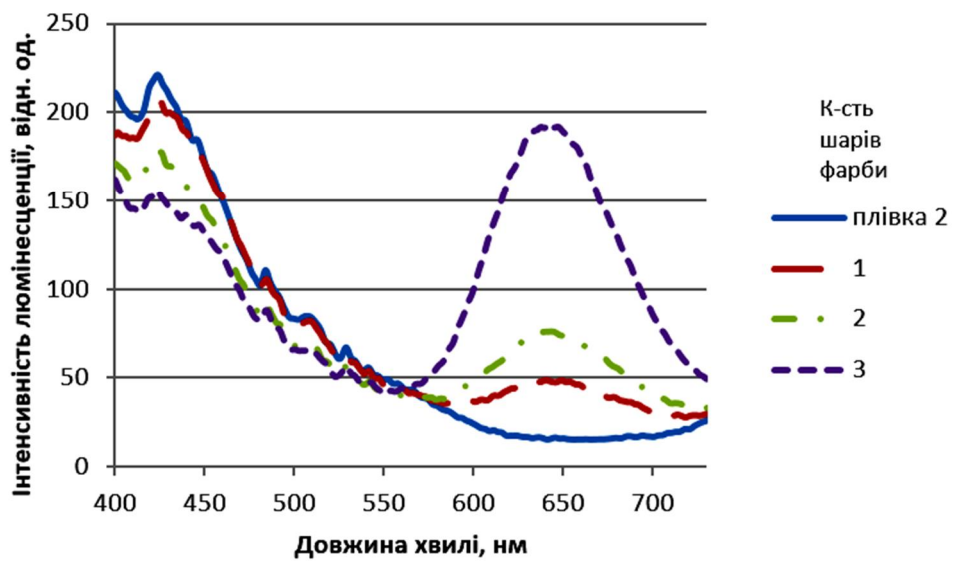


Рисунок 2 – Спектри люмінесценції нанесених трафаретним друком фарбових композицій на полімерні плівки (а – плівка 1, б – плівка 2) за різної товщини фарбового шару на відбитку (кількість шарів фарби вказано на легенді рисунку). $\lambda_{\text{збудж}}=330$ нм

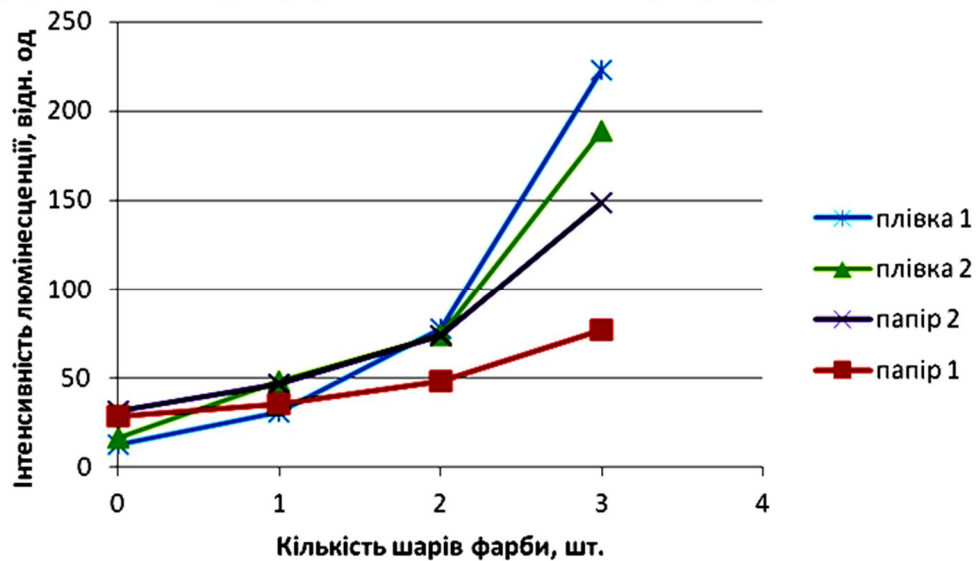


Рисунок 3 – Залежність інтенсивності люмінесценції друкованих зразків при довжині хвилі $\lambda=650$ нм на паперових і плівкових матеріалах, від кількості шарів фарби на відбитку

таке зростання відбувається більш стрімко, ніж на викосолюмінесцентних паперах. Це явище, вірогідно, відбувається завдяки поглинанню відбитком люмінесценції задрукованих матеріалів і враховуючи те, що поліпропіленові плівки мають смугу люмінесценції, більш зміщену в короткохвильову зону відносно смуги люмінесценції паперу, тобто ближче до максимуму поглинання розчину наночастинок Ag.

Висновки. Було виявлено вплив технологічних факторів трафаретного способу друку на люмінесцентні характеристики друкованих зображень-індикаторів для розумних пакувань, виготовлених фарбами з наночастинками срібла. Було встановлено, що для люмінесцентних відбитків трафаретного друку, виготовлених з використанням розроблених фарбових композицій на поліпропіленових плівках притаманні наступні закономірності:

1. Використання матової поліпропіленової плівки дозволяє одержувати зображення з меншою інтенсивністю люмінесценції порівняно із зображеннями на глянцевої поліпропіленовій плівці, проте із можливістю більш широкого варіювання кольором люмінесценції від синього до зеленого і жовто-зеленого.

2. На глянцевої поліпропіленовій плівці, за однакових усіх інших факторів, інтенсивність власної люмінесценції відбитків незначно вища (на 15%) порівняно з матовою поліпропіленовою плівкою.

3. Збільшення товщини шару фарби на відбитку призводить до поступового зменшення величини піку люмінесценції при $\lambda=425$ нм, характерного для поліпропіленової плівки, і збільшення величини піку люмінесценції при $\lambda=650$ нм, характерного для фарбової композиції, що дозволяє варіювати колір люмінесценції відбитків шляхом встановлення необхідного співвідношення піків.

4. При збільшенні товщини шару фарби на відбитку, загалом характер зростання інтенсивності люмінесценції відбитків при $\lambda=650$ нм є подібним, проте на поліпропіленових плівках таке зростання відбувається більш стрімко, ніж на викосолюмінесцентних паперах.

Література

1. Hrytsenko O. The influence of parameters of ink jet printing on photoluminescence properties of nanophotonic labels based on Ag nanoparticles for smart packaging / O. Hrytsenko, D. Hrytsenko, V. Shvalagin, G. Grodziuk, N. Andriushyna // Journal of Nanomaterials. – 2017.– Vol. 2017.–P.1–9.

УДК 621.798.

Чорна А.І., асистент

Національний університет харчових технологій (НУХТ), м. Київ, Україна

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ СКЛАДУ ПОКРИТТЯ НА СВІЖІСТЬ ХЛІБОБУЛОЧНИХ ВИРОБІВ

Вступ. Свіжість хлібобулочних виробів є пріоритетною споживною властивістю, що впливає на вибір під час його купівлі. Одним зі способів запобігання випаровуванню вологи через скоринку хлібобулочних виробів є створення бар'єру, що утворюється тонкою плівкою істивного покриття.

З розвитком ринку товарів у постійній динаміці знаходиться і супутній ринок – ринок упаковки. Проблема її утилізації є однією з найбільш актуальних екологічних проблем. Розвиток пакувальної галузі нині залежить від запасу світових нафтових ресурсів. Екологи усього світу виступають за заміну сировинної бази виробництва цих матеріалів на натуральні, зокрема, рослинні компоненти [1].

Актуальність. Актуальним є створення покриттів, які формуються на харчових продуктах у вигляді оболонки та плівок, видаляти які перед вживанням продукту немає необхідності. Перевагами такого виду пакування є використання екологічно безпечних речовин на основі природної сировини, що легко відновлюється, серед якої найбільш перспективною є крохмаль та його модифікації.

Основна частина. Попередні експериментальні дослідження показали, що свіжість хлібобулочних виробів є функцією таких 3-х основних параметрів:

$$W = f(C_k, C_{ж}, C_z), \quad (1)$$

де C_k – концентрація крохмалю, %;

$C_{ж}$ – концентрація желатину, %;

C_z – концентрація гліцерину, %.

Дослідження впливу перерахованих вище факторів на свіжість хлібобулочних виробів під час проведення однофакторних експериментів пов'язано із значними труднощами і об'ємами робіт. Тому, на наш погляд, доцільно провести багатофакторний експеримент для отримання рівняння регресії для функції відгуку – свіжість хлібобулочних виробів за допомогою планування багатофакторного експерименту виду 2^3 методом Бокса-Уілсона [2].

Для функції відгуку – свіжість хлібобулочних виробів рівняння регресії, згідно проведеного багатофакторного експерименту для кодovаних значень, має вигляд:

$$y = 64,85 - 1,225 x_1 + 8,744 x_2 - 1,213 x_3 - 0,8625 x_1 x_2 + \\ + 1,463 x_1 x_3 + 0,1375 x_2 x_3 - 3,807 x_1^2 - 4,76 x_2^2 - 2,288 x_3^2 \quad (2)$$

За критерієм Стюдента виявились значимими усі фактори, ефект взаємодії 1-го порядку $x_1 x_3$ та квадратичні ефекти. Після відкидання факторів із незначимими коефіцієнтами регресії (-1,61325; 0,257185) рівняння регресії для функції відгуку – свіжість хлібобулочних виробів в кодovаних значеннях виглядає таким чином:

$$y = 64,85 - 1,225 x_1 + 8,744 x_2 - 1,213 x_3 + 1,463 x_1 x_3 - 3,807 x_1^2 - 4,76 x_2^2 - 2,288 x_3^2 \quad (3)$$

Для дійсних значень факторів рівняння регресії для функції відгуку – свіжість хлібобулочних виробів має вигляд:

$$W = 1,141 C_k + 13,7 C_{ж} + 89,26 C_z + 1,224 C_k C_z - 0,2361 C_k^2 - 0,5381 C_{ж}^2 - 25,86 C_z^2 - 107 \quad (4)$$

При цьому $S_{відм}^2 = 2,29$; $S_{ад}^2 = 10,3$; $F = 4,502 < [F] = 4,542$.

Отже, за критерієм Фішера гіпотезу про адекватність регресійної моделі можна вважати правильною з 95%-ю достовірністю. Коефіцієнт кореляції склав $R=0,9749$, що свідчить про високу точність одержаних результатів.

За критерієм Стюдента найбільшою мірою на свіжість хлібобулочних виробів впливає концентрація желатину, а найменшою – концентрація гліцерину.

Отримане рівняння регресії (3) дозволяє провести оптимізацію складу покриття з максимальними значеннями функції відгуку – свіжість хлібобулочних виробів.

Як критерій оптимізації складу покриття обрано свіжість хлібобулочних виробів. Експерименти показали, що свіжість хлібобулочних виробів залежить від таких параметрів: концентрація крохмалю, желатину та гліцерину.

За допомогою пакету прикладних програм MathCAD проведено оптимізацію функції відгуку – свіжість хлібобулочних виробів шляхом її максимізації.

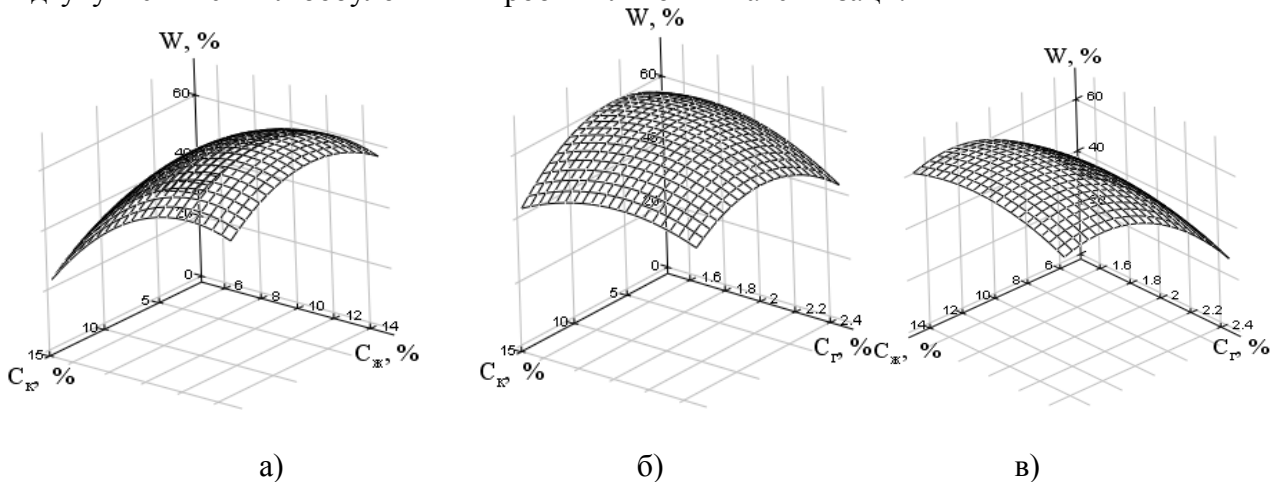


Рисунок 1 – Поверхні відгуків цільової функції – свіжість хлібобулочних виробів та їх двовірні перерізи в площинах параметрів впливу:

а) $C_k - C_{ж}$; б) $C_k - C_г$; в) $C_{ж} - C_г$

На рис. 1 показано поверхні відгуків цільової функції – свіжість хлібобулочних виробів та їх двовірні перерізи в площинах параметрів впливу, які дозволяють наглядно проілюструвати залежність даної цільової функції від окремих параметрів впливу.

Висновки

Методом планування багатofакторного експерименту отримано квадратичне рівняння регресії, яке дозволяє адекватно описати залежність такої цільової функції, як свіжість хлібобулочних виробів, за такими параметрами, як концентрація крохмалю, желатину та гліцерину і може бути використане для математичного моделювання складу покриття.

Побудовано поверхні відгуків цільової функції – свіжість хлібобулочних виробів та їх двовірні перерізи в площинах параметрів впливу, які дозволяють наглядно проілюструвати залежність даної цільової функції від окремих параметрів впливу.

Отже, проведено параметричну оптимізацію цільової функції – свіжість хлібобулочних виробів, яка дозволила отримати оптимальні значення складу покриття. При цьому найбільша свіжість хлібобулочних виробів 69,17 % від початкової забезпечується за таких концентрацій складових покриття: крохмалю – 7,3 %; желатину – 12,7 %; гліцерину – 1,9 %; решта вода (78,1 %).

Література

1. Пучкова Л.И. Технология хлеба /Технология хлеба, кондитерских и макаронных изделий / Л.И. Пучкова, Р.Д. Поландова, И.В. Матвеева. – С. – Пб.: ГИОРД, 2005. – Ч.1. – 559 с.
2. Березюк О. В. Планування багатofакторного експерименту для дослідження вібраційного гідроприводу ущільнення твердих побутових відходів / О. В. Березюк // Вібрації в техніці та технологіях. – 2009. – № 3 (55). – С. 92-97.

УДК 678.027.3+678.057.3

Мікульонок І.О., д.т.н.,

Бардашевський С.В., студент

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» (КПІ ім. Ігоря Сікорського), м. Київ, Україна

ЗНИЖЕННЯ ЕНЕРГОЄМНОСТІ ЕКСТРУЗІЙНОГО МЕТОДУ ПІДГОТОВКИ РОЗПЛАВУ ПОЛІМЕРУ У ВИРОБНИЦТВІ ПАКУВАЛЬНИХ ПЛІВОК

Вступ. Одним з найбільш універсальних методів переробки полімерів і пластмас у виробі є екструзія. Традиційними стали такі види екструзійних виробів як рукавні й плоскі полімерні плівки, труби й шланги, профільні, листові й рулонні матеріали. [1]

Актуальність. Найбільш поширеним видом продукції, одержуваної методом екструзії, є полімерні плівки. При цьому екструзія полімерних матеріалів є достатньо енергоємним процесом, тому підвищення її ефективності є актуальним завданням.

Основна частина. Однією з особливостей роботи одночерв'ячних екструдерів для перероблення високомолекулярних сполук є інтенсивне охолодження зони завантаження для запобігання передчасному плавленню перероблюваного матеріалу та зазвичай нагрівання наступних зон екструдера – плавлення та гомогенізації. При цьому традиційно зону завантаження приєднують до циліндра екструдера за допомогою сталевих фланцевих з'єднань. Внаслідок високої теплопровідності фланців відбувається інтенсивний теплообмін між холодною зоною завантаження й наступною теплою зоною плавлення, що негативно впливає як на процес підготовки розплаву, так і на енергоємність процесу екструзії в цілому.

Авторами запропоновано конструкцію одночерв'ячного екструдера, у якому його нове конструктивне виконання істотно знижує енергоємність підготовки розплаву полімеру. У цьому екструдері між послідовно з'єднаними між собою за допомогою сталевих фланцевих з'єднань завантажувальною лійкою й корпусом встановлено перехідник, виготовлений з матеріалу з коефіцієнтом теплопровідності, нижчим за коефіцієнт теплопровідності матеріалу завантажувальної лійки й корпусу.

Перехідник може бути виготовлено зі склотекстоліту, коефіцієнт теплопровідності якого становить 0,19...0,39 Вт/(м·К) і який характеризується високими механічними властивостями. При цьому коефіцієнт теплопровідності більшості конструкційних сталей на два порядки вище, а саме 16...35 Вт/(м·К).

Під час проходження перероблюваним полімером каналу завантажувальної лійки полімер інтенсивно охолоджується рідким холодоагентом, а каналу корпусу – нагрівається внаслідок теплоти дисипації та роботи встановлених на корпусі електронагрівників. При цьому перехідник забезпечує надійну теплову ізоляцію завантажувальної лійки від корпусу.

Як показали проведені розрахунки, таке рішення істотно знижує теплообмін між завантажувальною лійкою й корпусом, а отже і енергоємність процесу екструзії в цілому [2]

Використання запропонованої корисної моделі забезпечує стабільний температурний режим роботи екструдера, що сприяє одержанню продукції високої якості.

Висновки. Розроблено енергоефективну конструкцію одночерв'ячного екструдера, захищену патентом України на корисну модель.

Пропоноване технічне рішення забезпечує зниження небажаного теплообміну між завантажувальною лійкою й корпусом екструдера на 25–30 %, що сприяє більш якійсній підготовці розплаву полімеру, а отже й одержанню з нього екструдованих пакувальних плівок.

Література

1. Мікульонок, І.О. Технологічні основи перероблення полімерів, пластмас і гумових сумішей: навч. посіб. / І.О. Мікульонок. – Київ : НТУУ «КПІ», 2015. – 312 с.
2. Пат. 116277 У Україна, МПК(2006/01) B29C 47/36. Одночерв'ячний екструдер / І. О. Мікульонок, С. В. Бардашевський, В. Ю. Горпинюк ; заявник і патентовласник – вони же. — № u201612690; заявл. 13.12.16 ; опубл. 10.05.17, Бюл. № 9.

УДК 579.67, 637.522

Копилова К.В., д.с.-г.н., Вербицький С.Б., к.т.н., Черняк О.В.

Інститут продовольчих ресурсів (ІПР) НААН, м. Київ, Україна

ВИКОРИСТАННЯ БАКТЕРІАЛЬНОЇ ЦЕЛЮЛОЗИ, ЯК СИРОВИНИ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ОБОЛОНОК КОВБАСНИХ ВИРОБІВ

Різноманітні ковбасні вироби традиційно користуються сталим попитом серед вітчизняних споживачів і становлять значну частку продукції м'ясної промисловості. Поряд з оболонками з натуральної кишкової сировини та колагенових матеріалів, для виготовлення оболонок ковбас, сосисок і сарделенок широко використовують полімерні плівкові матеріали. Зазначені полімерні оболонки відрізняються відмінними технологічними властивостями, проте не розкладаються за природних умов, посилюючи антропогенне навантаження на довкілля. Захист і охорона навколишнього середовища стає актуальною тенденцією в усьому світі, і, в цьому сенсі, важливим є щонайповніша заміна небіорозкладних матеріалів такими, які б були належним чином технологічними, проте щадними щодо довкілля. Це у повній мірі стосується створення нових пакувальних матеріалів, зокрема ковбасних оболонок, і має забезпечити зменшення навантаження на навколишнє середовище [1].

Крім зазначених вище біорозкладних матеріалів для виготовлення ковбасних оболонок, у сучасному м'ясному виробництві використовують також оболонки з целюлози, що є поширеним, недорогим і доступним вуглеводним полімером, продукованим з рослинної сировини. Водночас, відокремлення целюлози від геміцелюлози та лігніну з метою одержання чистого продукту вимагає залучення радикальних методів хімічної обробки із застосуванням лугів і кислот. До того ж, зростання попиту на целюлозу призводить до інтенсивного використання лісових ресурсів і, відповідно, погіршення екологічного стану довкілля. У зазначеному сенсі, перспективним напрямком є використання бактеріальної целюлози, яку продукують різні мікроорганізми. Завдяки тому, що бактеріальна целюлоза складається з мономера глюкози, вона має особливі властивості: значну вологоутримувальну здатність, високий ступінь полімеризації, відмінну механічну міцність, високу кристалічність тощо. Зазначене зумовлює широкі перспективи використання цього матеріалу в медичній, електронній і харчовій промисловості [2, 3]. Вважають, що бактеріальна целюлоза є універсальним матеріалом майбутнього, оскільки значно перевершує за корисними властивостями свій аналог рослинного походження завдяки високій чистоті, наноструктурі, високому ступеню полімеризації і кристалічності. Це хімічно чистий не токсичний полімер, який не містить лігніну, смол, жирів, геміцелюлоз і піддається біорозкладенню [4, 5].

І целюлоза рослинного, і целюлоза бактеріального походження, є біорозкладними полімерами, які можуть використовуватися для виготовлення напівпроникних оболонок. Бактеріальна целюлоза може бути виготовлена з відходів переробки сільськогосподарської сировини, які містять велику кількість цукрів. До такої сировини, зокрема, належать шкiрки фруктів і багаса – вторинний матеріал переробки цукрової тростини, який складається з її волокнистої частини цукрової тростини після вилучення соку [6].

Колумбійські науковці проводили експериментальні виробки їстівних ковбасних оболонок з бактеріальної целюлози, використовуючи як поживне середовище шкiрки ананасів, які інокулювали бактеріями *Gluconacetobacter* [6]. Нарощування целюлозної маси на покритих силіконом трубках з полівінілхлориду тривало впродовж 15 діб. Виконаний аналіз хімічного складу оболонок показав (табл. 1), що вони складається з вуглеводів, пов'язаних з целюлозою і, можливо, з цукрами залишків живильного середовища. До складу оболонок входить 54,60 % засвоюваних волокон і 30 % не засвоюваних.

Таблиця 1 - Хімічний склад оболонок з бактеріальної целюлози [6]

Вологість, %	Зола, %	Білок, %	Вуглеводи, %	Поживна цінність, ккал/г
6,00	3,8	0,76	95,38	3,8

Автори [6] за результатами проведених досліджень дійшли висновку, що ковбасні оболонки з бактеріальної целюлози мають достатню термостійкість та більшу, порівняно з колагеновими оболонками, проникність. Водночас, кінцевому продукту були властиві два недоліки: недостатня адгезія між оболонкою і вмістом, а також неприємна схожість целюлозної оболонки з папером при дегустації ковбас.

Оцінювання властивостей ковбас в оболонці з комбінованого матеріалу, до складу якого входили бактеріальна целюлоза та полілізін, зокрема мікробної стійкості готового продукту, показало [3], що виразна антимікробна активність була властива йому навіть після автоклавування за температури 121 °С впродовж 30 хв., а проникність оболонок для повітря була набагато нижчою, ніж проникність оболонок з поліетилену та полівінілового спирту. Міцність матеріалу на розтяг складала 51,8 МПа.

Сировинні ресурси для виготовлення бактеріальної целюлози аж ніяк не обмежуються екзотичними у наших умовах відходами переробки ананасів чи багасою. Автори [7] зазначають, що необхідне живильне середовище для синтезу бактеріальної целюлози повинне мати достатній вміст глюкози та інших поживних речовин. Доступними для вітчизняної практики поживними середовищами є такі відходи харчової промисловості, як післяспиртова барда, молочна сироватка [7], м'яса [4] та ін. У [8] доведено можливість використання в якості поживних середовищ також виноградної шкірки, під-сирної сироватки та кислотного гідролізату соломи пшениці, у [7] – лігноцелюлозного матеріалу плодів оболонок вівсу.

Висновки. Сучасною тенденцією є щонайповніша заміна небіорозкладних полімерних пакувальних матеріалів шадними щодо довкілля біорозкладними. Це у повній мірі стосується ковбасних оболонок. Целюлоза є відомим матеріалом для їхнього виготовлення, проте її отримання з рослинної сировини вимагає застосування складних технологій та шкідливих реактивів. Тому перевагу слід віддавати використанню бактеріальної целюлози, яка відрізняється високою вологоутримувальною здатністю, високим ступенем полімеризації, механічною міцністю та іншими важливими для виготовлення ковбасних оболонок властивостями. Дослідження ковбас, для наповнення яких використовували оболонки з бактеріальної целюлози, показали належні фізико-хімічні та міцнісні властивості готового продукту, а також виразу стійкості до мікробного забруднення. Водночас, є певні проблеми з органолептичними властивостями їстівних бактеріальних оболонок, які нагадують папір. Сировиною для виготовлення бактеріальної целюлози, зокрема ковбасних оболонок із зазначеного матеріалу, можуть бути відходи переробки плодів, винограду та іншої рослинної сировини.

Отже, використання бактеріальної целюлози для виготовлення ковбасних оболонок є можливим і доцільним, проте необхідно виконати низку досліджень з метою розроблення технології мікробного синтезу цих матеріалів, а також напрацювання рекомендацій щодо практичного застосування бактеріальних оболонок у ковбасному виробництві.

Література

1. Rainer, J. Production and application of microbial cellulose / J. Rainer, J., L.F. Farah // *Polymer Degradation and Stability*. – 1998. – V. 59, P. 101-106.
2. Esa F. Overview of bacterial cellulose production and application / F.Esa, S.M.Tasirin, N.A. Rahman // *Agriculture and Agricultural Science Procedia*. – 2014. – V. 2. – P. 113-119.
3. Zhu H. Characterization of bacteriostatic sausage casing: A composite of bacterial cellulose embedded with ϵ -polylysine / H.Zhu, S.Jia, H.Yang, W. Tang, Y. Jia, Z. Tan // *Food Science and Biotechnology*. - 2010. – V. 19. – № 6. – P. 1479-1484.
4. Сапунова Н.Б. Получение бактериальной целлюлозы на среде с мелассой / Н.Б. Сапунова, А.О. Богатырева, М.В. Щанкин, Е.В. Лияськина, В.В. Ревин // *Вестник Казанского технологического университета*. – 2016. – Т.19 – № 24. – С. 154-156.
5. Ревин В.В. Получение бактериальной целлюлозы и нанокмпозиционных материалов / В.В. Ревин, Е.В. Лияськин а, Н.А. Пестов. Издательство Мордовского университета, Саранск, 2014., 128 с.
6. Álvarez, C. Elaboración de una funda para chorizo a partir de celulosa bacterial / C. Álvarez, D.P. Gallego, C. Córdoba, C. Castro // *Bioresource technology*, DOI: 10.1016/j.biortech.2011.04.077.
7. Гладышева, Е.К. Особенности структурных характеристик бактериальной целлюлозы, ферментированной на ферментативном гидролизате лигноцеллюлозного материала плодів оболонок овса / Е.К. Гладышева, Е.А. Скиба, Л.А. Алешина // *Ползуновский вестник*. – 2016. – Т. 1. – №. 4. – С. 152-156.
8. Carreira, P. Utilization of residues from agro–forest industries in the production of high value bacterial cellulose / P. Carreira, J.A.S. Mendes, E. Trovatti, L.S. Serafim, C.S.R. Freire, A.J.D. Silvestre // *Bioresource technology*. – 2011. – № 102. – P. 7354–7360.

УДК 678.073.002.68

Бухкало С.І., канд. техн. наук, професор

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут» (НТУ «ХПІ»), м. Харків, Україна

ОСОБЛИВОСТІ ПРОЦЕСІВ УТИЛІЗАЦІЇ ПОЛІОЛЕФІНОВОГО ПАКУВАННЯ ТА ТАРИ

Вступ. Основна мета розробки фундаментальних методів утилізації полімерної частки ТПВ (зокрема пакування та тари з поліолефінів), що зібрана за схемою попередньої ідентифікації-класифікації споживачами – це наукове обґрунтування вибору технологій комплексних інноваційних проектів для забезпечення мінімуму або повної відсутності викидів у навколишнє середовище, а також виробництво максимуму цільових кінцевих продуктів та сировини. Найбільш повно ці завдання можуть бути досягнуті при використанні системи попереднього сортування, ідентифікації-класифікації та роздільної утилізації-переробки різновидів відходів, зокрема, плівкового поліолефінового пакування та тари (ПОПТ) за допомогою сучасних технологій. В комплексне попереднє дослідження з метою проведення процесів ресурсо- та енергозаощадження утилізації-переробки або утилізації-модифікації поліолефінової частки полімерних відходів різного походження після закінчення терміну їх споживання як складової частини ТПВ, необхідно включати їх фізико-хімічний і фізико-механічний аналіз, а також технологічні (наприклад, розрив розплаву, наявність і кількість геліфракції, киснеутримуючих та ненасичених груп і т.і.), технічні, екологічні та соціальні складові з урахуванням особливостей енергоефективної роботи обладнання та комфортного проживання населення.

Актуальність. Попит на всі види пакування у світі подовжує тенденцію до збільшення – протягом декількох останніх років локалізація виробництва в основних сегментах досягла майже 100%, що потребує визначення факторів росту на перспективу. Але, в той же час виробник асортименту продукції з полімерних матеріалів не причетний до її будь-якої переробки або утилізації-модифікації після закінчення строку споживання, що має великий ряд негативних екологічно-небезпечних наслідків для населення України, наприклад: 1) більш ніж 6000 легальних сміттєзвалищ (26 % з них вже мають перенавантаження за об'ємами) та 33000 нелегальних сміттєзвалищ, що складає 2–7 % території країни; 2) у 2015 році кількість сміття складала 12 млн. т на рік, а середній українець відніс до сміттевого баку 268 кг побутового сміття; 3) кількість сміття на звалищах оцінюють більше ніж 12,5 млрд. т [1] і т.і.

Основна частина з аналізу ситуації. Важливо відзначити, що ринок ППТ має значну частку поліпропілену (ПП, рис. 1), який у 2016 р. подовжив зростання, також позитивну динаміку показав і ринок поліетилену низької щільності (ПЕНЩ). Доля сегмента упаковки в загальному обсязі споживання ПП становила 46% (рис. 1), ПЕНЩ – 71% (рис. 2) [2].

Провідні позиції у світі (рис. 1 та рис. 2) представлені за динамікою розвитку ринку (перший стовпчик, %) та зростання споживання ПП і ПЕНЩ на душу населення (другий стовпчик, кг/1 людину). Таким чином, у світі залишається досить високий потенціал для зростання споживання даних видів полімерів і його необхідно використовувати. Новою тенденцією у вимогах до полімерної сировини для виробників пакування та тари 2016 р. є поява спеціальних вимог у визначенні властивостей полімерних матеріалів для пакування, наприклад, для ПП і ПЕНЩ: вони доповнені підвищенням до щільності і показника текучості розплаву (ПТР). Така тенденція, наприклад, дозволяє покращити фізико-механічні характеристики плівки, а також розширити області застосування та асортименту продукції із спеціальними властивостями з урахуванням потреб споживачів кінцевого продукту.

Потенціал розвитку ринку полімерного пакування та тари практично всі виробники сьогодення бачать у створенні спеціальних рішень спільно з переробниками та кінцевими споживачами. Розробка нових рішень не тільки разом з переробником, але й з кінцевим споживачем – це інноваційна складова науко-обґрунтованого менеджменту комплексних проектів виробництва тари та пакування. Інноваційна робота над індивідуальними рішеннями має багато напрямків переробки полімерної сировини, наприклад, випускати плівки багатошарові ламіновані підвищеної якості з особливою класифікацією для споживання у різних

галузях промисловості; вводити добавки для попередження розриву розплаву та зменшують кількість гельфракції для поліетилену, що знижує час простоїв обладнання і створює конкурентну перевагу – дає можливість виходу на нові ринки. В тому числі слід відзначити, що при виробництві полімерного пакування та тари, використовуються імпорتنі клейові системи і адгезиви, барвисті системи і пігментні концентрати, технічні лаки, різні розчинники, двоокис титану, ефіри целюлози цивільного призначення, широкий асортиментний ряд полімерної сировини, який повинен мати свій розвиток в Україні.

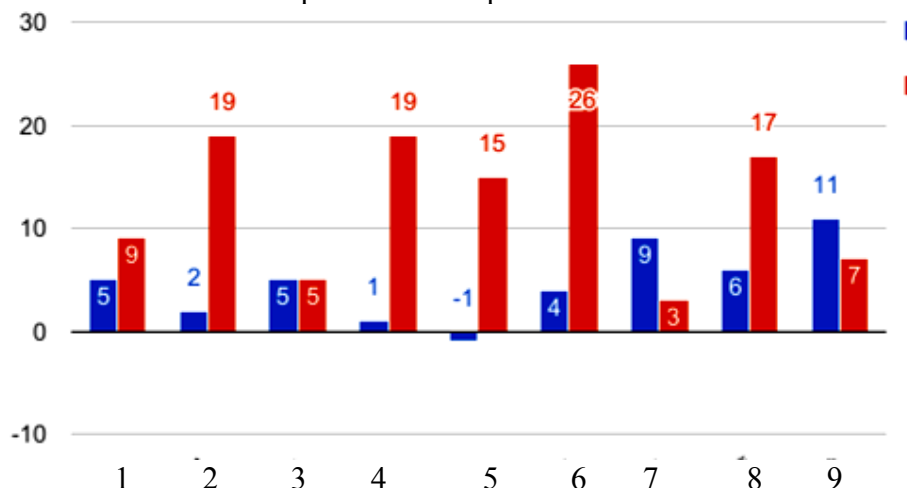


Рисунок 1 – Діаграма використання поліолефінів (ПП):
 1 – світ без 2–8, 2 – США, 3 – Латинська Америка, 4 – Західна Європа,
 5 – Центральна Європа, 6 – Туреччина, 7 – Індія, 8 – Китай, 9 – РФ

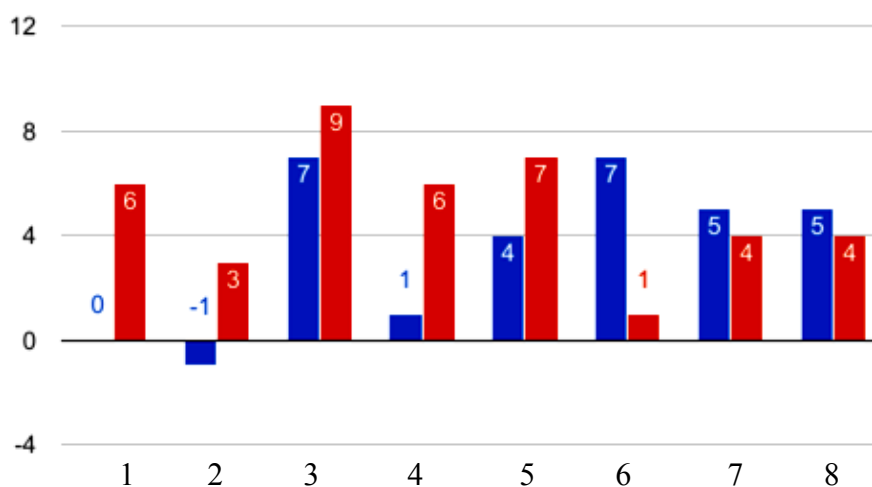


Рисунок 2 – Діаграма використання поліолефінів (ПЕНЩ):
 1 – США, 2 – Латинська Америка, 3 – Західна Європа,
 4 – Центральна Європа, 5 – Туреччина, 6 – Індія, 7 – Китай, 8 – РФ

При цьому в Україні, практично, повністю відсутні або знаходяться в зародковому стані розробки законодавства з розширення відповідальності виробників ППТ. Така ситуація, перш за все пов'язана з тим, що тільки екологічні служби приймають участь у формуванні такого законодавства, а науковці інженери-технологи високої кваліфікації зі спеціальності 05.17.06 «Технологія і переробка пластичних мас та склопластиків» не мають доступу до комісій міністерств та відомств з цих питань. Але ще у 80–90-х роках минулого сторіччя у Харкові ефективно працював науково-дослідний інститут вторинних ресурсів [3–7] з утилізації різновидів окремих видів багатонашних полімерних відходів у різних регіонах СРСР. Слід відзначити, що такі технології треба обов'язково оснащати схемою попередньої ідентифікації-класифікації виробниками та/або споживачами, вибором науково-обґрунтованих процесів синергетичної утилізації-модифікації – вибору технологій комплексних інноваційних проектів для забезпечення мінімуму або повної відсутності викидів, а також виробництва максимуму

цільових кінцевих продуктів, сировини та енергоресурсів. Парадоксальність ситуації зв'язана з тим, що: 1) ППТ не включене до переліку виробів, що підлягають утилізації після втрати ними споживчих властивостей, тобто не має можливості скласти адекватну звітність, і створює недостовірну статистику по утворенню відходів; 2) відсутній реєстр офіційних сміттєзвалищ та їх класифікація за об'ємами та видами відходів; 3) відсутня стадія виділення харчових відходів; 4) відсутній попередній збір поліолефінової частки ППТ як частини ТПВ яка здатна до багатократної переробки або утилізації-модифікації і т.і.

Аналіз передумов розробки процесів переробки плівкових полімерних відходів. Об'єкт дослідження хіміко-технологічна система (ХТС) – комплексна переробка-утилізація полімерної частки твердих побутових відходів, яку можна визначити за схемою технологічної структури стадій виробництва і заданих параметрів у взаємодії з навколишнім середовищем [3–9]:

ПІДГОТОВЧІ → ОСНОВНІ → ЗАКЛЮЧНІ.

До підготовчих стадій входять операції ідентифікації-класифікації сировини та енергетичних ресурсів ХТС за вхідними змінними та інформаційними сигналами; основні стадії виробництва – це структура і параметри ХТС з урахуванням вибору стадії утилізації-модифікації; заключні стадії виробництва визначаються вихідними змінними та інформаційними сигналами, як результатами функціонування ХТС. Формально технологічну структуру комплексної ХТС (G_k) утилізації полімерної частки ТПВ можна означити числом елементів визначеного конструкційного або технологічного типу (n_e), у яких проходять хіміко-технологічні процеси (g_e) за визначеними закономірностями взаємозв'язків між окремими елементами (Р) та числом технологічних потоків (n_p): $G_k = G_k \{n_e(g_e), P, n_p\}$. Параметри потоків – характеристики особливостей протікання фізико-хімічних та умов проведення хіміко-технологічних процесів (ХТП), поділяють на конструкційні та технологічні з урахуванням інженерно-апаратного оформлення кожного ХТП та системи в цілому.

Розробка процесів переробки ППТ нерозривно пов'язана з їх миттям і подальшим сушінням, отже, і з вивченням основних закономірностей тепло- і вологопереноса в полімерних відходах, як складової ТПВ. Сукупність зведень з тепло- і вологопереноса ППТ, їх фізико-хімічних властивостей та форми зв'язку вологи з вологими матеріалами дає можливість визначити оптимальний режим переробки полімерного матеріалу отриманого з ТПВ за розробленими нами алгоритмами ідентифікації-класифікації (рис. 3).

Нами досліджено зміни вмісту кисневмісних, а також ненасичених груп (табл. 1) в процесі експлуатації ППТ в результаті дії різних факторів: ненасичені групи з'являються в результаті диспропорціонування радикалів, що утворилися в процесі деструкції. Звертає на себе увагу зменшення вмісту метильних груп в умовах експлуатації в літні місяці з 5,67 до 3,7 на 100 атомів вуглецю з місяця в місяць. Не виключена можливість відщеплення водню від метильної групи з утворенням радикала, що приймає надалі участь у процесах радикально-ланцюгової окисної деструкції. Слід зазначити, що за результатами наших досліджень, максимальний сумарний вміст кисню в процесі експлуатації в літні місяці досягається за 90 діб. Можливо, що це максимальний вміст є межею. Нами визначено, що кисень дифундує переважно в аморфні області [4, 8], де вільний об'єм більший, ніж у кристалічних областях. Аморфні області займають від 40 до 50% об'єму зразка, вони можуть бути розподілені у всій масі, пронизуючи плівку на всю товщину.

Таблиця 1 – Зміна кількості ненасичених груп та молекулярної маси в поліетиленовій плівці

Час експлуатації, діб	Вміст ненасичених груп на 100 атомів вуглецю					Молекулярна маса $\times 10^{-3}$
	Вінільна	Вініліденова	Трансвініленова	Підсумок	Метильна	
0	0,0142	0,0974	0,0113	0,1230	5,6720	46
30 літо	0,0192	0,0620	0,0125	0,0940	5,0910	44
62 літо	0,0583	0,0558	0,0290	0,1430	4,5210	43
128 літо	0,1385	0,0400	0,0300	0,2085	3,6980	18
30 осінь	0,0164	0,0769	0,0154	0,1087	4,9520	45
90 осінь	0,0111	0,0636	0,0145	0,0892	4,9630	43

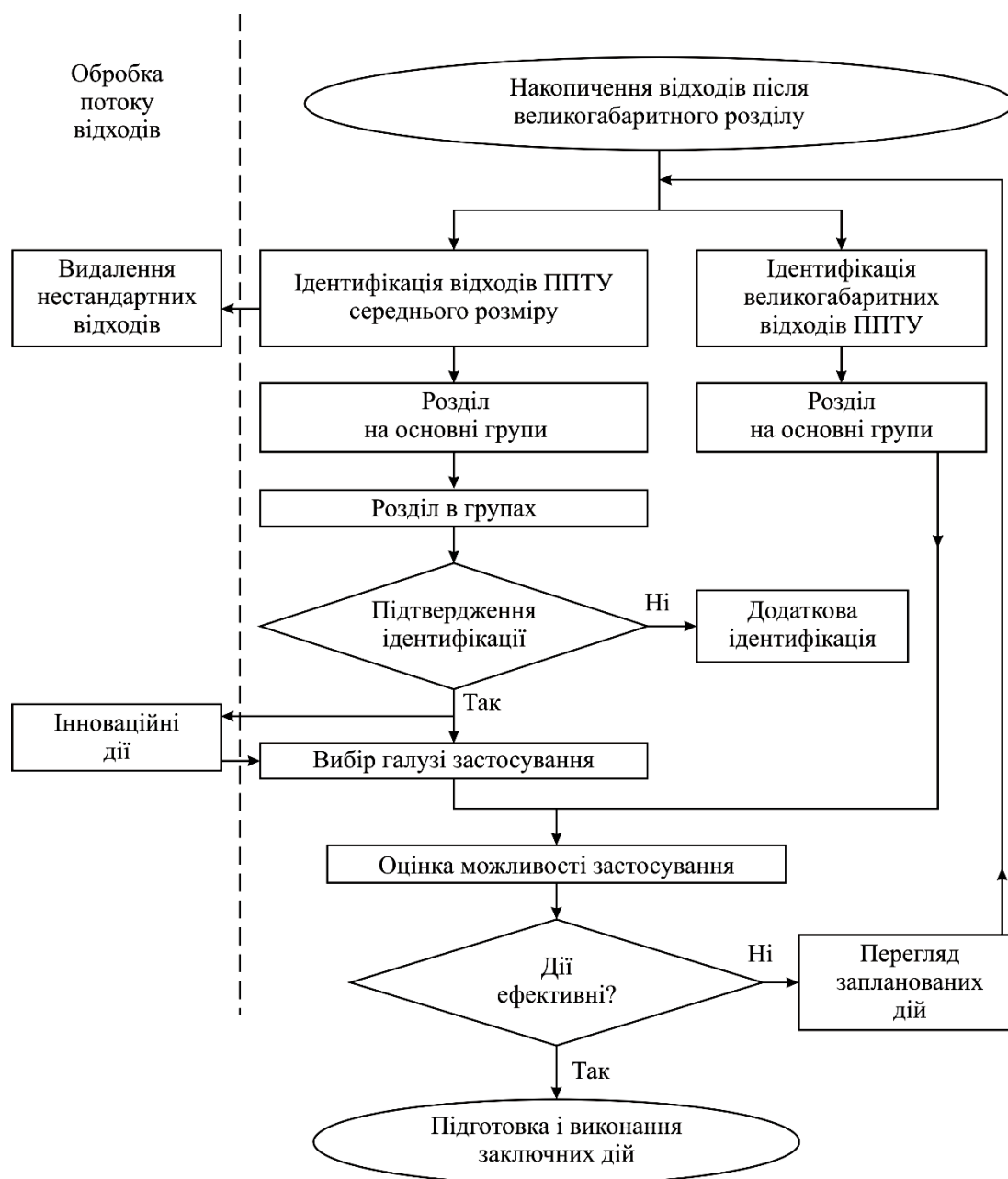


Рисунок 3 - Алгоритм процесів ідентифікації-класифікації поліолефінової частки ППТ

Отримані дані дозволили визначити нам число кисневмісних груп, що припадають на одну ланку поліетилену: $P=2,21 \cdot 28/(100 \cdot 16)=0,39$ тобто в 100 ланках міститься 3,9 кисневмісних ланки [3–5], а на сегмент припадає близько 1,3 кисневмісних ланки. Кисневмісні ланки повинні бути переважно в аморфній частині полімеру, але цілком можливою є наявність їх в кристалічній частині, як при обриві на виході з кристалічної в аморфну частину, так і в дефектах кристалічної частини. Природно припустити, що при окисленні обрив ланцюга відбувається переважно при переході ланцюга з кристалічної в аморфну частину. Деформація виступаючої з кристалічною частини ланцюга велика і ділянка ланцюга в цій зоні подібний консольно-закріпленій балці. Обрив ланцюга може бути підтверджений помітним зниженням молекулярної маси розчинної частини поліетилену в процесі експлуатації (табл. 1).

Слід зазначити, що при зберіганні і транспортуванні відходів ППТ до місця їх переробки, як правило, відбувається забруднення матеріалу. Тому в технологічному циклі перед агломерацією необхідні процеси видалення домішок. Якість агломерату, отриманого з висушених відходів, вище в порівнянні з агломератом з мокрих відходів (табл. 2). Причому

найбільше це можна відзначити для поліетилену ніж для поліпропілену.

У якості прикладу з розробки процесу утилізації-модифікації поліетиленової плівки тривалої експлуатації нами рекомендований метод хімічного спінювання вторинного поліетилену (СВПЕ), отриманого на основі об'єкта дослідження ППТ. Дослідження проводили за допомогою методу повного факторного експерименту (табл. 3).

Таблиця 2 – Зміни фізико-механічних та хімічних властивостей ППТ

Матеріал	Кількість складно-ефірних груп, %	Відносне подовження при розриві, %	ПТР вторинної сировини, г/10 хв	Насипна щільність, г/см ³
Поліетилен первинний	0	600	1,8–2,0	0,50
Агломерат з вологої плівки	0,52	310,6	0,92	0,36
Агломерат з сухої плівки	0,45	352,0	0,77	0,38
Поліпропілен первинний	0	200	2,4–5,0	0,48–0,5
Агломерат з вологої плівки	0,32	98,9	4,33	0,38
Агломерат з сухої плівки	0,29	105,0	3,76	0,42

Таблиця 3 – Вплив параметрів контролю властивостей СВПЕ на функції відгуку Y

Параметр	Функція відгуку Y
Y_1	$Y_1 = 2987,50 + 237,50x_1 + 362,50x_2 + 337,50x_3 + 12,50x_1x_2 + 37,50x_1x_3 - 187,50x_2x_3 + 12,50x_1x_2x_3$
Y_2	$Y_2 = 44,91 + 6,58x_1 + 7,27x_2 + 9,45x_3 - 0,28x_1x_2 + 1,82x_1x_3 - 5,12x_2x_3 - 5,22x_1x_2x_3$
Y_3	$Y_3 = 0,17 + 0,0004x_1 + 0,0007x_2 + 0,0009x_3 + 0,0001x_1x_2 + 0,00013x_1x_3 - 0,0004x_2x_3 - 0,0009x_1x_2x_3$
Y_4	$Y_4 = 0,280 - 0,083x_1 - 0,120x_2 - 0,130x_3 - 0,002x_1x_2 - 0,007x_1x_3 + 0,050x_2x_3 + 0,073x_1x_2x_3$

Показники процесів спінювання: **кількість утворених комірок на 1 см² перетину зрізу СВПЕ**, прийняте в якості вихідного параметра Y_1 (%); **об'єм газової фази у процесі отримання СВПЕ** – Y_2 (%); **середній діаметр комірок** – Y_3 (%), **уявна густина СВПЕ** – Y_4 (%) та інші. Вторинний поліетилен (ОСТ 63–786–72), отриманий з поліетиленової плівки тривалої експлуатації додатково контролювали за кількістю гел'фракції, карбонільних, карбоксильних і складноефірних груп. До складу комплексу з активації процесу спінювання ППТ входить азодикарбонамід, оксид цинку, стеаринова кислота та стеарат кальцію. Розмір комірок спінених полімерів досить суттєво впливає на їх властивості: зі зменшенням розміру бульбашок газової фази (тобто з збільшення їх кількості в одиниці об'єму) міцність помітно підвищується і зростає величина граничної деформації при розриві.

Висновки. Таким чином, особливості процесів утилізації-модифікації поліолефінової частки ППТ зв'язані з оптимально організованим комплексом інноваційного проекту: 1) високий ступінь компетентності в процесах ще на стадіях ідентифікації-модифікації і, як правило, достатній практичний і теоретичний досвід з питань розробки нестандартних рішень [3–9]; 2) напрямок синергетичної утилізації-модифікації полімерних відходів виробництва вторинних полімерів на комплексних підприємствах із залученням методів математичного моделювання для оптимізації процесів з точки зору ресурсо- та енергозбереження [10–15]; 3) у запропонованих комплексних системах можливе створення безвідходних оптимальних технологічних процесів на існуючих підприємствах хімічної промисловості, які в даний час завантажені не на 100% [3, 14]; 4) систему утилізації ТПВ і, зокрема, полімерних відходів, не можна розглядати як чисто технологічну, намагаючись аналізувати і враховувати в еволюції її розвитку логіку, яка підпорядковується міркуванням виключно технологічної або техніко-економічної доцільності; 5) необхідно зазначити, що система утилізації полімерних відходів і вибір промислових об'єктів для реалізації цих процесів є найважливішим важелем соціальної політики в руках регіональних органів влади, які формують якість життя населення і зобов'язані займатися екологічними питаннями в тому чи іншому регіоні.

Література

1. Є. Аратовська. Проект «Україна без сміття».
2. Дванадцята міжнародна конференція «Полімери в упаковці 2017», організована компанією INVENTRA (Група CREON), 18 квітня 2017 р, Москва.
3. Бухкало С.І. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (інноваційні заходи) [текст] підручник. – К. : «Центр учбової літератури», 2014. – 456 с.
4. Бухкало С.И. Исследование методов переработки отходов термопластов и композиционных материалов на их основе. Отчет о НИР, НТУ «ХПИ», Харьков, № ГР 01850021487, 1990.– 119 с.
5. Бухкало С.И. Изменение свойств в процессе эксплуатации пленки и направленная модификация вторичного полиэтилена ; дис. ... канд. техн. наук. М., 1988. – 150 с.
6. Бухкало С.И. Деякі аспекти екологічної безпеки полімерної тари та пакування харчової промисловості / Наукові праці ОНАХТ. – Одеса, 2014. Вип. 45. Т. 3. – С. 76–79.
7. Бухкало С.І., Ольховська О.І. Основні складові комплексних підприємств енергетичного міксу. Вісник НТУ «ХПІ». 2015. – Х. :НТУ «ХПІ». № 7 (1116). – С. 103–108.
8. Бухкало С.И. Ресурсосберегающие технологии использования полимерных отходов / Интегрированные технологии та энергосбережения // – Х.: НТУ «ХПІ». 2001. – № 2. – С. 106–112.
9. Бухкало С.И. Деякі властивості полімерних відходів у якості сировини для енерго- і ресурсозберігаючих процесів // Інтегровані технології та енергозбереження. – Х.: НТУ «ХПІ». 2014. – № 4. – С. 29–33.
10. ТОВАЖНЯНСКИЙ Л.Л., КОШЕЛЕВА М.К., БУХКАЛО С.И. Общая химическая технология в примерах, задачах, лабораторных работах и тестах (уч. пособие) / Москва ИНФРА-М, 2015. – 447 с.
11. Бухкало С.І. Моделі енергетичного міксу для утилізації полімерної частки ТПВ // Вісник НТУ «ХПІ». – Х.: НТУ «ХПІ». 2016. – № 19 (1191). – С. 23–32.
12. Бухкало С.І., Іглін С.П. Деякі моделі дослідження структурно-хімічних змін при експлуатації полі-мерних виробів / Інтегровані технології та енергозбереження. – Х.: НТУ «ХПІ». - 2016. – № 3. – С.52–57.
13. Бухкало С.І. Інноваційні технології використання відходів. 4-й міжн. конгрес Сталий розвиток: захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування, 21–23 вересня 2016 р., Львів. 2016. – С. 111.
14. Бухкало С.І., Ольховська О.І. та ін. Об утилизации полимерных отходов как комплексе инновационных проектов. Вісник НТУ «ХПІ». 2012. – Х. : НТУ «ХПІ». № 10. – С. 160–166.
15. Бухкало С.І. Структура потоків комплексного підприємства / Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXV міжн. н/практ. конф. MicroCAD-2017, 17–19 травня 2017 // За ред. проф. Сокола Є.І., Ч.ІІІ, – Х.: НТУ «ХПІ». – С. 14.

УДК 678.742

Бухкало С.І., к.т.н., проф., **Іглін С.П.**, к.т.н., проф., **Ольховська О.І.**, ст. викладач
*Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»
 (НТУ «ХПІ»), м. Харків, Україна*

ДЕЯКІ МОДЕЛІ РЕСУРСО- ТА ЕНЕРГОЗАОЩАДЖЕННЯ ДЛЯ УТИЛІЗАЦІЇ-МОДИФІКАЦІЇ ПОЛІМЕРНОГО ПАКУВАННЯ ТА ТАРИ

Вступ. Ринок сировини великотоннажного полімерного пакування та тари (ППТ) для харчової та полімерної промисловості України є джерелом ресурсо- та енергозаощадження після закінчення першого циклу її експлуатації. Проблема стійкого росту споживання полімерних ресурсів тісно пов'язана з проблемами росту відходів ППТ після закінчення

терміну її експлуатації. Споживання полімерних матеріалів для пакування та тари пов'язано з задоволенням потреб людей, в тому числі з екологізацією утворення твердих побутових відходів (ТПВ) як кінцевої стадії циклу, встановлення відповідності між рівнем споживання та природно-ресурсного потенціалу території. Полімерна тара та пакування після циклу експлуатації при надходженні до складу ТПВ має екологічно шкідливий вплив об'єкта господарської та іншої діяльності, що приводить до значних, як правило, незворотних змін в природному середовищі і має негативний вплив на людину.

На наш погляд є можливості комплексного вирішення задач підвищення ефективності використання ППТ після закінчення терміну її експлуатації. Однією із складових комплексної хіміко-технологічної системи (ХТС) утилізації та використання ППТ після завершення циклу експлуатації є метод хімічного спінювання як складова визначення рівня наукової та професійної активності науко-педагогічного працівника вищого навчального закладу (ВНЗ), наприклад, з організації самостійної роботи студентів: організація студентської громадської (волонтерської) діяльності, яка має професійне спрямування; наявність науково-популярних та/або консультаційних (дорадчих) та/або дискусійних публікацій з наукової або професійної тематики; поєднання науково-педагогічної роботи та практичної фахової діяльності [1–3].

Актуальність. Загалом цей напрямок досліджень пов'язаний з удосконаленням технологій подовження терміну експлуатації ППТ, пошуком синергетичних процесів утилізації-модифікації з метою виробництва вторинної полімерної сировини або енергоресурсів. Такі комплексні технології забезпечують можливість використання властивостей полімерних матеріалів: тривалий термін експлуатації – для більшості полімерів це можливість переробки у вироби нового асортименту шість разів. При цьому з точки зору екологічної безпеки, наприклад, буферна здатність ґрунту підтримувати хімічний стан залишається на незмінному рівні – відсутній вплив на ґрунт потоком хімічної речовини.

Основна частина. Моделі ресурсо- та енергозощадження для ППТ потребують розробки методологічного підходу у процесах утилізації ТПВ, вони розглядаються як принципова методологічна орієнтація дослідження, яка базується на сукупності принципів, що визначають загальні цілі та стратегію відповідної діяльності. Взаємозв'язок понять «методологія» та «методологічний підхід» можна характеризувати як співвідношення основ та засобів: використання визначених методологічних підходів забезпечує реалізацію відповідних методологічних основ вивчення та перетворення явищ синергізму у технологічних процесах [4–7]. При цьому слід підкреслити, що екологічна безпека є абсолютним, вичерпним поняттям для всіх елементів системи навчання студентів ВНЗ за системою комплексних інноваційних проектів з екологічнобезпечного поводження з полімерним пакуванням та тарою після закінчення терміну їх експлуатації. Вочевидь, такий підхід можна взяти за основу розробки методологічних підходів до наукових досліджень при виявленні фундаментальних та прикладних аспектів і методів навчання теоретичної дисципліни «Загальна технологія харчових виробництв», «Математичне моделювання процесів та технології харчової технології», «Методи прийняття управлінських рішень», «Стратегічне управління організаційними змінами» «Фінансовий менеджмент», «Математична статистика» та ін. Теми комплексних інноваційних проектів «Дослідження техніко-екологічних можливостей енергетичного міксу», «Загальні методи прийняття управлінських рішень для інноваційних підприємств», «Менеджмент та маркетинг як шлях до розвитку альтернативних джерел Україні» та «Економіко-правові характеристики комплексного процесу енергетичного міксу з урахуванням альтернативних джерел енергії». Такі проекти мають статус актуальних проблем сучасності, зв'язаних, перш за все, з високими цінами на енергоносії та потребують участі студентів на усіх стадіях виконання [1–10]. Екологічна безпека визначена у цих випадках як: 1) сукупність дій, станів і процесів, які прямо або посередньо не призводять до життєвоважливих збитків у природному середовищі, для окремих людей і людства; 2) комплекс станів, явлень та дій, що забезпечує екологічний баланс на Землі та в будь-яких її регіонах на рівні, до якого фізично, соціально-економічно, технологічно та політично є готовим людство.

До комплексної технології синергетичних процесів ресурсо- та енергозощадження полімерної тари та пакування після циклу експлуатації входять як фізико-механічні так і фізико-хімічні механізми та процеси утилізації-модифікації хіміко-технологічної системи (ХТС). Формально технологічну структуру комплексної ХТС (G_k) утилізації полімерної частки ТПВ можна означити числом елементів визначеного конструкційного або технологічного типу (n_e), у яких проходять хіміко-технологічні процеси (g_e) за визначеними закономірностями взаємозв'язків між окремими елементами (Р) та числом технологічних потоків (n_p): $G_k = G_k \{n_e(g_e), P, n_p\}$. Після проведення стадії ідентифікації-класифікації необхідним процесом є наукове обґрунтування комплексної ХТС з метою визначення джерел утворення відходів за галузями первинного використання ППТ, при чому об'єм ППТ не перевищує можливість об'єму їх переробки, наприклад: 1) багаторазовий рециклінг ППТ у якості вторинних матеріальних ресурсів для фізико-механічної переробки-утилізації або для синергетичної фізико-хімічної утилізації-модифікації; 2) кінцевий рециклінг ППТ для вторинних матеріальних ресурсів кінцевої стадії у зв'язку з безоборотною зміною властивостей первинного полімеру і т. ін. Дослідження спрямовані на вивчення таких питань як організація збирання і транспортування відходів, їх класифікація-ідентифікація та методи контролю якості за розробленими нами методиками, вибір науково-обґрунтованих методів переробки та утилізації ППТ після циклу експлуатації; розробка необхідних параметрів технологічних схем хімічного спінування і т. і. Контроль синергетичних процесів ми проводили за основними фізико-хімічними показниками властивостей ППТ (поліолефінової складової) – зміна кількості киснеутримуючих в натурних умовах поліетиленової плівки (карбоксильних; складноефірних), ненасичених та метильних груп, а також за структурно-механічними та фізико-механічними показниками, кількості гельфракції, реологічних характеристик, молекулярної маси та ін. Відповідно до зміни властивостей ППТ при експлуатації, процеси зміни її якості підрозділяють на агрегативні, пов'язані із процесами зшивки, і деструктивні, пов'язані з розпадом макромолекул на більше дрібні фрагменти [5–7]. Вже після першого місяця експлуатації утворюється значна кількість гельфракції, висока швидкість утворення зшитою частини підтверджується різким зниженням плинності розплаву. Порівняння даних по експлуатації поліетиленової плівки в літні та осінні місяці дозволяє зробити висновок, що в процесі експлуатації сонячна радіація має велике значення. Властивості спінених вторинних полімерів, фізико-механічні, фізико-хімічні, теплофізичні і т.д., здебільшого залежать від способів первинної експлуатації виробів, і визначаються, в основному, утворенням газової фази в пінопласті при наявності структурних змін. Тому однією з найважливіших характеристик спінених пластмас є уявна густина та розміри комірчастої структури. Для забезпечення якісних властивостей, наприклад, вторинного поліетилену (ВВПЕ) та з метою розширення асортименту виробів з нього при максимальному економічному ефекті спінений матеріал повинен мати комірчасту структуру з рівномірно розподіленими сферичними порами. Для дослідження використовували розроблений нами напрямок одержання й переробки вторинних полімерів з урахуванням можливостей синергетичних хімічно-структурних процесів – підсумковим ефектом взаємодії, як мінімум двох факторів, які характеризується тим, що їх дія істотно перевершує ефект кожного окремого [8–10]. Для розробки процесу спінування вторинного поліетилену, отриманого на основі об'єкта дослідження – поліетиленової плівки (табл. 1) тривалої експлуатації, використовували методи повного факторного експерименту (ПФЕ). Досліджували **середній діаметр комірок (см) ВВПЕ**, прийняте в якості вихідного параметра Y (%). ВВПЕ (ОСТ 63–786–72) додатково контролювали за кількістю гельфракції, карбонильних, карбоксильних і складноефірних груп. У якості ГР використовували азодикарбонамід (ЧХЗ-21), до складу комплексу з активації процесу спінування входить оксид цинку, стеаринова кислота та стеарату кальцію.

Таблиця 1 – ПФЕ для функцій відклику

№	X_0	X_1	X_2	X_3	X_1X_2	X_1X_3	X_2X_3	$X_1X_2X_3$	Y
1	+	+	+	+	+	+	+	+	0,0173
2	+	-	+	+	-	-	+	-	0,0179
3	+	+	-	+	-	+	-	-	0,0184
4	+	-	-	+	+	-	-	+	0,0158
5	+	+	+	-	+	-	-	-	0,0180
6	+	-	+	-	-	+	-	+	0,0155
7	+	+	-	-	-	-	+	+	0,0138
8	+	-	-	-	+	+	+	-	0,0153

Фактори (табл. 1) були параметри проведення процесу спінювання: X_1 – кількість комплексу для активації, %; X_2 – температура спінювання, °C; X_3 – час витримки при температурі спінювання, хв. Вихідні дані: $X_{10}=3$; $X_{20}=170$; $X_{30}=15$; $\Delta X_1=1$; $\Delta X_2=10$; $\Delta X_3=5$.

Для першої функції відгук описує лінійна модель (1.1):

$$Y_1 = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3, \quad (1.1)$$

Параметри лінійної моделі та їх довірчі інтервали представлені в таблиці 2.

Таблиця 2 – Параметри лінійної моделі та їх довірчі інтервали

Параметр	Нижня границя	Значення	Верхня границя
b_0	0,01510054	0,0165	0,01789946
b_1	-0,00102446	0,000375	0,00177446
b_2	-0,00072446	0,000675	0,00207446
b_3	-0,00054946	0,00085	0,00224946

З довірною ймовірністю 95% довірні інтервали для b_1 , b_2 , b_3 охоплюють нуль. Уточнена математична модель (1.2) має вигляд:

$$Y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_4x_1x_2 + b_5x_1x_3 + b_6x_2x_3, \quad (1.2)$$

має такі параметри та довірні інтервали (табл. 3).

Таблиця 3 – Параметри уточненої моделі та довірні інтервали для них

Параметр	Нижня границя	Значення	Верхня границя
b_0	0,00506442	0,0165	0,02793558
b_1	-0,01106058	0,000375	0,01181058
b_2	-0,01076058	0,000675	0,01211058
b_3	-0,01058558	0,00085	0,01228558
b_4	-0,01133558	0,0001	0,01153558
b_5	-0,01131058	0,000125	0,01156058
b_6	-0,01186058	-0,000425	0,01101058

Долучення для дослідження ще однієї, восьмої базисної функції $x_1x_2x_3$, перетворює задачу на інтерполяційну: функція відгуку Y буде точним аналітичним виразом (1.3):

$$Y = 0,165 + 0,000375x_1 + 0,000675x_2 + 0,00085x_3 + 0,0001x_1x_2 + 0,000125x_1x_3 - 0,000425x_2x_3 - 0,0009x_1x_2x_3, \quad (1.3)$$

Слід відмітити відсутність довірних інтервалів у цьому випадку розрахунків.

На рисунках 1–3 показані досліджені нами двовимірні перерізи функції відгуку при сталому (мінімальному або максимальному) значенні однієї якоїсь змінної.

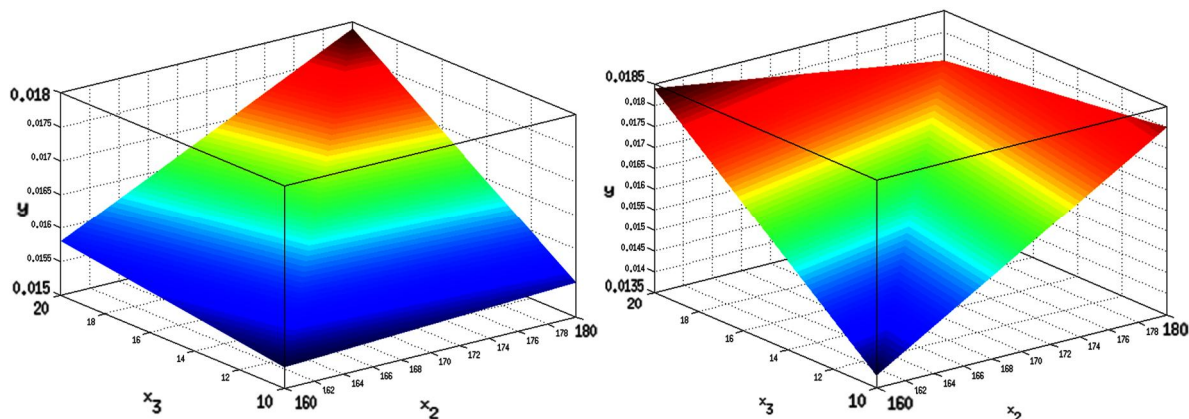


Рисунок 1 – Моделі впливу параметрів спіювання X_1 для функції відгуку Y

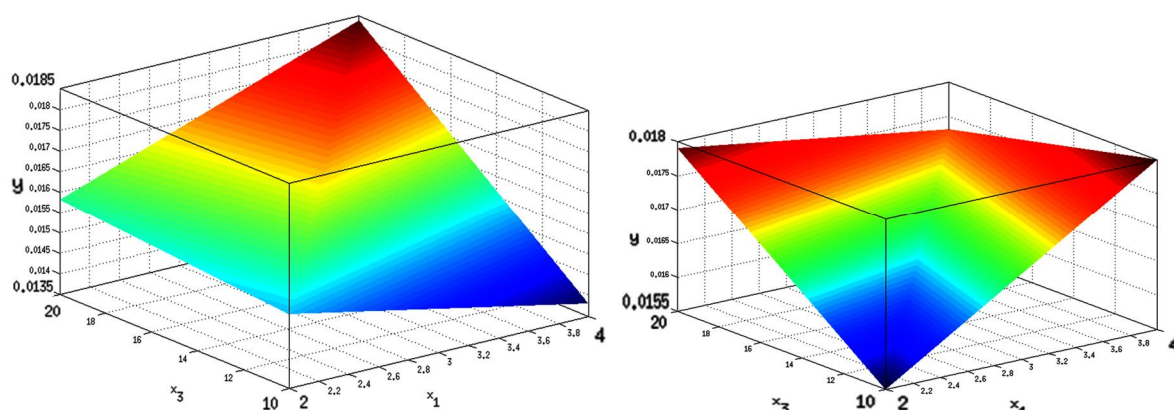


Рисунок 2 – Моделі впливу параметрів спіювання X_2 для функції відгуку Y

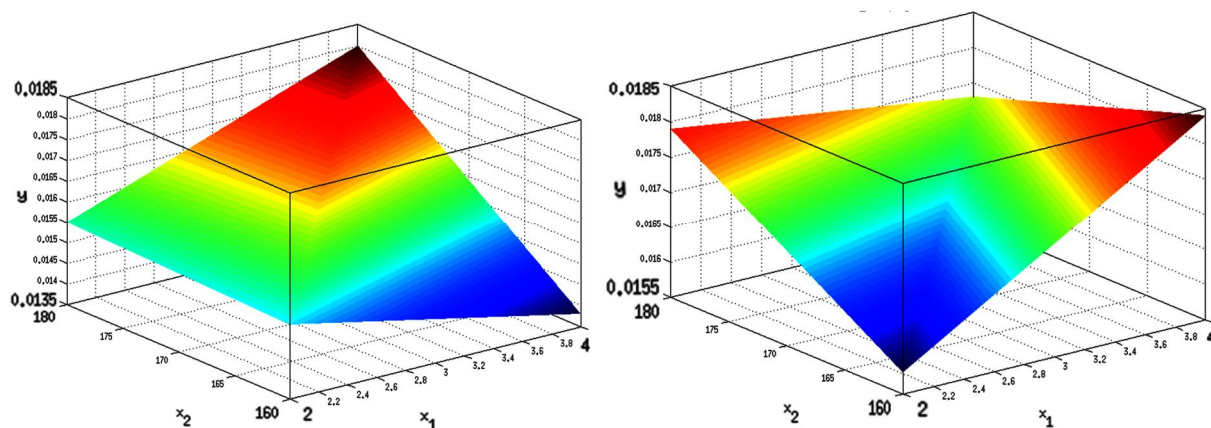


Рисунок 3 – Моделі впливу параметрів спіювання X_3 для функції відгуку Y

При цьому оптимальний набір параметрів переробки (спіювання) ВПЕ буде обумовлений координатами площини для різновидів дослідження:

$Y = f(X_2 X_3)$ (рис. 1), відповідно праворуч при $X_1 = 2$ і ліворуч – $X_1 = 4$;

$Y = f(X_1 X_3)$ (рис. 2), відповідно праворуч при $X_2 = 160$ і ліворуч – $X_2 = 180$;

$Y = f(X_1 X_2)$ (рис. 3), відповідно праворуч при $X_3 = 10$ і ліворуч – $X_3 = 20$.

Висновки. Проведений нами аналіз складових розробки моделей ресурсо- та енергозаощадження для полімерної тари та пакування з метою пошуку оптимальних варіантів комплексних безвідходних технологій утилізації-модифікації та переробки дозволяє запропонувати наступну послідовність науково-обґрунтованих синергетичних процесів ХТС:

- розробка способів та методів утилізації великотоннажних різновидів ППТ – їх попередня класифікація-ідентифікація [2, 3];

- виявлення науково-обґрунтованих показників якості ППТ та залежність їх зміни у процесі експлуатації у натурних умовах [1–3, 5];
- виявлення принципових можливостей та недоліків існуючих технологій з обліком всіх розглянутих принципів, визначення вихідних потоків системи, які мають потребу в очищенні або мають продукти для синергетичних процесів утилізації-модифікації [5, 7];
- визначення основних причин, що перешкоджають модернізації існуючих виробництв із метою створення безвідхідних технологічних процесів і комплексів [1–10];
- розробка нових методів одержання цільового продукту або вдосконалювання одного з існуючих, що задовольняє принципам створення безвідхідних технологічних процесів і комплексів;
- розробка декількох варіантів безвідхідних технологій з обліком обраного нового методу – рециклінг-повторна переробка або кінцева утилізація-енергоресурси; вибір пріоритетної технології для кожного різновиду ППТ з погляду основних економічних показників і мети – створення безвідхідних технологічних процесів і комплексів.

Література

1. Товажнянський Л.Л., Капустенко П.О., Ведь В.Є., Бухкало С.І. Напрямки розвитку Української асоціації хімічної і харчової інженерії // Вісник НТУ «ХПІ». – Х.: НТУ «ХПІ». 2017. – № 18 (1240). – с. 3–8.
2. Бухкало С.І. Деякі властивості полімерних відходів у якості сировини для енерго- і ресурсозберігаючих процесів // Інтегровані технології та енергозбереження. – Х.: НТУ «ХПІ». 2014. – № 4. – с. 29–33.
3. Бухкало С.І. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (інноваційні заходи) [текст] підручник. – Київ «Центр учбової літератури». 2014, – 456 с.
4. Бухкало С.І. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (інноваційні заходи) [текст] підручник. – Київ «Центр учбової літератури». 2014, – 412 с.
5. Бухкало С.І. Моделі енергетичного міксу для утилізації полімерної частки ТПВ // Вісник НТУ «ХПІ». – Х.: НТУ «ХПІ». 2016. – № 19 (1191). – с. 23–32.
6. Бухкало С.І., Іглін С.П., Ольховська О.І., Соловей В.Н. Комплексні методи навчання як основа розвитку фахових компетентностей ВНЗ в НТУ «ХПІ» // Вісник НТУ «ХПІ». – Х.: НТУ «ХПІ». 2017. – № 18 (1240). – с. 9–19.
7. Бухкало С.І. Особливості моделей утилізації різновидів полімерних відходів. Вісник НТУ «ХПІ». Х. : НТУ «ХПІ», 2016. № 19(1191). – С. 11–17.
8. Бухкало С.І. Складові екологічно-інформаційної безпеки комплексних проектів // Міжн. н-практ. конф. «Хімічна технологія та інженерія», – Львів, 2017. – С. 332–333.
9. Бухкало С.І. Технології ресурсо- та енергозбереження для полімерної тари та пакування. Ресурсо- та енергоощадні технології виробництва і пакування харчової продукції – основні засади її конкурентоздатності. Матеріали У Міжнародної спеціалізованої науково-практичної конференції. 14 вересня 2016 р., Київ. - К. НУХТ, 2016. – с. 21-23
10. Бухкало С.І. Деякі моделі процесів хімічного спінювання вторинного поліетилену // Вісник НТУ «ХПІ». – Х.: НТУ «ХПІ». 2017. – № 18 (1240). – с. 35–45.

УДК 663.44-048.78

Марцинкевич Л.В.¹, Удодов С.О.¹, к.т.н., Риндюк Д.В.², к.т.н.

1 - Національний університет харчових технологій (НУХТ), м. Київ, Україна

2 - Національний технічний університет України «КПІ ім. Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна

ВПЛИВ КОНСТРУКТИВНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ АПАРАТУ ГІДРОЦИКЛОННОГО ТИПА НА ПРОЦЕС ОСВІТЛЕННЯ ПИВНОГО СУСЛА

Вступ. Перед зброджуванням з гарячого охмеленого сусла необхідно видалити значну кількість завислих речовин, що утворилися в процесі кип'ятіння пивного сусла. Завислі речовини гарячого сусла представляють собою переважно скоагульовані у процесі кип'ятіння білки, які перейшли з нерозчиненої форми у розчинену форму, та гіркі хмелеві речовини. Необхідність видалення завислих речовин зумовлюється тим, що вони блокують дріжджові клітини при бродінні, надають пиву гіркий смак, містять жирні кислоти солоду, сприяють витратам сусла з білковим осадом.

Вміст завислих речовин після перекачування гарячого охмеленого сусла становить 6000 – 8000 мг/л, після видалення їх кількість повинна бути знижена до 100 мг/л [1]. Проте, метою освітлення є повне видалення завислих речовин із гарячого сусла.

Актуальність теми. Недостатнє видалення завислих речовин обумовлено рядом як технологічних параметрів ведення процесу, так і якісних показників продукту, а саме: неправильне ведення процесу фільтрації пивного затору та внесення хмелю, що не містить або містить недостатню кількість дубильних речовин, погана якість солоду та неоптимальний складу його помелу. Але, суттєво на якість процесу освітлення пивного сусла впливає також і недосконалість обладнання, що використовується для освітлення.

Видалення завислих речовин гарячого сусла здійснюється сьогодні на більшості пивоварних підприємств переважно за допомогою апарату гідроциклонного типу (Вірпула). На деяких підприємствах освітлення сусла здійснюють за допомогою сепаратора (центрифуги), однак даний метод не отримав широкого розповсюдження через свою складність, високі енерговитрати та вартість.

Матеріали і методи. Практичні дослідження та спостереження за апаратом гідроциклонного типу дозволило визначити, що його оптимальна робота залежить не тільки від якісних показників гарячого сусла, але і від швидкості його подачі, геометрії ємності, а також конструктивних параметрів та розташування патрубків для подачі та випуску сусла. [2]

Для дослідження процесу освітлення пивного сусла було використано математичну модель, яка ґрунтована на рівняннях нерозривності потоку, Нав'є-Стокса, конвективно-дифузійного переносу.

З метою визначення раціональних параметрів конструкції апарату доцільно дослідити всі основні фактори, що впливають на якість процесу освітлення. Отже, при моделюванні процесу освітлення пивного сусла в апараті гідроциклонного типу задавались наступними параметрами: швидкість на вході в апарат – 3-10 м/с; густина сусла – 1045 кг/м³; динамічна в'язкість сусла – 0,0006; розміри частинок - 30·10⁻⁶ м; 42,5·10⁻⁶ м; 57,5·10⁻⁶ м; 80·10⁻⁶ м. [2, 3]

Для дослідження впливу швидкості подачі сусла в апарат на час осадження білкового осаду, а саме утворення компактної тарілки білкового осаду в центрі біля днища апарату, були проведені досліді на математичній моделі апарату при заданих швидкостях ($v = 3, 5, 7$ та 10 м/с). Дослідження впливу швидкості подачі сусла в апарат на процес освітлення проводилося на моделі апарату з класичною формою днища (плоске).

Для дослідження впливу форми днища на процес осадження частинок білкового осаду було створено чотири конструктивні варіанти апарату гідроциклонного типу: апарат зі слабо конічним (1-20°) ввігнутих днищем; апарат з плоским днищем; апарат з випуклим днищем; апарат з тарілкою у днищі. Порівняння значень величини концентрації частинок та форми

утвореної тарілки білкового осаду дають можливість визначити раціональні форми днища гідроциклонного апарату.

Результати і обговорення. У результаті досліджень було встановлено вплив таких факторів, як швидкість подачі суслу в апарат, форма днища апарату, швидкість та якість осадження частинок білкового осаду в апараті гідроциклонного типу.

Процес моделювання проводився з однаковою швидкістю подачі суслу рівній 3,5 м/с, яка була визначена, як раціональна швидкість подачі пивного суслу в апарат.

Підвищення швидкості подачі суслу в апарат вище 3,5 м/с призводить до збільшення швидкості пивного суслу в середині апарату і, як результат до збільшення часу на осадження частинок. Разом із збільшенням швидкості подачі суслу збільшуються і дотичні напруження всередині досліджуваного середовища, що призводить до руйнування структури білкового осаду та розпливчатості тарілки трубу по днищу апарату, що супроводжується зменшенням продуктивності апарату. При зменшенні швидкості подачі суслу в середині апарату виникають зворотні потоки (тороїдальні вихори), які збаламучують вже осаджені частинки та погіршують якість готового суслу.

Дослідження впливу форми днища на процес осадження частинок дозволило виявити, що при слабоконічній ввігнутій та плоскій формах днища апарату гідроциклонного типу, в середині останнього утворюється значно менша кількість вихрів ніж при інших досліджуваних конструкціях, що скорочує час на осадження.

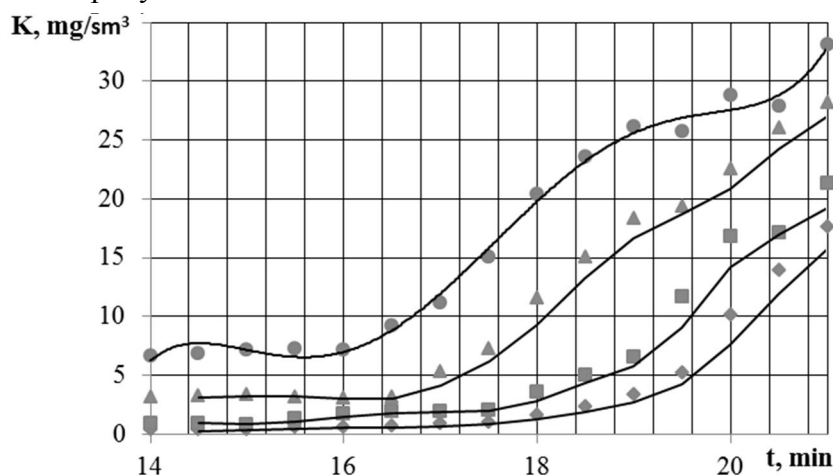


Рисунок 1 - Залежність концентрації завислих речовин від часу проходження процесу:

- 1 апарат з плоским днищем; 2 апарат зі слабо-конічним днищем вигнутим назовні; 3 апарат зі слабо-конічним днищем вигнутим всередину; 4 - апарат зі слабо-конічним днищем вигнутим всередину та встановленим кільцем

Аналіз та оброблення отриманих результатів показав, що при використанні апарату зі слабо-конічним днищем вигнутим всередину та встановленим при днищі кільцем значення концентрації білкового осаду в центральній частині апарату є найбільшим і досягає значень мг/см^3 . За рахунок встановлення кільця, розпливчатість осаду по днищу апарата значно зменшується; в нижній частині апарата не виникають вторинні вихрові потоки. Тарілка трубу має конічну форму і більша частина білкового осаду зосереджена в центральній частині.

Висновки. Отже, проведені дослідження дозволили визначитися з раціональною конструкцією апарату – це конструкція, яка поєднує у собі слабо ввігнуте конічне або плоске днище, а оптимальна швидкість подачі суслу в апарат становить – 3,5 м/с. З використанням такої конструкції апарату процес осадження прискориться, а тарілка білкового осаду буде більш цілісною, що позитивно вплине на процес освітлення пивного суслу, а отже і на якість готового продукту.

Література

1. Кунце, В. Технология солода и пива / В.Кунце. – С-Пб.: Профессия, 2008. – 1100 с.
Denk V. The Whirlpool State of the art 1997 /V. Denk.- Brauwelt International, № 1.–1998. - pp. 31-43.

УДК 621.87

Гавва О.М., д. т. н.

Якимчук В.М., д.т.н.

Кохан О.О., к.т.н.

Національний університет харчових технологій (НУХТ), м.Київ, Україна

НОВІТНІ ПІДХОДИ ДО СТВОРЕННЯ ЕФЕКТИВНОГО ПАКУВАЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ

Для забезпечення запитів ринку на паковану продукцію з урахуванням тенденцій розвитку економіки країн світу (економічна, соціальна та політична кризи, глобалізація виробництв, асиметричне збільшення населення в різних країнах, зменшення природних ресурсів, екологія) пакувальне обладнання повинно виконувати з достатньою точністю дану функцію забезпечує високу продуктивність та гнучкість до переналагодження реалізувати енерго- та ресурсощадні технології під час його виготовлення, експлуатації та обслуговування, а також має бути гігієнічно та технічно безпечним. Виконати такий комплекс вимог можливо лише на основі широкого впровадження наукоємних технологій.

Новітні пакувальні машини та потокові лінії – інтегральні технічні комплекси створені на базі мехатронних функціональних модулів кожен із яких є як функціонально, так і конструктивно самостійним виробом із великою кількістю синергетичних зв'язаних між собою характеристик та параметрів призначених для реалізації технологій пакування [1].

Відповідно до результатів аналізу розвитку пакувальної індустрії в світі, виконаного групою компаній РРМА (Великобританія) основними трендами і тенденціями розвитку пакувального обладнання є [2]:

- підвищення загальної ефективності пакувального обладнання (ОЕЕ) (підвищення надійності машини і максимізація виходу / продуктивності);
- повна автоматизація впровадження комплексної системи якості (якість сировини, процесу, продукції);
- широке впровадження гнучких роботизованих комплексів;
- інтелектуалізація пакувальних машин із провадженням об'ємного простору (3D);
- гнучкість до переналагодження на інші параметри пакувальних матеріалів і види упаковки;
- мінімізація енерго- і матеріальних ресурсів під час експлуатації і обслуговування пакувальних машин;
- широке використання лазерного різання, ультразвукового зварювання і зварювання високими частотами, систем динамічного зважування тощо;
- гігієнічне виконання конструкції машини і гігієнічні умови її експлуатації (CIP).

Для реалізації цих трендів застосовують такі новітні підходи до створення пакувального обладнання:

- інформаційні технології проектування;
- агрегатно- модульний принцип побудови пакувальних машин;
- створення нових та вдосконалення існуючих фундаментальних модулів машин і формування бази даних із них;
- телекомунікаційна діагностика та обслуговування;
- швидке переналагодження на інший технологічний процес пакування.

Найвищим рівнем розвитку методів проектування пакувального обладнання створення і розвиток наукоємної комп'ютерної технології проектування з використанням сучасних інформаційних технологій [3]. Використання інформаційної технології комбінаторного синтезу у поєднанні із технологією аналізу і оптимізації технічного рішення є науковою

основою будь-якого творчого процесу проектування. В основу розробки принципів проектування на основі інформаційних технологій покладено функціонально-модульний опис проектного пакувального обладнання.

Особливість застосування інформаційних технологій у проектуванні пакувальних машин полягає у використанні їх для моделювання пакувального обладнання і технологічного процесу в ньому.

Функціонально-модульний принцип побудови пакувальних машин базується на поєднанні типових модулів визначеним чином для створення матеріальних (переміщення продукції, пакувальних матеріалів, допоміжних пакувальних засобів), енергетичних (приводи робочих органів, пристрої технологічних систем і систем керування) та інформаційних (управління роботою, контроль, діагностика) зв'язків між ними.

Порядок розміщення і кількість цих модулів визначається послідовністю виконання технологічних операцій та числом робочих позицій, з яких вони складаються.

Вид, послідовність і кількість операцій та відповідних робочих позицій встановлюються на етапі розроблення синтезу і аналізу технологічного процесу пакування. Модульне проектування достатньо добре погоджується із еволюційним підходом створення новітніх машин за якого потрібно дозувати і аналізувати сукупність моделей пакувальних машин, що послідовно покращуються за функціональними і технічними показниками.

З розвитком електронних засобів контролю функціональні модулі комплектується новітніми системами керування, які у процесі приєднання модулів легко з'єднуються в єдину систему керування.

Взаємопроникнення енергетичної системи в механічну та синергетична апаратно-програмна інтерпретація складових елементів національного модуля, які мають різну фізичну природу, надають функціональним модулям вищого рівня розвитку - мехатронних модулів, який є функціонально і конструктивно самостійним виробом. До елементів різної фізичної природи відносяться механічні, електричні, електронні, цифрові, пневматичні, гідравлічні, інформаційні та ін. складові.

Мехатронні модулі, як і функціональні, можуть об'єднуватись у мехатронну систему. Формування мехатронних модулів відбувається шляхом поєднання між собою агрегатних модулів-елементів із виконавчими, керувальними та інформаційними функціями.

Аналіз інноваційних розробок у пакувальному обладнанні показав, що відносно нову конструкцію пакувального обладнання можна розробити на базі модулів лінійного переміщення, модулів повороту, які в комплексі створюють модульну систему із додатковим набором змінних пристроїв захоплення різного виду та систем керування.

На вибір конструкції електронного модуля впливає багато факторів, серед яких межі кінематичних та динамічних характеристик роботи, ефективність використання приводу та системи керування ним у напрямках реалізації заданих законів руху, точність позиціонування, гнучкість зміни технологічного циклу собівартість системи керування.

Інтенсивний еволюційний розвиток агрегатно-модульного програмно-керованого швидкопереналагоджувального пакувального обладнання здійснюється в параметричному співвідношенні уніфікації елементної бази і багатоваріативністю компоновальних реалізацій обумовлених різними фізико-механічними та хіміко-біологічними властивостями продукції, типами та видами упаковки, технологіями пакування, просторовими композиціями функціональних машинних модулів.

Нова структура пакувальних машин дає можливість суттєво покращити якість і розширити функції сервісного обслуговування не тільки у період гарантованого терміну, але і під час їх подальшої експлуатації. Для цього реалізують такі заходи:

- створюють сервісні центри в різних регіонах країни та ринках реалізації обладнання;
- об'єднуються регіональні сервісні центри кількох фірм в один;
- створюються телекомунікаційні системи сервісного обслуговування.

Реалізація новітніх науковоємних методологічних підходів до створення пакувального обладнання дає можливість забезпечити широкі запити ринку на пакувальну продукцію та

вирішити науково-технічну проблему щодо ресурсо- та енергозощадження у пакувальній індустрії.

Література

1. Гавва О. М. Інноваційні технології у створенні нового покоління пакувальних машин / О. М. Гавва, В. Б. Захаревич, О. О. Кохан // Пакувальна індустрія (інноваційні технології): VII Науково-практична конференція, 2013. – К : ІАЦ «Упаковка», 2013. – С. 39-50.
2. Гавва О. М. Сучасні вимоги до полімерних плівок для ефективного їх перероблювання на пакувальних машинах-автоматах / О. М. Гавва, В. Л. Шредер, В. Н. Кривошей // Матеріали X Науково-практичної конференції «Пакувальна індустрія» (полімерна упаковка для продуктів харчування). – с. Княжичі. ІАЦ «Упаковка»: 2016 р. – С. 94-107.
3. Пальчевський Б. О. Інформаційні технології керованого синтезу функціонально-модульної структури технологічного обладнання / Технологічні комплекси. – 2013. - №1. – С. 19-28.

УДК 621.87

Якимчук М. В., д. т. н.

Горчакова О. М.

Якимчук В. М.

Національний університет харчових технологій (НУХТ), м. Київ, Україна

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕНЕРГОВИТРАТ В МЕХАНІЗМАХ ПАКЕТОФОРМУВАЛЬНИХ МАШИН

Вступ та актуальність теми. В нових економічних умовах у виробництві харчової продукції все більших обертів набирає практика пакування харчових продуктів в транспортну тару. І потреба в досконалих, раціональних пакетоформувальних машинах (ПФМ) невпинно зростає.

ПФМ повинні забезпечувати: безперебійне пакетування вантажів у відповідності до продуктивності дозувально-фасувального та іншого обладнання і внутрішньозаводських транспортних систем; автоматичне вкладання вантажів у щільні пакети із заданими розмірами без ушкоджень упаковки і продукту; автоматичну подачу порожніх піддонів у зону пакетування; скріплення пакетів для забезпечення їх стійкості в процесі доставки від вантажовідправника до споживача; накопичення готових пакетів на конвеєрі видачі для забезпечення безперебійної і злагодженої роботи навантажувально-розвантажувальних засобів.

Традиційно однією з основних технологічних операцій в такому обладнанні, що регламентує продуктивність пакетоформувальної машини є укладання шару вантажів на піддон або на раніше вкладений шар вантажів.

Встановлено, що переважна частина приводів (біля 40 ... 50%) в пакетоформувальних машинах є електричні приводи.

В даній роботі здійснена спроба намітити шляхи зниження енерговитрат на виконання технологічних операцій піднімально-опускними механізмами пакетоформувальних машин шляхом підбору раціональних параметрів їх приводів.

Основна частина. Прийнята до розгляду в межах теоретичного дослідження схема піднімально-опускного пристрою (рис.1) включає в себе платформу 1 з укладеними на неї вантажами 2 та противагою 3, зв'язок з масою ротора двигуна 4 та елементів приводу 5 здійснюється за допомогою гнучкого пружного елемента 6. Конструкцію даного піднімально-опускного механізму представлено моделлю у вигляді двомасової коливальної системи (рис.2).

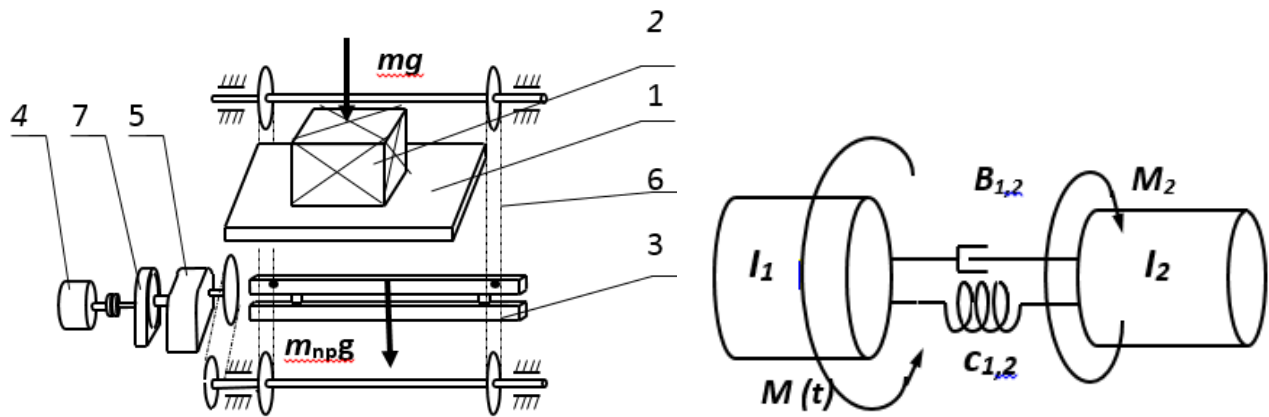


Рисунок 1 - Принципова схема піднімально-опускного механізму

Рисунок 2 - Ізображення механізму в вигляді системи рівнянь

Електродвигун в такій системі традиційно виконує свою основну функцію. На першому етапі функцією електропривода є переміщення пустої платформи у початкове положення, тобто у крайню верхню точку. Тривалість першого етапу піднімання залежить від часу формування вантажів, що складає від 5 до 10 секунд. Величина переміщення платформи відповідає висоті пакета. На другому етапі відбувається покрокове опускання платформи з вантажем. На кожному відрізу переміщення платформи двигун працює у генераторному режимі паралельно з мережею, забезпечуючи постійне значення швидкості, що встановлюється за рахунок відрізу жорсткої механічної характеристики.

Математична модель піднімально-опускного механізму з електромеханічним приводом при двоетапному переміщенні платформи представлена у вигляді системи рівнянь (1). Вона дозволяє враховувати зміну кінематичних та динамічних параметрів переміщення піднімально-опускного пристрою під час вирішення задачі оптимізації.

$$\left\{ \begin{array}{l} X_1(0) = 0, \\ X_2(0) = \omega_y, \\ X_2(0) = 0, \\ X_3(0) = X_{30}, \\ X_4(0) = X_{40}, \\ \varepsilon + \omega_y \cdot t_T - X_1(t_T) = 0, \\ \lambda_3(t_T) X_4(t_T) + \lambda_4(t_T) \left(\frac{M(t_T)}{I_1} + \frac{M_2}{I_2} - abX_3(t_T) \right) + \rho M^2(t_T) + qM(t_T) + \Gamma - (P_2 + P_3) + \lambda_1 \omega_y = 0; \end{array} \right. \quad (1)$$

де $\lambda_i(t)$ - множник Лагранжа; x_i - фазові координати; p, q, r - коефіцієнти параболічного вирівнювання; $M(t)$ - тормозний момент; ω_y - встановлена швидкість двигуна; I_2 - приведений момент інерції мас, що поступально рухаються; I_1 - момент інерції приводу.

Аналітичний розв'язок системи рівнянь, що описує двомасову коливальну систему (1), наведено у вигляді графіка залежності швидкості від часу (рис.4).

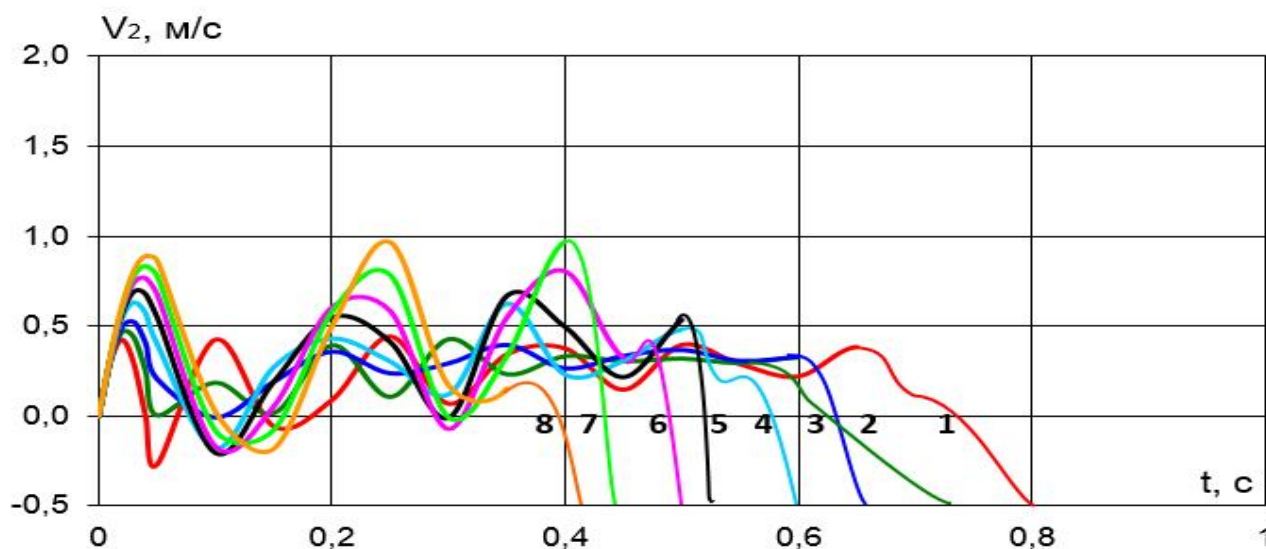


Рисунок 3 - Залежність зміни швидкості від часу під час переміщення другої маси (платформи) на етапі розгону та усталеного руху з різною кількістю вантажів: 1 – з 8-ма шарами вантажів на платформі; 2 – з 7-ма шарами; 3 – з 6-ма шарами; 4 – з 5-ма шарами; 5 – з 4-ма шарами; 6 – з 3-ма шарами; 7 – з 2-ма шарами; 8 – з одним шаром

Під час досліджень була розроблена і виготовлена експериментальна установка (рис. 4). Особливістю роботи експериментальної установки є можливість фіксувати зміну потужності на електродвигуні привода платформи в реальному часі. Для цього було розроблено спеціальне програмне забезпечення та використано блок аналогово-цифрового перетворення сигналів і персональний комп'ютер.

Приклад отриманих при цьому результатів зміни потужності електродвигуна в реальному часі показано на рис. 5.

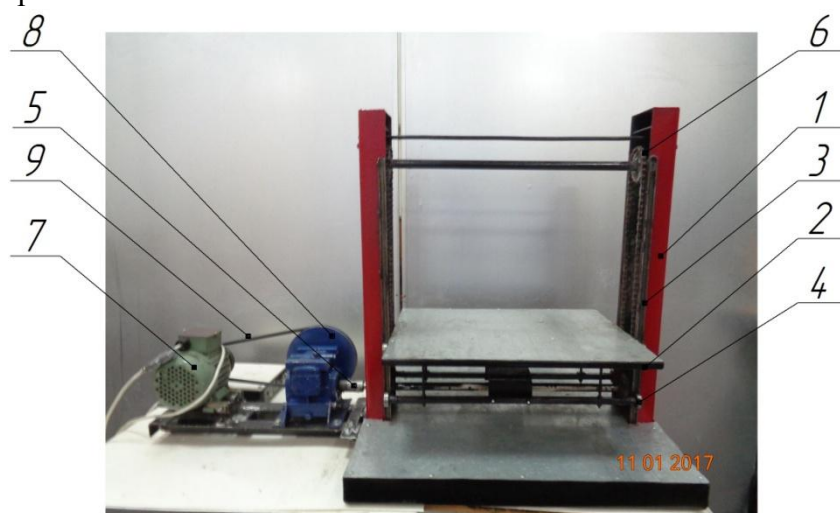


Рисунок 4 - Експериментальна установка піднімально-опускного механізму пакетоформувальної машини: 1 – рама, 2- піднімально-опускна платформа, 3-напрявні, 4-ролики, 5 привідний вал установки, 6-зірочки ланцюгової передачі, 7-двигун, 8-червячний редуктор, 9-пасова передача

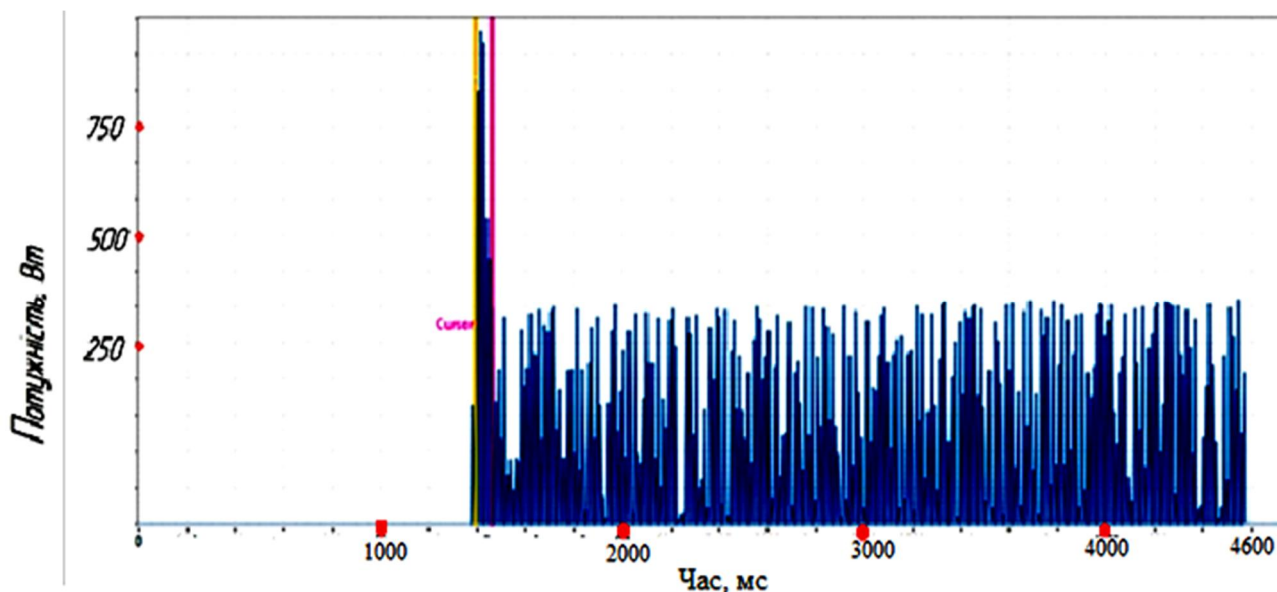


Рисунок 5 - Зміна потужності від часу під час підймання платформи з вантажем масою 6.5 кг

Висновки. На основі аналізу результатів аналітичних та експериментальних досліджень стало можливим перевірити роботоздатність запропонованої динамічної моделі піднімально-опускного механізму з електромеханічним приводом та визначити закономірність зміни витрат енергії на етапах піднімання та опускання платформи.

Встановлено, що використання під час проектування ПФМ такої методики для визначення раціональних параметрів електродвигунів привода піднімально-опускних механізмів в порівнянні з існуючими конструкціями дає можливість знизити енерговитрати за один цикл формування транспортного пакета до 30 % .

Література.

1. Попович І. І. Пакеторозформувальні машини / І. І. Попович, О. М. Гавва. // Упаковка. – 2002. – №3. – С. 34–39.
2. Гавва О. М. Пакувальне обладнання / А. П. Беспалько, О. М. Гавва, А. І. Волчко. – Київ: ІАЦ Упаковка, 2007. – 136 с.

УДК 621.87

Моклюк І.М.,

Кривопляс-Володіна Л.О., к.т.н.

Валіулін Г.Р., к.т.н.

Національний університет харчових технологій (НУХТ), м. Київ, Україна

ІНТЕГРОВАНІ РІШЕННЯ НА БАЗІ МОДУЛЬНОЇ СИСТЕМИ ПРОЕКТУВАННЯ

Вступ. На сьогодні існує велика кількість конструктивних схем фасувальних машин для різних груп харчових продуктів. Значна частина із вітчизняних конструкцій має недоліки, а тому для підвищення ефективності роботи, потрібно впроваджувати нове обладнання та технології, проводити переоснащення діючих підприємств. Актуальною є проблема розробки нового обладнання, яке б не лише підвищувало продуктивність праці, але і відповідало б основним критеріям ISO 9001.

Актуальність. Потреба розробки загальної методики аналізу та синтезу конструктивних схем фасувального обладнання для в'язких харчових продуктів, що забезпечує задану продуктивність з мінімальними вартісними витратами. Існуюча різноманітність конструкцій та варіантів виконання механізмів машин зумовлена відмінністю параметрів в'язких продуктів, що фасуються, умовами фасування, конструкцією споживчої тари; неузгодженою роботою проектних організацій і відсутністю одного методологічного підходу до проектування машин даного класу. Розв'язання цього питання і є метою наших досліджень.[1,2]

Основна частина. Складності технологічної топології процесу фасування в'язких продуктів можна усунути застосувавши модульний метод проектування в основу якого покладено топологічний метод аналізу технологічних систем (зокрема VFFS Bosch Packagin). Сигнальний граф, виконаний в просторі програми AnyLogic (рис.1) – це

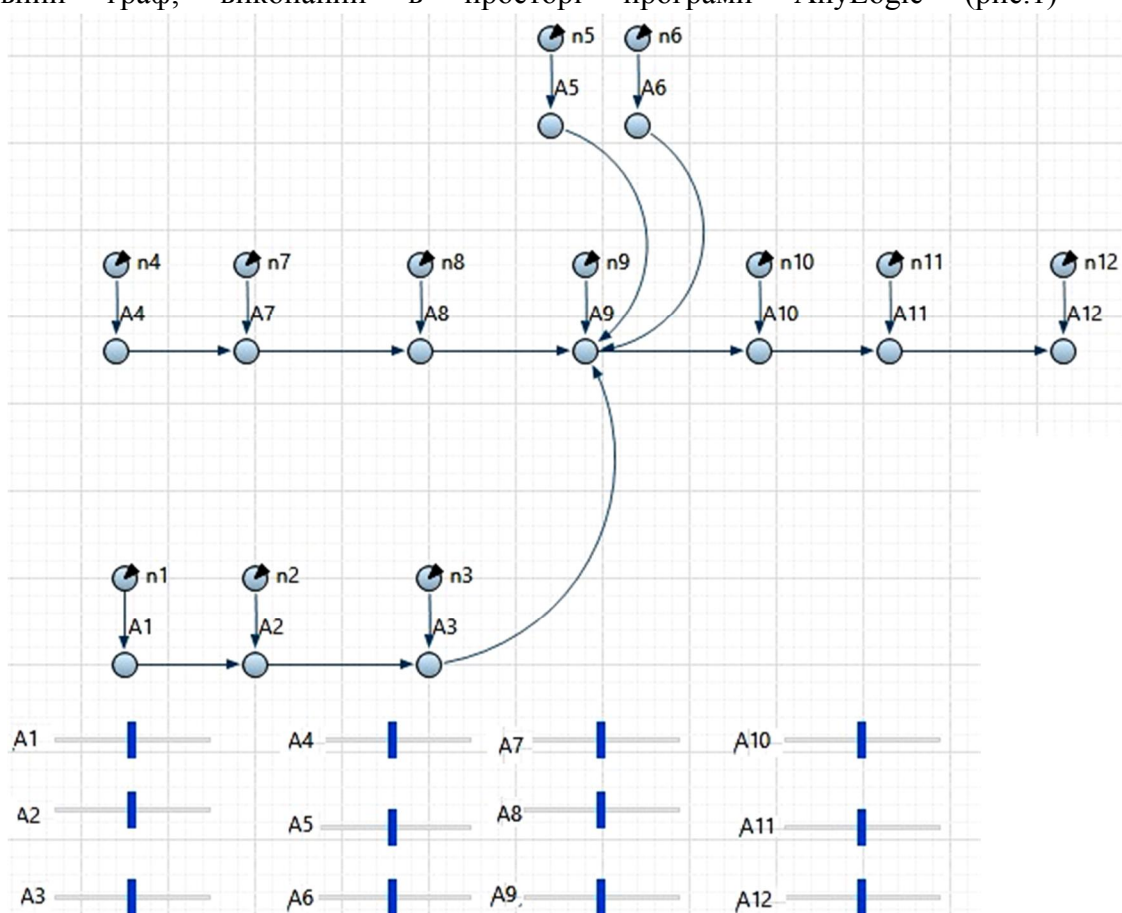
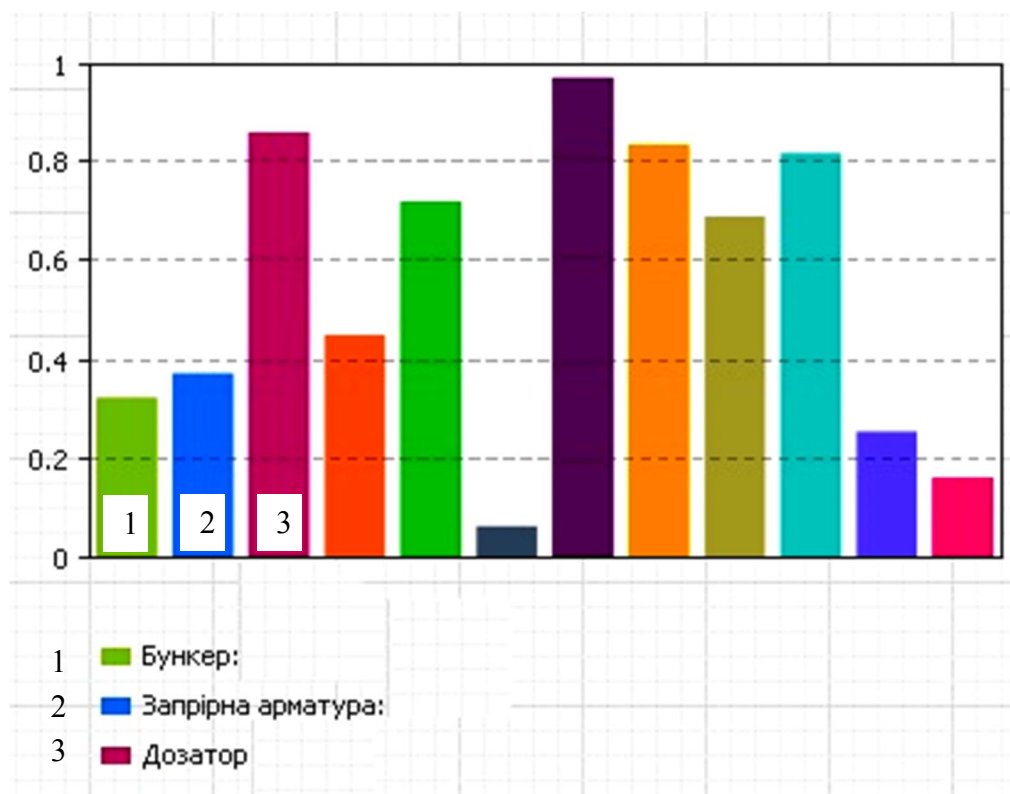


Рисунок 1 – Сигнальний граф процесу в просторі програми AnyLogic



орієнтований граф, що відповідає лінійним або лінеаризованим системам рівнянь математичної моделі технологічної системи і відображає причинно-наслідковий зв'язок між змінними системи.

Один із способів застосування кінцевого графа ґрунтуються на положенні, що графи - це топологічна форма інтерпретації системи компонентних рівнянь. $A_1 - A_{12}$ - Функціональні модулі. $n_1 - n_{12}$ - Змінні вхідні величини (енерговитрати, матеріальні витрати, економічні затрати).

Таблиця 1 – Загальна характеристика технологічних переходів сигнального графа

Технологічні переходи	Позначення	Змінні функціональні модулі
1	2	3
Завантаження продукту	A_1	Бункер накопичувач
Запірна арматура	A_2	Клапаннові, кранові, золотникові
Дозування	A_3	Поршневий, мембранний, шнековий, пневматичний дозатори
Амортизація плівки	A_4	Механізм з натягнутою петлею матеріалу, багатопетлеві із кількома роликками
Гальмування і зупинка плівки	A_5	Перегинаючі затискачі, самозаклинювальні затискачі, вакуумні затискачі
Гальмування рулону	A_6	Механізми з постійним гальмівним моментом, механізм зі змінним плечем гальмування, механізми з гальмуванням колодкою на периферії рулону, механізми з гальмуванням стрічкою на периферії рулону

1	2	3
Утворення плівкового рукава	A ₇	Рукавоутворювач комірцевого типу, плоского тришовного або типу «дой-пак» пакета, механізм утворення чотиришовного плоского пакета
Утворення поздовжнього зварного шва	A ₈	Механізм термоконтактного, термоімпульсного, інфрачервоного випромінювання, ультразвукового, тертям і токами високої частоти зварювання
Утворення поперечних зварних швів	A ₉	Механізм термоконтактного, термоімпульсного, інфрачервоного випромінювання, ультразвукового, тертям і токами високої частоти зварювання
Протягування рукава	A ₁₀	Механізм з протягувальними роликми; механізм на основі безштокового пневмоциліндра; механізм протягування з натяжними пасами
Відрізання пакету	A ₁₁	Універсальний ніж; ніж - гільйотина
Нанесення дати	A ₁₂	Дататор струменевий; дататор термопринтерний

Висновки

На прикладі реальної конструкції фасувальної машини для в'язких харчових продуктів показано процес її модульного проектування з визначенням раціональних параметрів модулів; складності дослідного та розрахункового характеру які виникають під час розв'язання задач аналізу та синтезу фасувального обладнання можна усунути застосувавши топологічний метод аналізу технологічних систем.

Література

1. Дворянkin А.М. Методы синтеза технических решений / А.М. Дворянkin, А.И. Половинkin, А.Н. Соболев. – М.: Наука, 1977. – 104 с.
2. Гавва О.М. Пакувальне обладнання в 3 кн. – 1 кн / О.М. Гавва, А.П. Безпалько, А.І. Волчко [За ред. О.М. Гавви]. – Київ: ІАЦ «Упаковка», 2008. – 436 с.

Гавва О.М., д.т.н.

Кривопляс-Володіна Л.О., к.т.н.

Гнатів Т.Т.,

Савченко О.І.

Національний університет харчових технологій (НУХТ), м. Київ, Україна

ОБҐРУНТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНОЇ СХЕМИ ПРИВОДУ ВІБРАЦІЙНО-ІНЕРЦІЙНОГО ЛОТКА ДЛЯ ТРАНСПОРТУВАННЯ ШТУЧНИХ ПРОДУКТІВ

Вступ. Огляд пневматичних приводів вібраційно-інерційних лотків для транспортування, розподілу на потоки, переорієнтування штучних продуктів показав, – що в даний час досить ефективно в якості приводів застосовують пневматичні системи із зворотнім зв'язком. За умови невеликих перемещень робочої поверхні лотка, - можна в якості виконавчих приводів використовувати пневматичні м'язи [1, 2]. Перед пневматичними циліндрами вони мають декілька переваг: відсутність сили тертя і високих зусиль при тих же габаритах [2]. Однак пневмоциліндри характеризуються наявністю гістерезиса по переміщенню робочої ланки, при зростанні і зменшенні тиску в робочих камерах циліндра, або змінному навантаженні на шток (вал). Це призводить до необхідності формування системи зворотного зв'язку по місцю положенню робочої ланки. Існуючі системи з приводом на пневмом'язах дозволяють реалізовувати частоту руху до 20 Гц із зменшеним навантаженням по зусиллю тертя в приводі [2]. На першому етапі проектування розрахунок лотка для переміщення штучних виробів проводився по статичним параметрам. В якості заміни пневматичних м'язів, нами запропоновано конструкцію пневматичних циліндрів із сільфонним корпусом (сільфонні пневмоциліндри).

Актуальність. Відповідно до завдання, створення нового приводу вібраційно-інерційного лотка для переміщення і поділу штучних продуктів на потоки, вимагає коливального руху платформи лотка із трьома ступенями вільності. Привід даної платформи реалізовано на пневматичних циліндрах із сільфонним корпусом, який містить 5 гофр. Такий привід має можливість управління за допомогою знакозмінного тиску. Це відрізняє запропоновану конструкцію (рис.1), від існуючих аналогів, в тому числі і пневмом'язів. Привід на основі сільфонних пневмоциліндрів (рис.1) здатний працювати при частотах до 20 Гц [2]. Було припущено, що для експериментально заданого діапазону частот від 0,2 до 5 Гц, динамічними властивостями сільфонного пневмоциліндра (СП) можна знехтувати. Розрахунок приводу по статичним характеристикам м'язів був приведений в роботі [2]. Після проведення експериментальних досліджень по роботі запропонованого приводу вібраційно-інерційного лотка при заданих частотах було виявлено суттєве відхилення отриманих значень кінематичних і динамічних параметрів. У зв'язку з цим, були проведені експериментальні дослідження динаміки СП з інерційним навантаженням при зміні тиску за гармонічним законом.

Основна частина. Пневмомускули (ПМ) є пристроями односпрямованої дії, тому вони застосовуються попарно або в антагоністичній парі із попередньо розтягнутими пружинами. Таким чином, для забезпечення гармонічних коливань в ПМ попередньо подається деякий тиск, що викликає початкове переміщення об'єкта, що забезпечує можливість його подальшого руху в протилежних напрямках. Перед проведенням випробувань вібраційно-інерційного лотка, проведено аналіз динаміки сільфонних систем. Вже згадана конструкція має зовнішній діаметр 25 мм, довжину $L_0 = 40$ мм при статичному положенні. Частота вібрацій платформи налаштовується за допомогою програми керування через програмований логічний контролер при обмеженні частоти коливання лотка: $f = 0,2 \dots 10$ Гц. Максимальна частота 10 Гц була пороговою для застосованої керуючої системи HN1M-000-2BK-4C (КАМОЦЦИ). Тиск попереднього напруження СП визначається виходячи з вимоги щодо досягнення максимальної амплітуди переміщення при амплітуді зміни тиску $P_A = -0,5$ бар до

$P_1 = 1,5$ бар. Величина інерційного навантаження СП становить $m = 200; 300; 500; 800$ г, враховуючи групи штучних продуктів при проведенні досліджень. В ході огляду і аналізу літератури по даній темі не були виявлені експериментальні дослідження або математичні моделі, які описують динаміку СП з інерційним навантаженням в розглянутому діапазоні частот. Наприклад, відсутні експериментальні дані, що підтверджують справедливості лінеаризованої математичної моделі оболонкового пневмоциліндра (т.зв. балонний циліндр, що працює за тим же принципом, що і пневмом'язи). А також відсутність чітких вхідних даних в математичній моделі ПМ, яка запропонована S.A. Gadsden в роботі [1]. У даній моделі досліджується поведінка ПМ конструкції Маккібен в діапазоні частот від 0,05 до 0,95 Гц; запропонована модель з точністю до 10% описує результати експериментів.

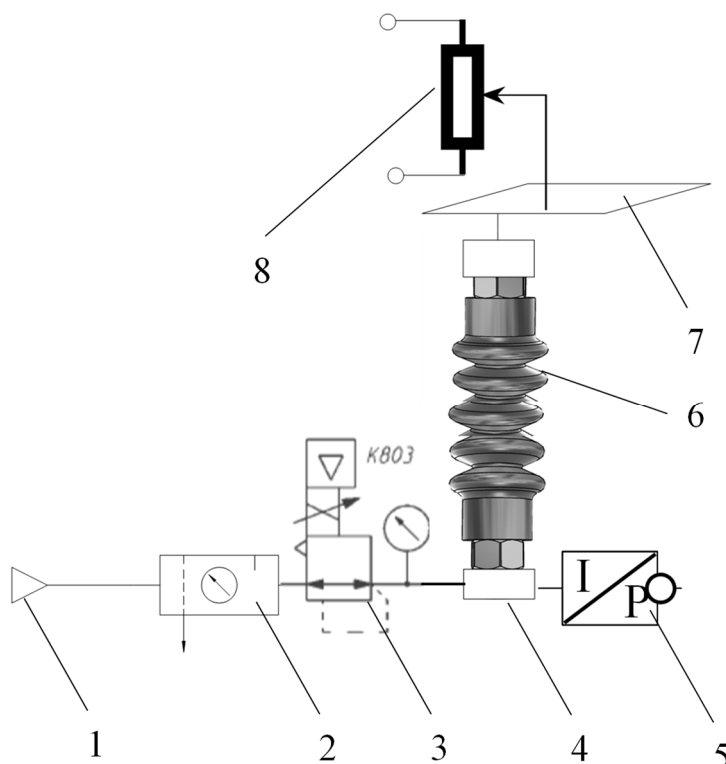


Рисунок 1 - Схематичне зображення вимірювальної установки для дослідження динаміки сильфонного пневмоциліндра з інерційним навантаженням: 1 - джерело тиску, 2 - блок підготовки повітря, 3 - редуктор тиску з пропорційним управлінням MX PRO, 4 - фітінг подачі тиску, 5 - датчик тиску, 6 - сильфонний пневмоциліндр; 7 - інерційна навантаження (лоток), 8 - потенціометричний датчик положення.

Були експериментально побудовані амплітудно-частотні характеристики СП в діапазоні частот до 10 Гц при амплітуді зміни тиску до $P_A = 1$ бар. Логарифмічні амплітудні і фазові частотні характеристики по переміщенню для динамічної системи з передавальною функцією виду:

$$W_{PX}(s) = \frac{x(s)}{p(s)},$$

x - переміщення верхньої кришки СП, p - синусоїдально змінюється тиск в СП.

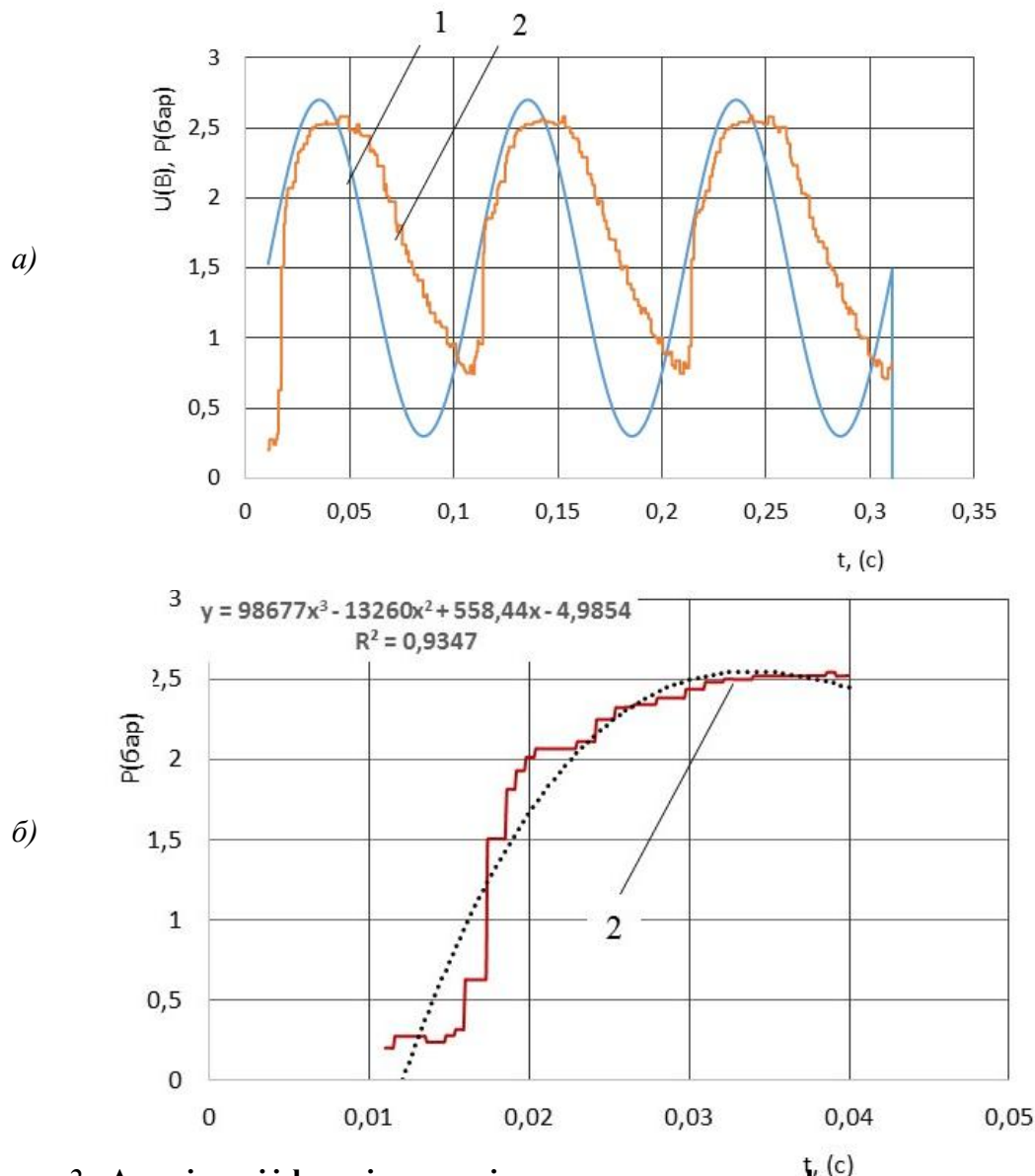


Рисунок 2 – Амплітудні і фазові частотні характеристики сильфонного пневмоцилиндра:
 а - для частоти коливання лотка до 10 Гц; б – ділянка екстремуму частотних характеристик з кривою апроксимації отриманого результату; 1 - амплітудна характеристика задана за допомогою MX PRO (U, B), 2 - зворотний сигнал у вигляді керованого тиску на виході MX PRO ($P, \text{бар}$).

Висновки

За підсумками проведеної роботи можна зробити позитивні висновки про можливість застосування пневматичних сильфонних пневмоциліндрів в приводі вібраційно-інерційного лотка. Експериментальний аналіз особливостей динаміки СП говорить про допустимий гістерезис і стабільну роботу в дослідженому діапазоні кінематичних і динамічних характеристик. Отримані результати величини достовірності апроксимації R^2 (рис.2,б), підтверджують достовірність отриманого результату. Частотна характеристика по зусиллю підтверджує використання СП в технічних системах, де реалізуються малі переміщення при частотах до 10 Гц. Прикладом таких систем можуть бути приводи напрямних, тенів, ножів висічки на заготовках упаковок, налаштовані на певний фіксований розмір.

Література

1. Joupila V., Gadsden S.A., Ellman A. Modeling and identification of a pneumatic muscle actuator system controlled by an on/off solenoid valve // Proceedings of 7th International Fluid power Conference, March 22-24. Aachen. 2010. P. 1-11.
2. Karnjanaparichat T., Pongvuthithum R. Adaptive control for a one-link robot arm actuated by pneumatic muscles // Chang Mai J. Sci. Chang Mai. 2008. №35(3). P. 437-446.

УДК 637.352

Бабанов І.Г., к.т.н.

Бабанова О.І.,

Діброва В.В.

Національний університет харчових технологій (НУХТ), м. Київ, Україна

ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ПРОЦЕСУ ВИРОБНИЦТВА КИСЛОМОЛОЧНОГО СИРУ ШЛЯХОМ УДОСКОНАЛЕННЯ АПАРАТУ ДЛЯ УТВОРЕННЯ БІЛКОВОГО ЗГУСТКУ

В даний час машини і апарати періодичної дії все більше замінюються обладнанням безперервної дії, що дає змогу збільшити об'єми виробництва і значно підвищити його ефективність. Вдосконалення технологічного обладнання молокопереробної промисловості сприяє впровадженню нових способів оброблення молока, що дає можливість більш повно зберігати початкові якості продукту і його складових частин.

Удосконалення апарату для утворення білкового згустку шляхом встановлення пристрою для його перемішування доцільно не тільки для зменшення витрат ручної праці, але й для підвищення механізації процесу та забезпечення асептичних умов оброблення продукту. Застосування традиційних ванн для сквашування супроводжується значними витратами ручної праці. Крім цього для встановлення ванн необхідні значні виробничі площі.

Інтенсифікація процесу виробництва кисломолочного сиру шляхом удосконалення апарату для утворення білкового згустку.

Для дослідження процесу інтенсифікації утворення білкового згустку нами проведено моделювання перемішування сировини в апараті з встановленим перемішувачем шнеком; досліджені вплив зміни густини білкового згустку на процес перемішування та вплив зміни швидкості шнекового механізму на процес перемішування.

Апарат для утворення білкового згустку складається з двох ванн ємністю по 2000 л з пресуючими ваннами, в яких сквашують молоко, привода пресуючих ванн, відбірника для сироватки, ножів для розрізання кисломолочного згустку і двох самовсмоктуючих насосів для відводу сироватки [1]. Пресуюча ванна має перфоровану поверхню з розташованою на ній фільтруючою основою для пресування згустку. Привід встановлюється поруч з ваннами, які працюють незалежно одна від одної.

Вдосконалення апарату для утворення білкового згустку також полягає в встановленні шнекового перемішувача пристрою, який пришвидшує процес утворення білкового згустку. Найважливішими технологічними параметрами оброблення згустку є величина тиску на згусток і швидкість переміщення пресуючої ванни, що визначає швидкість процесу оброблення [2].

Для дослідження руху білкового згустку за допомогою шнекового перемішувача пристрою використовувався програмний комплекс Flow Vision, в який було імпортовано геометрію розрахункової області ванни. Ванна має довжину 2700 мм, швидкість обертання шнека 1 об/с, проведення досліджень відбулось за нормальних виробничих умов.

Для розрахунку процесу була вибрана математична модель «нестискувана рідина», яка призначена для моделювання потоку рідини при великих (турбулентних) числах Рейнольдса та при малих змінах густини. В математичну модель входять рівняння Нав'є – Стокса, збереження енергії та рівняння конвективно – дифузійного перенесення концентрації суміші.

Завдяки цьому нами визначена величина швидкості потоків сировини, а також встановлено, що тиск середовища розподіляється нерівномірно. На початку процесу перемішування тиск має значні значення, але при закінченні процесу він суттєво зменшується.

На основі аналітичних досліджень конструкцій апаратів для утворення білкового згустку модернізований апарат є найбільш вдосконалим і застосування його в технологічних лініях виробництва кисломолочних сирів дозволить контролювати процеси сквашування і пресування [3].

Перевагою запропанованого апарату є застосування в ньому гідравлічного приводу індивідуально-насосного типу, що дозволить вирішити наступні задачі: отримати необхідні швидкості переміщення пресуючої ванни (зростаючі при опусканні ванни до дотику з кисломолочним згустком і при її підйомі та уповільнюючі при пресуванні кисломолочного згустку), а також можливість змінювати величину швидкості; покращити процес утворення білкового зерна; створювати необхідний тиск на кисломолочний згусток і при необхідності змінювати його значення; одночасно обслуговувати дві робочі ванни незалежно від ходу технологічного процесу; захищати гідросистему від перевантажень в кінці пресування, коли тиск на продукт зростає, а вміст вологи в ньому зменшується і швидкість переміщення ванни знижується.

Висновки. При дослідженні процесу інтенсифікації утворення білкового згустку в апараті, було проведене удосконалення ванни для заквашування згустку з встановленням шнекового перемішуючого пристрою, а також встановлення гідравлічного приводу індивідуально-насосного типу, що пришвидшує процес сквашування згустку і збільшує його насичуваність білковим зерном.

Інтенсифікація процесу дає можливість покращити показники роботи апарату, зокрема: підвищити продуктивність технологічної лінії виробництва кисломолочних сирів, а отже і збільшити обсяги виробництва.

Література

1. Бредихин С.А., Космодемьянский Ю. В., Юрин В.Н. «Технология и техника переработки молока» - М. «Колос» 2003 г. - 400 с.
2. Вдовин А.И., Саргсян К.Г., Дуль В.Л., Сидорин В.Ю., Мымра А.Д. Машины, технологическое оборудование, приборы для предприятий молочной промышленности - Тернополь: Воля, 2006. – 480.
3. Бредихин, С.А. и др. Юрин В.Н. Техника и технология производства сливочного масла и сыра [Текст]/ С.А. Бредихин, В.Н. Юрин – М.: Колосс, 2007. – 319 с.

УДК 641.523.274.524.

Бабанов І.Г. к.т.н., Беседа С.Д., Бабанова О.І., Міхно І.А.

Національний університет харчових технологій (НУХТ), м. Київ, Україна

ВДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ КАМЕРИ ДЛЯ ТЕПЛОВОГО ОБРОБЛЕННЯ КОВБАСНИХ ВИРОБІВ З МЕТОЮ КЕРУВАННЯ ПОТОКОМ РОБОЧОЇ СУМІШІ

Вступ. Одним з ефективних напрямків підвищення науково-технічного рівня м'ясопереробних виробництв є їх технічне переозброєння на основі комплексних наукових та інженерних досліджень, інтенсивних методів оброблення сировини та широкого впровадження найбільш ефективних із них у промисловість. Аналіз відомих конструкцій і досвіду експлуатації промислових камер теплового оброблення для виробництва ковбасних виробів, їх швидкісних режимів роботи показало, що конструкційні рішення термокамер мають ряд недоліків.

Актуальність теми. Від режиму і способу ведення процесів теплового оброблення ковбасних виробів в основному залежать їх якісні показники. Вищезгадані фактори в значній мірі проявляються на етапах обжарювання і копчення і негативно впливають на якісні показники готового продукту, а також призводять до перевищення норм вагових втрат.

Удосконалення конструкції камери теплового оброблення ковбасних виробів на основі застосування принципу послідовного площинно-паралельного розподілення потоку робочої суміші по контуру циркуляції робочої суміші.

Матеріали і методи. Поставлена задача вирішується тим, що пристрій для теплового оброблення ковбасних виробів являє собою теплоізововану камеру з пустотілими стінками, всередині яких розташовані канали для проходження робочої суміші, які з'єднуються із соплами, розташованими похило до днища з двох протилежних сторін камери по всій їх довжині.

Результати. Визначено загальну картину розподілення циркуляційних потоків робочої суміші в об'ємі камери. Утворений потік робочої суміші проходить по каналах, які розташовані похило в пустотілих стінках камери і через сопла надходить в зону розміщення продукту.

Після виходу з сопла припливний струмінь робочої суміші поступово розширюється за рахунок ежекції навколишнього середовища і на деякій відстані від сопла зливається зі струменями, що витікають з інших сопл, надходить до бічної стінки камери, потім до верху камери і змінює напрям руху.

Наявність потоку робочої суміші впливає на характер протікання та інтенсивність процесів тепло- і масопереносу. Процеси теплообміну супроводжуються конденсацією пари з вологого повітря на поверхні виробів або випаровуванням рідини.

Основними технічними характеристиками вдосконаленої камери для теплового оброблення ковбасних виробів є рівномірне розподілення робочої суміші по довжині, ширині і всьому об'єму камери і створення кращих умов контакту робочої суміші з усією поверхнею виробу.

Висновки. Таким чином, сукупність вказаних конструктивних рішень гарантує досягнення наміченого технічного вдосконалення – рівномірного розподілу потоку по довжині і ширині камери теплового оброблення і покращення контакту робочої суміші з поверхнею ковбасних виробів. В наслідок інтенсифікації процесу теплового оброблення покращується якість продукції і знижуються витрати енергії.

Література.

Патент України на корисну модель №106974 МПК (2016.01) A22C 11/00, A23B 4/06 (2006.01), A23B 4/044 (2006.01); Пристрій для термічної обробки ковбасних виробів / І.Г.Бабанов, С.Д. Беседа, О.І. Бабанова, заявник НУХТ. – № u2015 12286, Заявл. 11.12.15, Опубл. 10.05.2016, Бюл. № 9.

УДК 66.011:664.7

Гапонюк І.І., д.т.н., проф.

Національний університет харчових технологій (НУХТ), м. Київ, Україна

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ТЕПЛОНОСІЇВ У СУШИЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЯХ

В технології післязбиральної підготовки зерна до тривалого його зберігання найбільш енергоємним та складним технологічним процесом є його зневоднення.

Споживання природного газу різними сушильними агрегатами може бути різним і для найбільш поширених сушарок ці витрати становлять: для вітчизняних ДСП-32от – 5...7 тис.м³/доб, американських GH-24 – 17...19 тис.м³/доб, шведських Tornum – 19...22 тис.м³/доб і англійських Chief – 45... 50 тис.м³/доб [1].

Із загальної кількості теплоти, що вноситься в зерносушильну камеру сушарки з нагрітими газами, лише її частка, до 45 % від загальних енерговитрат, використовується на фазові перетворення вологи в тілі зернини й міжфазовий масообмін.

З огляду на значну частку енерговитрат в структурі собівартості послуг зернозаготівельного підприємства, зростаючу вартість енергоносіїв та ближню перспективу конкуренції вітчизняних господарств на європейському ринку, посилено стає питання зменшення питомої частки вартості енергоносіїв в наданих послугах та виробленої продукції. Цю задачу на сьогодні можна оперативно вирішити двома напрямками:

- 1) Удосконалення вітчизняних технологій;
- 2) Застосування альтернативних енергоносіїв.

Перший напрямок було розглянуто нами в попередніх номерах цього часопису. Тому нижче пропонуємо розглянути особливості застосування другого напрямку – використання альтернативних енергоносіїв.

Для цього виберемо найбільш енерговитратну технологію та на її прикладі розглянемо особливості використання енергоносіїв. Серед усіх технологічних процесів зернопереробних підприємств найбільш енерговитратним є зневоднення зерна [1, 2]. Для прикладу один із трьох-чотирьох зерносушильних комплексів елеватора ДСП-32от споживає енергії вдвічі більше від млина сортового помелу продуктивністю 500т/доб.

Нижче, в табл. 1 наведено потребу найбільш поширених видів палива різної теплоутворюючої здатності для зневоднення зерна сушильного агрегату ДСП-32от.

Таблиця 1 – Теплоенергетична характеристика зерносушарки ДСП-32ОТ при сушінні зерна пшениці з 20 % до 14 % різними видами палива

Показники	Паливо на сушіння		Електроенергія на	
	дизельне	природний газ	сушіння	переміщення газів *)
Теплоутворююча здатність	42,3 МДж/кг	32,4 МДж/м ³	3,6 МДж /кВт.год	3,6 МДж /кВт.год
Продуктивність сушарки, кг/год	32000	32000	32000	32000
Маса випаровуємої вологи, кг/год, кг/(т°%)	2233 11,6	2233 11,6	2233 11,6	2233 11,6
Витрати теплоти на зневоднення, загальні, кДж/год	11 720 930	11 720 930	11 720 930	309600
питомі, кДж/(кг вологи)	5250	5250	5250	139
питомі, кДж/(т°%)	61047	61047	61047	1613
Витрати палива, кг/т зерна, м ³ / т зерна, кВт/ т зерна	8,7	11,3	101,7	2,7
кг (м ³ , кВт)/т1%	1,44	1,88	16,96	0,45

*) додаткові затрати енергії на подолання аеродинамічного опору переміщенню агенту сушіння/охолодження.

Для вибору теплоносія за ціновим критерієм в табл. 2. представлено порівняльні характеристики структури затрат енергії при зневодненні зерна лише для двох найбільш поширених теплоносіїв (природний газ і дизельне паливо) різної вартості.

Таблиця 2 – Енерго-аеродинамічний баланс шахтної зерносушарки ДСП-320Т (на 2007р)

Вид енергоносія	Вартість палива, ел.енерг, грн/кг(куб.м) (кВт),	Теплоутворююча здатність, МДж/кг, МДж/куб.м, МДж/1кВт	Вартість палива, ел.енерг, грн/МДж	Витрати палива/ел.енерг на зневоднення		Частка затрат на подол. аерод. опору,%, (*
				кг/1т1%; куб.м/1т1%; кВт/1т1%	грн/1т1 %	
дизельне паливо	6,41	42,30	0,15	1,44	9,23	1,99
природний газ	1,15	32,40	0,04	1,88	2,16	8,52
електроенергія	0,35	3,60	0,10	15,12	5,29	
подолання аеродин.опору	0,35	3,60	0,10	0,18	0,18	---

*) показники для сушіння зерна пшениці.

Як видно із табл.2, використання енергоносіїв різної вартості, для умов енергозабезпечення одного і того самого технологічного процесу, може в 2 – 3 рази змінювати собівартість послуг.

З огляду на викладене стає очевидним доцільність вибіркового використання енергоносіїв зернопереробних технологій.

Виникає питання щодо динаміки співвідношення вартості теплоносіїв, особливо з врахуванням європейського впливу. Якщо в табл. 2 наведено розрахунки для вартості енергоносіїв на 2007 рік, то нижче, в табл. 3 і 4, станом на 2011 та 2017 роки.

Таблиця 3 – Аналіз використання різних теплоносіїв зневоднення зерна (вартість теплоносіїв станом на 01.03.2011)

Вид енергоносія	Вартість грн/кг(м³, кВт)	Теплоутворююча здатність, МДж/ кг(м³, кВт)	Вартість енергоносія, грн/МДж	Витрати теплоносія		Зитрати на переміщення, рГ, %	Зитрати на переміщення, шару зерна, %
				(кг, м³, кВт)/1т1%	грн/1т1%		
Дизельне паливо	12,80	42,3	0,303	1,44	18,47	2,1	0,3
Природний газ	3,40	32,4	0,105	1,88	6,41	5,9	0,9
Електроенергія	0,75	3,6	0,208	16,96	12,72	3,0	0,5

Як слідує із аналізу наведених даних табл. 2 – 4, попри дорожчання природного газу, досі найвигіднішим теплоносієм, із традиційно-використовуваних, є той же природний газ.

Нижче, в табл. 5 пропонуємо розглянути особливості використання нетрадиційних, непоширених досі теплоносіїв. До таких відносять відходи зернопереробних технологій

Нижче, в табл. 5 пропонуємо розглянути особливості використання нетрадиційних, непоширених досі теплоносіїв. До таких відносять відходи зернопереробних технологій (лушпиння пльвічастих і олійних культур, аспіраційні й не кормові відходи, оболонки й плівки, тощо), відходи деревообробної промисловості й зачистки лісосмуг (пілети, тирса, тощо), торф, вугілля, біопаливо, тощо.

Таблиця 4 – Аналіз використання різних теплоносіїв зневоднення зерна (вартість теплоносіїв станом на 01.01.2017)

Вид енергоносія	Вартість грн/(кг, м ³ , КВт)	Теплоутворююча здатність, МДж/(кг, м ³ , КВт)	Вартість енергоносія, грн/МДж	Витрати теплоносія		Витрати на переміщення РГ, %	Витрати на переміщення шару зерна, %
				(кг, м ³ , КВт)/1т1%	грн/1т1%		
диз. паливо	29,30	42,3	0,69	1,44	42,2	1,33	0,2
природ.газ	8,40	32,4	0,26	1,88	15,8	3,54	0,7
електроенерг	1,94	3,6	0,54	16,92	32,8	1,71	0,3

Довідково : вартість переміщення сушильних і охолоджувальних газів 0,56 грн/(1т·1%)

Таблиця 5 – Аналіз фізичних показників альтернативних теплоносіїв

Параметри	Од.вим.	Теплоносії			
		Тирса, стружка	Лушпиння соняшника	Гранули лушпиння	Вугілля кам'яне
Насипна вага	кг/м ³	220 - 250	90	550 - 600	1000
Теплоутворююча спроможність	МДж/кг	17,15	19,32	19,32	19,8 – 21,0
Вологість	%	6 – 8	4 – 7	8 – 10	--
Зольність	%	0,5 – 1,0	0,35 – 3,0	0,35 – 3,0	10

З огляду на особливість відходів виробництва різних підприємств (реалізація, утилізація, використання), в табл.5 не наведено вартісні показники цих теплоносіїв.

Висновки: Із цієї таблиці видно, що попри особливість цих теплоносіїв, як відходів власного виробництва, крім вугілля, використання цих теплоносіїв має такі особливості:

а) значно менша питома продуктивність тепло утворюючого агрегату, з огляду на їх значно меншу насипну вагу порівняно із традиційними;

б) підвищений вміст канцерогенів обмежує їх пряме використання;

в) особливості структурно-механічних властивостей потребує модернізації тепло утворюючих пристроїв;

г) особливості структурно-механічних властивостей потребує додаткових пристроїв з подачі теплоносія в топкове відділення, контролю повноти спалювання, димовідділювачів та виведення продуктів сполування.

Література:

1. Гапонюк І.І. Зменшення енергозатрат при зневодненні збіжжя// Зерно і хліб, 2006, № 2. – С. 36–37.
2. Жидко В.И. Зерносушение и зерносушилки / В.И. Жидко, В.А. Резчиков, В.С. Уколов – М.: Колос, 1982. – 239 с.
3. Остапчук Н.В. Гидравлическое течение жидкости в процессе мойки зерна / Н.В.Остапчук, А.А. Гончарук, С.Т.Танстанбеков // Наукові праці ОДАХТ, 2002.– Вип. 24. – С. 316.

УДК 621.85

Степанець О.І., к.т.н., Пригодій Д.В., асп., Бут С.А., к.т.н.

Національний університет харчових технологій (НУХТ), м. Київ, Україна

ДИНАМІКА І ЕНЕРГЕТИЧНА РЕКУПЕРАЦІЯ В ТЕХНОЛОГІЧНИХ МАШИНАХ

Постановка проблеми. Перехідні процеси режимів пуску електромеханічних систем в значній мірі залежать від статичних механічних характеристик двигунів, в яких присутні моменти пускові, максимальні та номінальні з нелінійними залежностями $M_{\text{дв}} = M_{\text{дв}}(\omega)$.

Моделювання таких процесів ускладнюється вказаними нелінійностями та ще тим, що вони є певними абстракціями, в яких нехтуються електромагнітні перехідні процеси [1]. Врахування цих особливостей приводить до доцільності використання лінеаризованих статичних механічних характеристик асинхронних двигунів [2, 3] з нечітко визначеними впливами таких апроксимацій, хоча значення моментів пускових $M_{\text{п}}$, максимальних $M_{\text{м}}$ і номінальних $M_{\text{н}}$ в них присутні.

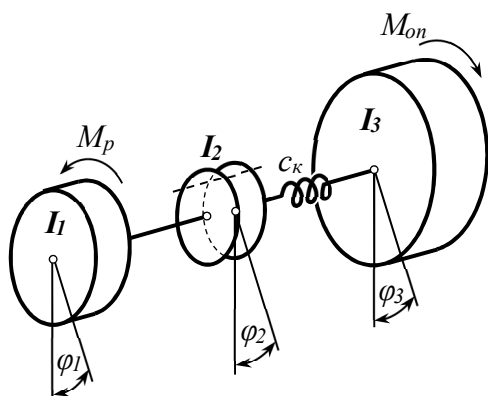


Рисунок 1 - *Схема механічної системи з трьома масами, що обертаються, з моментом інерції I_1 , I_2 та I_3 та з моментом пуску M_p та моментом навантаження M_{on} .*

Разом з тим наявність в складі приводів технологічних машин пасових або фрикційних передач оцінюється корисною у зв'язку з тим, що вона стабілізує рушійний момент значенням моменту сил тертя $M_{\text{т}} > M_{\text{н}}$. Можливості регулювальних впливів на динаміку систем через значення $M_{\text{т}}$ в умовах програмованих змінних динамічних параметрів в обладнанні ліній пакування [4] додатково відкривають перспективи рекуперації кінетичної енергії.

Мета дослідження – намітити перспективи зниження і рекуперації енергетичних витрат в технологічному обладнанні з циклічними режимами роботи.

Результати досліджень. Вирішення двох об'єднаних задач з перспективами обмеження динамічних навантажень в двомасових системах і енергетичних витрат здійснимо на основі аналізу схеми.

Циклічність в роботі технологічного обладнання доцільно супроводжувати заходами по рекуперації кінетичної енергії. При цьому очевидно, що ведена маса повинна бути зупинена відповідно до вимог циклу, тоді як ведуча може бути виконана з можливістю збереження свого енергетичного потенціалу. Реалізація такої системи можлива за включення до неї керованої фрикційної муфти, за рахунок якої досягаються? по-перше, обмежені значення рушійних моментів тертя $M_{\text{т}}$, а, по-друге, реалізується можливість замикання або розмикання зв'язку між ведучою і веденою масами. Розімкнутий стан муфти дозволяє підтримувати на сталому рівні кінетичну енергію ведучої маси. Замикання за відповідної команди фрикційної муфти започатковує перехідний процес розгону веденої маси. В цій схемі ліва півмуфта жорстко зв'язана з приводом і в своїх інерційних властивостях віднесена до ведучої маси, а права півмуфта з моментом інерції I_2 виступає проміжною масою. Таким чином з врахуванням веденої маси система перетворюється на тримасову. Її відмінністю є те, що зв'язок між першою і проміжною масами не пружний, а силовий фрикційний. Окрім того момент інерції I_2 проміжної маси у порівнянні з I_1 та I_3 – обмежений.

Для аналізу перехідного процесу приймемо припущення про сталу кутову швидкість $\dot{\phi}_1 = \text{const}$. Від моменту замикання муфти на першому етапі розпочинається навантаження

пружного елемента з жорсткістю c_k до величини моменту сил опору $M_{оп}$ за нерухомої маси I_3 . Першому етапу відповідають рівняння руху:

$$\varphi_1 = \dot{\varphi}_1 t; \quad I_2 \ddot{\varphi}_2 = M_T - c_k \varphi_2 \quad (1)-(2)$$

Наведені рівняння є умовно незалежними при виконанні умови $\dot{\varphi}_2 < \dot{\varphi}_1$.

Розв'язання наступної умови у формі

$$\ddot{\varphi}_2 + \frac{c_k}{I_2} \varphi_2 = \frac{M_T}{I_2} \quad (3)$$

за початкових умов $t_{(п)} = 0$, $\varphi_{2(п)} = 0$ і $\dot{\varphi}_{2(п)} = 0$ приводить до виду:

$$\varphi_2 = \frac{M_T}{c_k} - \frac{M_T}{c_k} \cos \sqrt{\frac{c_k}{I_2}} t; \quad \dot{\varphi}_2 = \frac{M_T}{c_k} \sqrt{\frac{c_k}{I_2}} \sin \sqrt{\frac{c_k}{I_2}} t \quad (4)-(5)$$

Зміна пружного навантаження відповідає залежності:

$$M_{пр} = c_k \varphi_2 = M_T - M_T \cos \sqrt{\frac{c_k}{I_2}} t. \quad (6)$$

Завершенню етапу відповідає умова:

$$M_{пр} = M_{оп} = M_T - M_T \cos \sqrt{\frac{c_k}{I_2}} t_{(к)}^I. \quad (7)$$

Звідси визначаємо час завершення першого етапу:

$$t_{(к)}^I = \sqrt{\frac{I_2}{c_k}} \arccos \left(1 - \frac{M_{оп}}{M_T} \right). \quad (8)$$

При цьому швидкість завершення першого етапу становить:

$$\dot{\varphi}_{2(к)}^I = \frac{M_T}{c_k} \sqrt{\frac{c_k}{I_2}} \sin \sqrt{\frac{c_k}{I_2}} t_{(к)}^I. \quad (9)$$

На другому етапі рівняння руху зводяться до системи:

$$\begin{cases} \varphi_1 = \dot{\varphi}_1 t; \\ I_2 \ddot{\varphi}_2 = M_T - c_k (\varphi_1 - \varphi_2); \\ I_3 \ddot{\varphi}_3 = c_k (\varphi_1 - \varphi_2) - M_{оп}. \end{cases} \quad (10)$$

Алгоритм розв'язання системи диференціальних рівнянь (10) за сталих значень M_T і $M_{оп}$ може стосуватися її трансформації в одне рівняння пружних моментів сил. За виконання таких перетворень отримуємо умову:

$$\ddot{M}_{пр} + \left(\frac{c_k}{I_2} + \frac{c_k}{I_3} \right) M_{пр} = c_k \left(\frac{M_T}{I_2} + \frac{M_{оп}}{I_3} \right), \quad (11)$$

розв'язання якої приводиться до виду:

$$\begin{aligned} M_{пр} = & \frac{c_k \dot{\varphi}_{2(к)}^I}{\sqrt{\frac{c_k}{I_2} + \frac{c_k}{I_3}}} \sin \sqrt{\frac{c_k}{I_2} + \frac{c_k}{I_3}} t + \left[M_{оп} - \frac{c_k}{c_k/I_2 + c_k/I_3} \left(\frac{M_T}{I_2} + \frac{M_{оп}}{I_3} \right) \right] \times \\ & \times \cos \sqrt{\frac{c_k}{I_2} + \frac{c_k}{I_3}} t + \frac{c_k}{c_k/I_2 + c_k/I_3} \left(\frac{M_T}{I_2} + \frac{M_{оп}}{I_3} \right). \end{aligned} \quad (12)$$

Перехідний процес пуску системи завершується вирівнюванням швидкостей $\dot{\varphi}_1 = \dot{\varphi}_2 = \dot{\varphi}_3$, за якого досягається $M_{пр} = \text{const}$. Зупинка веденої частини розпочинається від моменту розмикання фрикційної муфти під дією $M_{оп}$. Рівняння руху при цьому записуються у формі:

$$I_2 \ddot{\varphi}_2 = -c_k (\varphi_2 - \varphi_3); \quad I_3 \ddot{\varphi}_3 = c_k (\varphi_2 - \varphi_3) - M_{оп}. \quad (13)-(14)$$

Підстановка значень φ_3 і $\ddot{\varphi}_3$ у рівняння (7) дозволяє записати:

$$\ddot{\phi}_2 + \frac{c_k(I_2 + I_3)}{I_2 I_3} \dot{\phi}_2 = -\frac{M_{оп} c_k}{I_2 I_3}, \quad \ddot{\phi}_3 + \frac{c_k(I_2 + I_3)}{I_2 I_3} \dot{\phi}_3 = -\frac{M_{оп} c_k}{I_2 I_3} \quad (15)-(16)$$

Одержані диференціальні рівняння четвертого порядку (15)-(16) розв'язуються з врахуванням певних початкових умов. При цьому незалежним фактором впливу, здатним за необхідності прискорити процес вибігу, є момент сил опору $M_{оп}$. Проте в системі він представлений у формі технологічного опору, зменшення якого практично неможливе за умовами її синтезу, а збільшення не повинно стосуватися найбільш вразливих гнучких зв'язків. Ситуація ускладнюється тим, що ведена маса і її момент інерції є змінними в часі у зв'язку з витратами частини плівки з рулону.

Циклічні переміщення веденої маси і безперервний рух ведучої означають перерозподіл енергетичних витрат порівняно з випадками, у яких названі переміщення об'єднані. Останнє означає, що енергетичні затрати на розгін системи в кожному циклі без оцінки впливів шкідливих опорів мають складати:

$$E_{кін} = (I_1 + I_2) \frac{\dot{\phi}_m^2}{2}, \quad (10)$$

де $\dot{\phi}_m$ – максимальна кутова швидкість системи.

Зупинка веденої маси, що настає після відключення фрикційної муфти за рахунок вибігу або гальмування означає енергетичні втрати у розмірі:

$$\Delta E_{вт} = I_2 \frac{\dot{\phi}_m^2}{2}. \quad (11)$$

Якщо в режимі зупинки веденої маси ведуча зберігає швидкість $\dot{\phi}_m$, то в наступному циклі енергетичні витрати щодо кінетичної енергії стосуються розгону тільки веденої маси:

$$E'_{кін} = I_2 \frac{\dot{\phi}_m^2}{2}. \quad (12)$$

Названі обставини означають присутність в системі обмежень енерговитрат і, одночасно, рекуперацію енергії. Очевидно, що енергетична ефективність залежить від співвідношення кінетичних енергій – максимальної енергії веденої маси і ведучої маси у формі:

$$\eta = \frac{I_2}{I_1 + I_2}. \quad (13)$$

Висновки. 1. Показано доцільність синтезу приводів технологічних машин з завданнями обмежень динамічних складових навантажень ведучих і ведених мас та пружних зв'язків.

2. Стабілізація рушійних факторів в одномасових і кількамасових моделях можлива при використанні пасових або фрикційних передач.

3. Режим енергетичного збереження і рекуперації в циклічно діючому обладнанні можливі за рахунок зупинки тільки ведених мас без зупинки ведучих.

4. Ефективність рекуперації кінетичної енергії залежить від співвідношення ведучих і ведених мас.

ЛІТЕРАТУРА

1. Моделювання процесів пакування: підручник / А.І. Соколенко, В.Л. Яровий, В.А. Піддубний та ін. – Вінниця: Нова книга, 2004. – 272 с.
2. Теорія тертя у взаємодії твердих тіл: монографія / А.І. Соколенко, С.В. Іванов, В.А. Піддубний та ін. – К.: Фенікс, 2012. – 256 с.
3. Рекуперація кінетичної енергії в технологічних машинах / А.І. Соколенко, К.В. Васильківський, О.І. Степанець // Харчова промисловість. – 2016. – № 20. – С. 138-145.
4. Регулювання ходу машин / А.І. Соколенко, О.І. Степанець, Д.В. Пригодій // Харчова промисловість. – № 21. – К.: НУХТ. – 2017. – С. 155-163.

УДК [678.027.3+678.057.3]:678.073

Витвицький В.М., аспірант

Мікульонок І.О., д.т.н.

Сокольський О.Л., к.т.н.

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» (КПІ ім. Ігоря Сікорського), м. Київ, Україна

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ МАСОВОЇ ПРОДУКТИВНОСТІ ШНЕКОВОГО ЖИВИЛЬНИКА

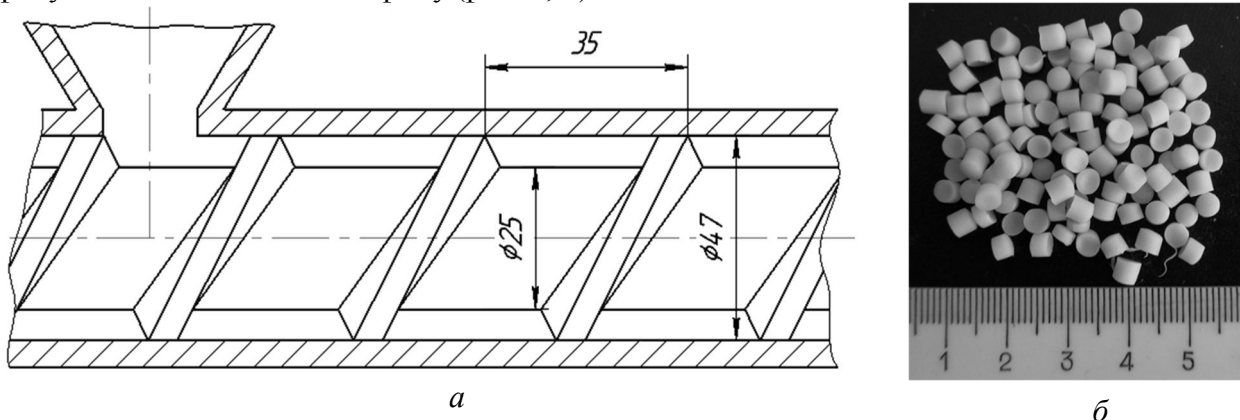
Вступ. Машини, основним робочим органом яких є шнек, широко використовуються в різних галузях промисловості і сільському господарстві, у тому числі в будівельній, фармацевтичній та харчовій галузях промисловості. Шнекові живильники використовуються для вивантаження, дозування і транспортування в горизонтальному, вертикальному і похилому напрямках сипких, дрібнокускових, пилоподібних та порошкоподібних матеріалів.

Одним із найчастіше використовуваних є горизонтальний шнековий живильник, який складається із приводу (електродвигун та редуктор), що обертає шнек (робочий орган), циліндричного корпусу або корпусу з напівциліндричним днищем, завантажувального і розвантажувального пристроїв. Крізь отвори у кришці корпусу подається насипний вантаж і ковзає уздовж корпусу при обертання шнека. Спільному обертання вантажу із шнеком перешкоджає сила тяжіння вантажу і тертя його об корпус машини. Розвантаження матеріалу здійснюється крізь отвори в днищі, що споряджені затворами [1].

Актуальність теми. При проектуванні промислових агрегатів необхідним є врахування всіх показників, що можуть впливати на його роботу. Важливими показниками роботи шнекового живильника є його масова продуктивність та точність дозування, що є функціями значної кількості систематичних і випадкових чинників: величини, форми і взаємного розташування окремих частинок матеріалу; коефіцієнтів тертя та зчеплення частинок одна з одною і з конструктивними елементами живильника; відносної вологості матеріалу і повітря в приміщенні; величини нахилу живильника до рівня горизонту тощо [2]. Наведені чинники є визначальними для розрахунку технологічних режимів переробки матеріалу та проектування нового обладнання.

Основна частина. Метою роботи є порівняння експериментальних та теоретичних даних щодо значень масової продуктивності шнекових живильників для деяких типів сипучих матеріалів, а саме – гранульованих полімерних матеріалів.

У цій роботі приведено результати експериментальних досліджень та теоретичних розрахунків [3–5] процесу транспортування полімеру у шнековому живильнику (рис. 1, а) для гранульованого полівінілхлориду (рис. 1, б).



**Рисунок 1 – Основні геометричні розміри шнекового живильника (а) та фотознімок
гранул полівінілхлориду (б), що використовувались
при проведенні експериментів**

На рис. 2 наведено апроксимуючі криві залежності масової продуктивності шнекового живильника Π , кг/с, від частоти обертання шнека n , об/с, отримані теоретично та експериментальним шляхом і побудовані з використанням лінійної апроксимації. Середнє значення достовірності апроксимації кривих не нижче 0,95.

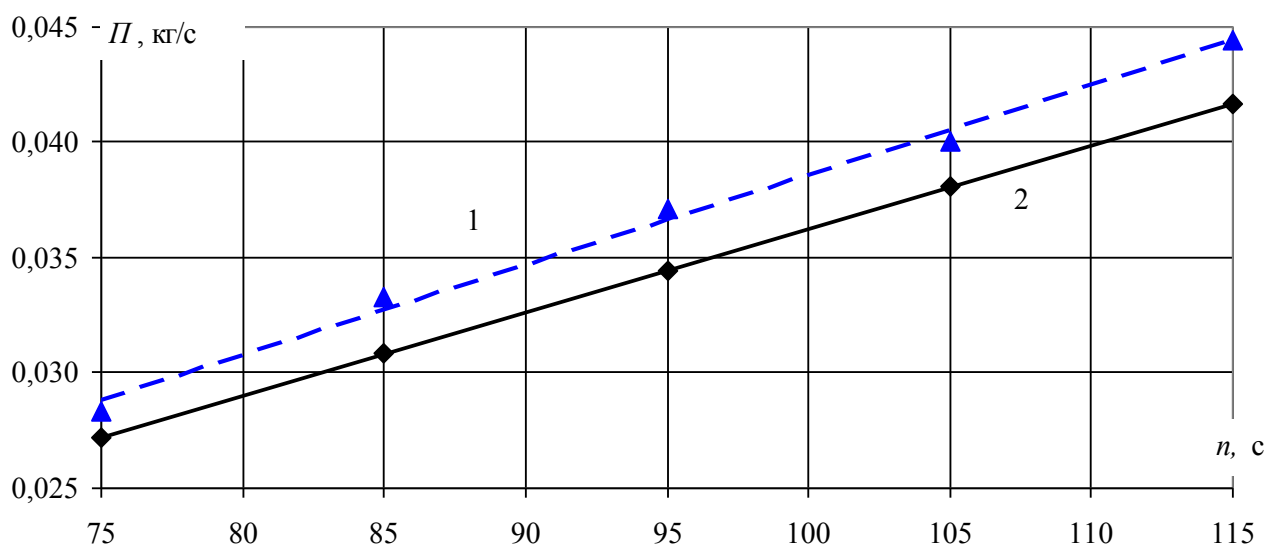


Рисунок 2 – Залежність масової продуктивності шнекового живильника Π , кг/с, від частоти обертання n , об/с: 1 – дані, отримані теоретично; 2 – експериментальні дані

Із зазначених кривих видно, що масова продуктивність шнекового живильника лінійно залежить від частоти обертання шнека, прямопропорційно зростаючи при збільшенні частоти. При цьому значення, отримані за допомогою експерименту є дещо нижчими (див. рис. 2) за теоретичні значення.

Також видно, що зі збільшенням частоти обертів розбіжність між теоретичними та експериментальними даними змінюється нелінійно, мінімальне значення розбіжності при цьому складає близько 4 %, максимальне – близько 8 %.

Висновки. Отримані залежності збігаються із наявними теоретичними відомостями щодо процесу транспортування у шнекових живильниках [3].

Вказані розбіжності можуть бути пояснені деформацією гранул полімеру та їх потраплянням в зазори між шнеком та корпусом. Це також спричиняє деформування й подрібнення певної кількості гранул.

Література

1. Шнек – Википедия [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://ru.wikipedia.org/wiki/Шнек> – Дата доступу : 15.08.17. – Назва з екрану.
2. Ляпушкин С. В. Повышение эффективности управления электроприводом автоматизированного комплекса дозирования сыпучих материалов: диссертация ... кандидата технических наук: 05.09.03. – Томск, 2015. – 146 с.
3. Спиваковский, А. О. Транспортирующие машины: учеб. пособие для машиностроительных вузов, 3-е изд., перераб. / А. О. Спиваковский, В. К. Дьячков. – Москва: Машиностроение, 1983. – 487с.
4. Оборудование для переработки сыпучих материалов: учебное пособие / В. Я. Борщев, Ю. И. Гусев, М. А. Промтов, А. С. Тимонин. – Москва: «Издательство Машиностроение-1», 2006. – 208 с.
5. Мікульонок, І. О. Механічні, гідромеханічні і масообмінні процеси та обладнання хімічної технології / І. О. Мікульонок. – Київ : НТУУ «КПІ», 2014. – 340 с.

УДК 637.041.5:637.1:664.3:635.621

Popovici C., PhD

Technical University of Moldova

Miglatiev O., Golubi R., Caragia V., PhD, Cartasev A., Coev G., PhD, Bogdan N., Grumeza I.
Scientific and Practical Institute of Horticulture and Food Technologies, Moldova

MODELING OF BIOACTIVE COMPOUNDS EXTRACTION FROM TOMATO BY-PRODUCTS

Tomato by-products are a residue of tomato processing and are generated in large quantities by the tomato processing industry. They are a rich source of lycopene, a red carotenoid and antioxidant, and lignocellulose, the recalcitrant but energy-rich polysaccharide matrix that comprises plant cell walls [1]. The use of tomato by-products in order to obtain new products of higher economic value become an important issue [2].

Tomato by-products were obtained as a result of the manufacturing process of tomato juice at industrial scale at "Orhei Vit" SA. The extraction technique was carried out using the pilot plant HA 120-50-01 C with supercritical carbon dioxide. Using the central composed programs of the second order factorial design of experiments it was constructed the planning matrix in real variables, resulting in the need to perform 30 experiments at 15 extraction regimes. The yield of the lipid fraction extraction was taken as the output factor.



Figure 1 - Experimental samples of tomato by-products

The maximum yield of 74.43% was noted at the extraction parameters of 40 MPa, 70 °C and 90 min and the minimum yield of 24.86% at 20 MPa, 40 °C and 30 min. It was established the final form of the second order regression equation characterizing the process of supercritical fluid extraction of bioactive compounds from tomato by-products. The regression equation allowed the optimization of the output parameters, using the gradient rise method. Thus, optimal parameters for obtaining the bioactive compounds were set: temperature 60 ... 75 °C, pressure 33 ... 42 MPa and time 64 ... 76 min.

These study provide further evidences of the potential of tomatoes by-products as an interesting source of bioactive compounds such as lycopene and β -carotene. As a result of the establishment of optimal extraction regime it will be able to design and prototype innovative functional food products with the addition of CO₂-extract from tomato by-products rich in bioactive compounds, which may have beneficial health effects.

Acknowledgments

This work was done in the framework of Independent Project for Young Researchers 16.80012.51.23A "Innovative product from goat milk with high biological properties" (InoBioProd), cofounded by the Ministry of Agriculture and Food Industry and coordinated by the Academy of Science of Moldova.

Reference

1. B.J. Allison, C.W. Simmons. (2017) Valorization of tomato pomace by sequential lycopene extraction and anaerobic digestion. *Biomass and Bioenergy*. Vol. 105, pp. 331-341.
2. Popovici C., Miglatiev O., Golubi R., Caragia V., Cartasev A., Coev Gh., Bogdan N., Grumeza I. (2017) Smart valorisation of industrial tomatoes by-products. Book of abstracts of the 4th NEEFood Congress "Global and Local Challenges in Food Science and Technology", Kaunas University of Technology, Lithuania.

Olaoye J. O. jolanoye@unilorin.edu.ng; +2348035812797

Aturu O. B.

Department of Agricultural and Biosystems Engineering, University of Ilorin, P.M.B. 1515, Ilorin, Kwara State, Nigeria

DEVELOPMENT OF A MECHANISED CENTRIFUGAL MELON SHELLING AND CLEANING MACHINE

Introduction. Melon (*Citrullus Species*) popularly referred to as “*egusi*” in Yoruba language is one of the important oil-seed crops widely grown and consumed in tropical Africa. They are grown in Nigeria not for their pulp which is bitter, but for their seeds which are particularly rich in protein and fat, in addition to essential vitamins and minerals. The seed kernel (*Egusi*) has been used as the basis for a number of soups where it results in thickening, emulsifying, fat binding and flavouring. The oil is also used and is highly valued (Oyenuga and fetuga, 1975). Processing of melon include fermentation, coring, washing, drying, shelling and oil extraction (Kassim *et al.*, 2011).

Melon shelling and winnowing in Nigeria is still done manually or traditionally using hands to crack open the seeds or hitting the melon in a sack against a hard surface or stone. Winnowing is done locally by using tray to throw the cracked melon into the air. With the difference in the aerodynamic properties of the chaff and the inner cotyledon, the natural flowing air separates the chaff from the clean seeds. This method is usually stressful, time consuming and often requires more labour to accomplish this task. With the increasing demand and orientation on the economic value of melon, the traditional method would not be able to increase its productivity.

The development of a mechanized centrifugal melon shelling and cleaning machine which would consist of a feed hopper, a shelling unit, a delivery chute, a power system and a tool frame would help reduce the limitations associated with the traditional and other available mechanised shelling methods. This will also lead to increase in the production of melon so as to meet the demands of the teeming population.

Materials and method. A mechanized centrifugal melon shelling and cleaning Machine with a capacity of 114kg/h was developed and tested at the fabrication workshop of Agricultural and Biosystems Engineering, University of Ilorin. It comprises of the hopper, feed control mechanism, shelling unit, cleaning unit, power transmission unit and the frame.

The development of the melon shelling and cleaning machine, entails capacity of the hopper, the angle of repose of melon for the hopper design, availability of the construction materials, the aerodynamic properties of the melon, the speed of the electric motor and the impact force required to crack open the melon, magnitude of centrifugal force developed by the spreader disc, thickness and length of shaft and stability and strength of the frames to carry other components. A centrifugal force is set up on the rotating shelling disc assembly due to the rotation of the shaft and shelling drum. The centrifugal force generated is determined by applying equation 1 (Hall, *et al.*, 1980)

$$F_c = \frac{M_T \omega^2 D}{2} \quad (1)$$

where,

F_c – denotes centrifugal force (N)

M_T – denotes Total mass of shelling disc and shaft (kg)

ω – angular velocity of the shelling disc assembly (rad/s)

D – diameter of shelling disc (m)

The capacity of the hopper was obtained by taking the angle of repose for the granular fertilizer as 30° into consideration and by following the principle of determining volumetric and gravimetric capacity of hopper as given by Olaoye (2016) in equation 2.

$$(V_h) = \frac{1}{3} \pi (R^2 H - r^2 h) \quad (2)$$

where,

V_h – Capacity of the (frustrum) hopper (m^3)

R – Radius of the large diametric end of the hopper (m)

r – radius of the small diametric end (m)

H – Height of the entire projected cone (m)

h – Height of the small part of the projected cone (m)

It was assumed that 2kg of melon would be shelled in 60 seconds and the bulk density of Melon was $405 kg/m^3$ the was thereafter estimated to be $4.9 \times 10^{-3} m^3$. If $4.9 \times 10^{-3} m^3$ of melon is to be shelled in one minute, therefore the expression of the machine capacity in volume per hour would be estimated as $C_{vph} = \frac{4.9 \times 10^{-3} \times 60}{1} = 0.294 m^3/hr$. Similarly the expression of the machine capacity in mass per hour would be determined according to Agidi *et al.*, (2013) and 119 kg/h.

$$C_{mph} = C_{vph} \times \rho \quad (3)$$

Pneumatic separation of grains involves the separation of foreign materials from the grain with the aid of air stream. The air is made to pass through the disposed material to influence materials separation. The design of a piping system for effective grain cleaning takes advantage of the variation in the aerodynamic properties of the grain. The terminal velocity of the shelled seeds and chaff was determined as follows (Mohsenin, 1970):

$$Mg = \frac{1}{2} \rho V_t^2 C_d A \quad (4)$$

$$V_t = \sqrt{\frac{2Mg}{\rho C_d A}} \quad (5)$$

where:

M – one thousand unit mass of melon = 94g = $94 \times 10^{-6} kg$ /melon seed

g – gravitational acceleration = $9.81 m/s^2$

C_d – drag coefficient for short cylinders = 1.15 (Ali *et al.*, 2015)

ρ – air density = $1.225 kg/m^3$

A – rojected area of melon = $22.31 \times 10^{-6} m^2$ (Ali *et al.*, 2015)

V_t – erminal velocity (m/s)

The machine performance was evaluated using a $2 \times 3 \times 5$ factorial experimental design for shelling two varieties of melon seeds, (eastern and northern) varieties. The factors in the factorial design are at three levels each of shaft speed (1400 rpm, 2100 rpm and 2800 rpm), melon varieties (eastern and northern) and the moisture content of the seed (7%, 12%, 17%, 22% and 27% wet basis). Each treatment combination was performed in triplicates making a total of 90 values.

3. RESULTS AND DISCUSSION

3.1 RESULTS

The results obtained from the operational performance of the developed centrifugal melon shelling and cleaning machine was shown in figure 1 and Table 1.

Table 1: Results of Melon Shelling Machine Using Variety “N”

Moisture Content %	Shelling Speed (rpm)	*N ₀ (g)	N ₁ (g)	N ₂ (g)	N ₃ (g)	N ₄ (g)	N ₅ (g)	N ₆ (%)	N ₇ (%)	N ₈ (%)
7	1400	500	98	85	210	43	43	26.1	34.4	17
	2100	500	170	98	150	25	55	45.3	44.0	19.6
	2800	500	133	135	152	20	52	35.5	41.6	27
12	1400	500	140	61	203	75	20	37.3	16.0	12.2
	2100	500	224	117	67	43	47	59.7	37.6	23.4
	2800	500	214	152	50	35	48	57.1	38.4	30.4
17	1400	500	173	40	200	70	15	46.1	12.0	8
	2100	500	270	73	60	45	50	72.0	40.0	14.6
	2800	500	228	142	32	33	63	60.8	50.4	28.4
22	1400	500	172	35	209	52	30	45.9	24.0	7
	2100	500	287	59	60	40	53	76.5	42.4	11.8
	2800	500	235	115	39	30	80	62.7	64.0	23
27	1400	500	164	46	206	64	18	43.7	14.4	9.2
	2100	500	240	110	70	35	43	64.0	34.4	22
	2800	500	218	153	50	35	40	58.1	32.0	30.6

*N₀ = Total weight of the melon seeds fed into the hopper, N₁= Weight of the whole shelled seeds, N₂= Weight of broken shelled seeds, N₃= Weight of unshelled seeds, N₄= Weight of un-separated impurities, N₅= Weight of separated impurities, N₆= Shelling Efficiency, N₇= Cleaning Efficiency, N₈= Percentage Broken

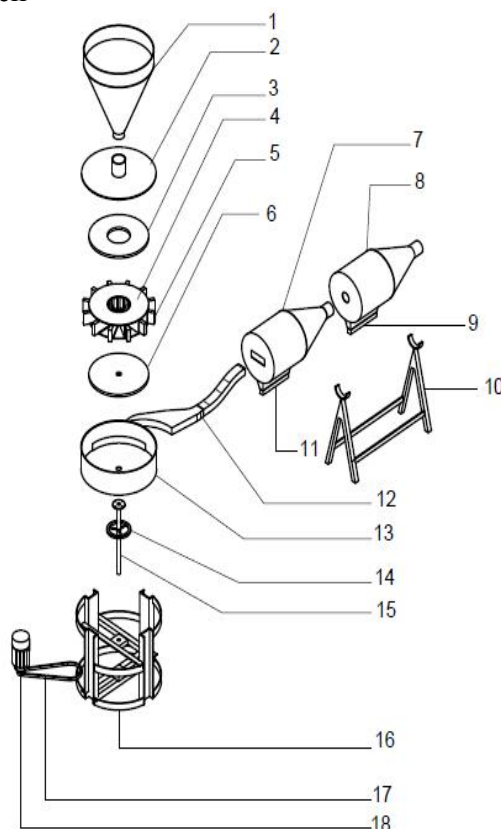


Figure 1 - Exploded View of the Completed Melon Shelling and Cleaning Machine:

- 1 - Hopper; 2 – Shelling Chamber Cover, 3 – Top Wooden Disc, 4 - Metal Plate, 5 - Rubber Beater, 6 - Bottom Wooden Disc, 7 - Shelled Melon Drum, 8 - Chaff Drum, 9 – Chaff Collection Drum, 10 – Drum Frame Support, 11 – Shelled Seed Collection Point, 12 – Passage Channel, 13 – Shelling Chamber Housing, 14 – Driven Pulley, 15 – Shaft, 16 – Main Frame Support, 17 – Transmission Belt, 18 – Electric Motor

3.2 DISCUSSION

The results showed that the highest shelling efficiency for variety E was at 78.7% at a moisture level of 17% and operating speed of 2100 rpm while the highest shelling efficiency for variety N was 76.5% at a moisture content of 22% and operating speed of 2100 rpm. Also, the highest cleaning efficiency for variety “E” was recorded as 66.4% at a moisture content of 17% and operating speed of 2800 rpm while the highest cleaning efficiency for variety “N” was recorded as 64% at a moisture content of 22% and operating speed of 2800 rpm. The developed melon shelling machine based on this technology could provide quality melon seeds at low cost for domestic use and for melon oil processing industry.

4. CONCLUSION

The melon shelling and cleaning machine was designed, constructed and tested. The machine was developed from the available locally sourced materials. Based on the result of testing carried out on the melon shelling machine. The operating speed 2100 rpm has the highest shelling efficiency of 76.5 % at 22 % moisture content for variety N. The cleaning efficiency of 64% for variety N was achieved at 2800rpm operating speed of the machine increases at 17% and 22% moisture content level of the melon seeds. The least percentage broken seeds was recorded as 7% at 1400 rpm and moisture level of 22 %.

REFERENCES

1. Agidi, G., Ibrahim, M. G. and Matthew, S. A. (2013) Design, fabrication and testing of a millet thresher. *Net Journal of Agricultural Science* Vol. 1(4), pp. 100-106.
2. Ali, M., Amir, H. M. and Ahmad, R. (2015) Physical Properties and Mathematical Modelling of Melon Seeds and Kernels. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Science*, XXX, XXX-XXX.
3. Hall, A.S, Hollwen, K.O.A, and Laughum, H. (1980). *Schaum's outline of theory and Problem of machine design. Metric selection.* McGrac-Hill Books Company. New York, USA.
4. Kassim, M. J., Victor, U. and Itodo, I. N. (2011) Development and Evaluation of a Melon Shelling and Cleaning Machine. *Journal of Emerging Trends in Engineering and Applied Sciences (JETEAS)* 2 (3): 383-388.
5. Mohsenin, N.N (1970). *The properties of plant and animals materials.* Gordon and Breach. New York.
6. Olaoye, J. O. 2016. Performance Testing of a Small Scale Equipment for Depulping Locust Bean Seed. *Transactions of the ASABE.* 59(3): 821-828. ISSN 2151-0032 doi: 10.13031/trans.59.11345. The Journal is published by American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2950 Niles Road, St. Joseph, MI 49085, USA.
7. Oriaku E.C., Agulanna C.N., and Nwannewuihe H.U (2013).Comparative Performance Analysis of Melon (*ColocynthisCitrullus* L.)De-Husking and Separation Machines by Principles of Impact and Attrition. *International Journal of Multidisciplinary Sciences and Engineering*, Vol. 4, No. 7. Pp. 53-59.
8. Oyenuga V.A and Fetuga B.L. (1975) “Some aspects of biochemical and nutritive value of the water melon seeds (*Citrulluscolocynthis*)” *J Sci Food Agric* 26: 843–854.

UDC 665.35

Boaghi E., phd Student, Ciumac J., Professor, Resitca V., Professor.
 Technical University of Moldova, Chisinau, Republic of Moldova

MODELING OF SORPTION KINETICS OF WALNUTS *JUGLANS REGIA L.*

Introduction. The aim of this work was to test some mathematical models of sorption isotherms in order to select the most suitable model for the walnut and its constituents, to study the influence of temperature on sorption and desorption processes and to determine the isosteric heat of desorption.

Materials and methods. The study was carried out on walnuts (*Juglans Regia L.*), variety Kogalniceanu, purchased from the producers of Iargara, Moldova. The sorption isotherms were determined experimentally by the static (gravimetric) method in which the sample to be adsorbed or desorbed is placed in enclosures containing solutions of sulfuric acid of fixed concentration and maintained at constant temperature and relative humidity, until the thermodynamic equilibrium [5].

The experiment was carried out for two temperatures: 5 and 20 °C. Equilibrium was reached after a week. After equilibration, the water content of the samples was determined by drying the samples at 105 °C.

Results and discussion

Graphical representation of isotherms. The experimental data for equilibrium water contents of desorption adsorption of shells, kernels and walnut inner membrane for temperature 20 °C are shown in Figures 1-3.

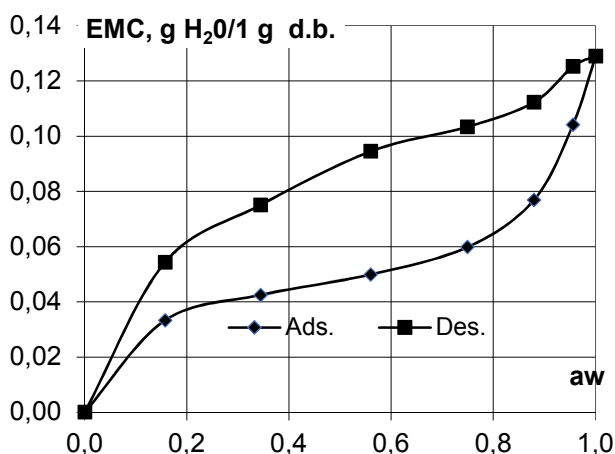


Figure 1 - Moisture adsorption isotherms of walnut kernels at 20 °C

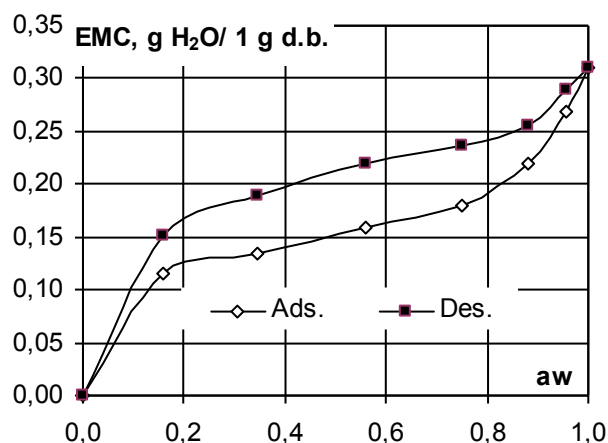


Figure 2 - Moisture adsorption isotherms of walnut shell at 20 °C

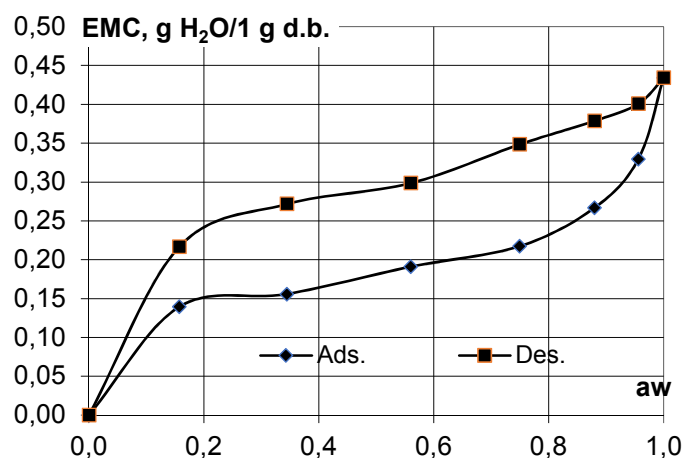


Figure 3 - Moisture adsorption isotherms of walnut inner membrane at 20 °C

The adsorption-desorption curves show that for a constant relative humidity, the desorption water content is higher than that of adsorption. The sorption isotherms have a type II sigmoidal appearance similar to those commonly presented by food products.

The experimental curves obtained show that, for the same relative humidity, the equilibrium water content increases as the temperature decreases, which is in agreement with other results presented in the literature [4, 10].

The adsorption isotherms obtained at the temperature of 5 °C. are above those obtained at 20 °C, ie the equilibrium water content of the product decreases with increasing temperature, at the same water activity.

The isothermal sorption curves can be divided into three regions A, B and C where the strength of the water bonds with the product is not the same. **In region A**, the water molecules are linked directly to the hydrophilic sites by strong hydrogen bonds. This water constitutes the monolayer of hydration. It is important to know it insofar as it constitutes a limit to the drying beyond which the product risks deteriorating by the dehydration. **In region B** of the isothermal sorption curve, the water is absorbed in multilayers by hydrogen or Van der Waals bonds, more or less strongly depending on the attraction by the polar or ionic groups of the product, or else by capillarity. This region of the isothermal sorption curve reflects a linear relationship between water content and a_w . **Region C** corresponds to solvent water. It is less strongly retained by the product, can dissolve soluble solutes and contribute to the depression of the a_w in the presence of humectant.

Modeling of sorption isotherms

In order to interpret the obtained sorption curves, six (6) models described in the literature were used for the adjustment and modeling of isotherms for adsorption and desorption of walnuts shells, kernels and inner membrane (Table 1) [6, 7].

Table 1 - Moisture sorption models used [8-13]

Mathematical model	Model expression
1.GAB (Van den Berg and Bruin, 1981)	$X = X_m C K a_w / [(1-K a_w) (1-K a_w + C K a_w)]$
2.Henderson (Henderson, 1952)	$X = [- \ln (1- a_w) / A]^{1/B}$
3.Oswin (Oswin, 1946)	$X = A [a_w / (1-a_w)]^B$
4.Peleg (Peleg, 1993)	$X = m_1 a_w^{n_1} + m_2 a_w^{n_2}$
5.Smith (Smith, 1947)	$X = c_1 - c_2 \ln (1- a_w)$
6.Caurie (Caurie, 1970)	$X = \exp (a + b a_w)$

where:

a, b – Parameters of the Caurie model

a_w – water activity

A, B – Parameters of the Henderson and Oswin models

n_1, n_2 – Parameters of the Peleg model

X_m – moisture content in monolayer (% d.b.)

X – Equilibrium moisture content (EMC) (% d.b.)

c_1, c_2 – Parameters of the Smith model

C – Parameter of the GAB model

K – Parameter of the GAB model

m_1, m_2 – Parameters of the Peleg model

$X_{0.5}$ – EMC at $a_w=0.5$ (% d.b.)

Among the models mentioned above, the GAB (Guggenheim-Anderson-de Boer) (3 parameters) and Peleg (4 parameters) models optimize the smoothing of the experimental points for most agri-food products [8, 9]. The adjustment of the mentioned mathematical models to the sorption isotherms was carried out by the program SciDavis. This method is used to calculate the coefficients of the models that describe the food sorption equilibrium curves and their statistical parameters - correlation coefficient (r) and relative mean error (E). The results of the modeling of the adsorption-desorption isotherms of the walnuts constituents are grouped in Tables 2 and 3 for the case of the models having the highest regression coefficient.

Table 2 - The results of the adjustment of the mathematical models GAB and Peleg to the sorption isotherms at $t=20\text{ }^{\circ}\text{C}$

Mathematical model	Parameter	Kernel		Shell		Inner membrane	
		Ads.	Des.	Ads.	Des.	Ads.	Des.
GAB	C	5,283	4,198	2,813	6,090	5,325	7,011
	K	0,832	0,566	0,6932	0,515	0,686	0,571
	X_m	2,345	5,680	7,323	10,364	8,171	11,317
	E, %	8,500	9,200	6,700	1,100	5,600	5,600
Peleg	m_1	7,136	9,155	15,357	3,910	14,563	19,620
	n_1	9,116	0,878	2,234	10,270	11,321	0,736
	m_2	6,604	11,880	4,066	16,390	17,004	12,649
	n_2	0,979	4,857	0,350	0,770	0,859	12,738
	E, %	4,900	7,100	3,600	1,500	3,500	4,200

Table 3 - The results of the adjustment of the mathematical models GAB and Peleg to the sorption isotherms at $t=5\text{ }^{\circ}\text{C}$

Mathematical model	Parameter	Kernel		Shell		Inner membrane	
		Ads.	Des.	Ads.	Des.	Ads.	Des.
GAB	C	8,291	5,276	4,355	5,069	9,767	11,846
	K	0,803	0,644	0,580	0,438	0,728	0,659
	X_m	2,697	4,959	9,917	14,587	8,253	10,827
	E, %	6,000	4,300	9,200	9,100	2,600	3,700
Peleg	m_1	6,395	4,282	12,846	19,506	17,029	12,277
	n_1	0,741	7,141	1,739	0,822	17,835	20,024
	m_2	6,5042	9,254	6,860	3,698	20,223	23,081
	n_2	6,321	0,815	0,463	23,377	0,774	0,670
	E, %	4,500	3,500	2,900	1,600	1,200	1,700

The mathematical models GAB and Peleg have relative mean deviation values of less than 10%, demonstrating that both models are well adjustable to sorption isotherms. For the mathematical model GAB, the values of E vary between 1.1% and 9.2%, the average being 5.35%. For Peleg's, E is between 1.2% and 7.1%, the average value being 3.39%. It can thus be seen that the Peleg model is more adjustable than the GAB model and can be recommended to calculate the water contents to the different a_w .

These results indicate that the GAB and Peleg models implicitly describe the dependence of equilibrium moisture on the water activity of the medium on the adsorption-desorption of the constituents of the walnuts and may be acceptable for the Calculation of the equilibrium water content.

The results of the adjustment of the other mathematical models to the sorption isotherms at the temperature of $20\text{ }^{\circ}\text{C}$. are presented in Table 4.

Table 4 - The mean relative error (E) of the mathematical models of the walnut kernel sorption isotherms, $t = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$

Mathematical model	Mean relative error	
	Adsorption	Desorption
GAB (Van den Berg and Bruin, 1981)	8,5	9,2
Peleg (Peleg, 1993)	4,9	7,1
Henderson (Henderson, 1952)	9,6	36
Oswin (Oswin, 1946)	38,7	43,7
Smith (Smith, 1947)	28,9	63,7
Caurie (Caurie, 1970)	26,0	58,1

A simple analysis of the other statistical models shows that these are less appropriate (except Peleg and GAB model) to describe walnut sorption isotherms.

Conclusion. The adsorption and desorption curves of kernels, shells and inner membranes of *Juglans Regia* L. nuts were determined experimentally for two temperatures (5 and 20 ° C). These curves are described by two models respectively GAB and Peleg. It is noted that the curves predicted by these models coincide with the experimental points in the range of activities ranging from 0 to 90%.

References

1. Global Statistical Review 2007-2012. International Nut and Dried Fruit Council: INC. <https://www.nutfruit.org/>
2. Levine, H., & Slade, L. (Eds.). (2013). Water Relationships in Foods: Advances in the 1980s and Trends for the 1990s (Vol. 302). Springer Science & Business Media.
3. Menkov N.D., A.G. Durakova, A. Krasteva. (2004). Moisture sorption isotherms of walnut flour at several temperatures. *Biotechnology & Biotechnological Equipment* 18 (3), 201 - 206
4. Toğrul, H., & Arslan, N. (2007). Moisture sorption isotherms and thermodynamic properties of walnut kernels. *Journal of Stored Products Research*, 43(3), 252-264.
5. Rouquerol F., Luciani L., Llewellyn, Rouquerol J. (2003). Texture des matériaux pulvérulents ou poreux - Détermination expérimentale des isothermes d'adsorption-désorption. Techniques de l'ingénieur.
6. Cuervo-Andrade Patricia, Hensel Oliver (2013). Experimental determination and mathematical fitting of sorption isotherms. *CIGR Journal* . Vol. 15, No.1 139 -145
7. Saad A, (2014), Mathematical modeling of moisture sorption isotherms and determination of isosteric heats of sorption. *J. Modelling and Simulation in Engineering*.
8. Peleg M. *Assessment of a Semi-Empirical Four Parameter General Model for Sigmoid Moisture Sorption Isotherms*. *Journal of Food Process Engineering*; Vol. 16, N°1, pp. 21 - 37, 1993.
9. McKenna BM (1984) . *Engineering and Foods*, Vol. 1. New York, United States: Elsevier applied science publishers;. Van den Berg C. Description of water activity of foods for engineering purposes by means of the G.A.B. model of sorption; p. 311-320.
10. Werner J. Bauer, Raphaël Badoud, Jürg Löliger. (2010) *Science et technologie des aliments: principes de chimie des constituants et de technologie des procédés*. [Lausanne](#) PPUR, 720 pages.

УДК 664.72:544.034

Гапонюк І.І., д.т.н.

Національний університет харчових технологій (НУХТ), м. Київ, Україна

УПРАВЛІННЯ ІНТЕНСИВНІСТЮ СОРБЦІЇ ВОЛОГИ ЕНЕРГЕТИЧНИМ СТАНОМ ФАЗОВИХ СЕРЕДОВИЩ

Вступ. Рушійний потенціал вологообміну перебуває в залежності від ряду факторів із яких для конвективного вологообміну капілярно-пористих тіл слід виділити енергетичний стан вологи фазових середовищ, густину газів, різницю парціальних тисків, питому активну поверхню, швидкість трансформації форм зв'язку вологи і швидкість течії газового середовища.

Найбільшого практичного застосування отримав спосіб управління енергетичним станом вологи фазових середовищ та внутрішньо капілярним тиском в порах твердого тіла. В умовах неперервності масообміну другим чинником управляти вологообміном є вкрай ускладнено. Тому найбільш значимим для зазначених умов міжфазової взаємодії залишається енергетичний стан вологи фазових середовищ.

Актуальність. На швидкість тепло- масообмінних процесів капілярно-пористих тіл (КПТ) суттєво впливає стан рухомості шару цих тіл. За умов зберігання КПТ в нерухомому стані та міжфазової взаємодії з газами перемінних параметрів t_0 , φ_0 , d_0 мають місце різні за інтенсивністю в шарі КПТ процеси міжфазових та міжфазових взаємодій. За наслідком цього в шарі КПТ виникають градієнти температури і вологи, і з огляду на низьку тепло- і вологopровідність шару КПТ (λ , λ_m) різниця пошарових температури і вологовмісту зростають. А це в свою чергу спричиняє різну біохімічну активність життєдіяльності зернин і спричиняє самозігрівання зерна. Для управління процесами тепло-масообміну задля убезпечення шару зерна від самозігрівання слід встановити вплив перемінних параметрів довкілля на швидкість міжфазового тепло-вологообміну та пошарову неоднорідність температури Θ_i і вологи W_i .

Матеріали та методи. Прикладні дослідження, математичні, статистичні.

Результати та обговорення. Зменшити похибку досліджень та підвищення рівня подальшого прикладного застосування результатів стендових результатів роботи, наукові дослідження кінетики міжфазового вологообміну (сорбції-десорбції) виконували за прямими замірами перемінної маси КПТ, а дифузію в тілі зернини – за перемінним коефіцієнтом зовнішнього тертя у відповідності із розробленою й експериментально перевіреною нами методикою [2]. За швидкістю змінення маси шару КПТ, процесів міжфазового вологообміну, розрахунковим шляхом встановлювали інтенсивність вологообміну ($\Delta W/\delta\tau$, %/с), а вологість поверхневого шару тіла зернини (КПТ) встановлювали за вищезазначеною методикою.

Швидкість сорбції змінювали температурою фазових середовищ від 10 до 40 °С.

Лінійні розміри зернин визначали за формулами проф. І.Р.Дударєва, для зернин пшениці 1, і проф. М.В.Остапчука, для зернин кукурудзи 2:

$$V = 0,15 \cdot l \cdot [1,6 \cdot a^2 + b \cdot (b + a)] \quad (1)$$

$$V = 0,55 \cdot a \cdot b \cdot l \quad (2)$$

Об'єм тіла зернини періодично уточнювали за прямими замірами способом витіснення рідини зернинами мірного циліндру.

Враховуючи вплив активної поверхні на процеси тепло-вологообміну, нами було вихідну партію зерна розділено на три фракції – крупну, середню та дрібну. Маса 1000 зерен цих фракцій становила 372, 203 і 108 г/1000_{зернин} відповідно. Об'єм 1000 зернин цих фракцій відповідно становив 310, 180 і 90 см³/1000_{зернин}. Вихідна відносна вологість всіх фракцій становила 11,8%.

Кінетику змін об'єму тіла зернини різних розмірів для температури фазових середовищ 20, 30 і 40 °С представлено в табл. 1 – 3.

Таблиця 1– Кінетика об'єму тіла зернин кукурудзи за температури фазових середовищ 20°C

Тривалість зволоження, хв	Крупна фракція				Середня фракція				Дрібна фракція			
	W, %	об'єм 10 зернин, см³	приріст ΔW , %	швидкість сорбції $\Delta W/\delta\tau$, %/хв	W, %	об'єм 10 зернин, см³	приріст ΔW , %	швидкість сорбції $\Delta W/\delta\tau$, %/хв	W, %	об'єм 10 зернин, см³	приріст ΔW , %	швидкість сорбції $\Delta W/\delta\tau$, %/хв
0	12	3,1	0	0	11,8	1,8	0	0	11,8	0,9	0	0
20	17,7	3,3	5,9	0,3	22,1	2,0	10,3	0,5	22,9	1,0	11,1	0,6
40	21,7	3,4	9,9	0,5	24,6	2,0	12,8	0,6	32,2	1,2	20,4	1,0
60	23,6	3,5	11,8	0,6	27,6	2,1	15,8	0,8	36,8	1,2	25,0	1,3
100	26,6	3,5	14,8	0,4	30,5	2,1	18,7	0,5	39,6	1,2	27,8	0,7
120	30,1	3,7	18,3	0,5	34,5	2,2	22,7	0,6	44,2	1,4	32,4	0,8

Таблиця 2 – Кінетика об'єму тіла зернин кукурудзи за температури фазових середовищ 30°C

Тривалість зволоження, хв	Крупна фракція				Середня фракція				Дрібна фракція			
	W, %	об'єм 10 зернин, см³	приріст ΔW , %	швидкість зволоження $\Delta W/\delta\tau$, %/хв	W, %	об'єм 10 зернин, см³	приріст ΔW , %	швидкість зволоження $\Delta W/\delta\tau$, %/хв	W, %	об'єм 10 зернин, см³	приріст ΔW , %	швидкість зволоження $\Delta W/\delta\tau$, %/хв
0	12	3,4	0	0	12	1,9	0	0	11,8	1	0	0
20	21,3	3,7	9,5	47,6	20,9	2	9	46	25,6	1,1	13,8	69
40	23,2	3,7	11,4	28,5	23,8	2,1	12	30	31,1	1,1	19,3	48
60	26,5	3,8	14,7	24,5	27,2	2,2	15	26	39,3	1,2	27,5	46
100	28,9	3,8	17,1	17,1	33,4	2,2	22	22	43,0	1,3	31,2	31
120	33,8	3,9	22,0	15,7	38,2	2,4	26	19	53,1	1,4	41,3	29

До зернин крупних розмірів відносили зерно сходом сита Ø12, середньої – проходом сита Ø12 і сходом Ø6, дрібної – проходом сита Ø6 і сходом Ø3,5.

Із наведених в табл.1 даних кінетики об'єму тіла зернин різних фракцій видно, що зі збільшенням розмірів тіла зернини швидкість сорбції води зростає до 20 %, що знаходить своє пояснення в різному співвідношенні анатомічних (хімічних) складових тіла. Зі збільшенням розмірів тіла зростає відносний вміст (%) гідрофільних складових

Та ж сама закономірність зв'язку інтенсивності вологообміну характерна для зернин різних фракцій і для інших температур (енергій фазових середовищ) 30°C (табл.2) і 40°C (табл.3).

Аналізуючи динаміку інтенсивності міжфазового вологообміну для різних енергетичних станів фазових середовищ, можна відмітити, що з підвищенням температури на кожні 10 °C інтенсивність зростає на 20 – 25 %.

Таблиця 3 – Кінетика об'єму тіла зернин кукурудзи за температури фазових середовищ 40°C

Тривалість зволоження, хв	Крупна фракція, (Сх. Ø12)				Середня фракція, (Сх. Ø6)				Дрібна фракція, (Сх. Ø3,5)			
	W, %	об'єм 10 зернин, см³	приріст ΔW, %	швидкість зволоження ΔW/δτ, %/хв	W, %	об'єм 10 зернин, см³	приріст ΔW, %	швидкість зволоження ΔW/δτ, %/хв	W, %	об'єм 10 зернин, см³	приріст ΔW, %	швидкість зволоження ΔW/δτ, %/хв
0	11,8	3,3	0	0	12	1,8	0	0	11,8	0,9	0	0
20	20,2	3,4	0,1	0,5	22,4	2	0,2	1,0	26,3	1,1	0,2	1,0
40	22,7	3,5	0,2	0,5	24,4	2	0,2	0,5	30,9	1,1	0,2	0,5
60	25,7	3,7	0,4	0,7	27,3	2,1	0,3	0,5	39,1	1,2	0,3	0,5
100	31,1	3,8	0,5	0,5	34,5	2,3	0,5	0,5	45,4	1,4	0,5	0,5
120	34,7	4	0,7	0,5	40,8	2,4	0,6	0,4	53,6	1,5	0,6	0,4

Для зерна кукурудзи крупних розмірів тіла зернин, підставивши коефіцієнти пропорційності, отримаємо напівемпіричні залежності кінетики вологості від тривалості взаємодії та температур довкілля 40 °C (3), 30 °C (4) і 20 °C (5):

$$W = 4,3 \cdot \tau + 9,4 \quad (3)$$

$$W = 3,9 \cdot \tau + 10,6 \quad (4)$$

$$W = 3,4 \cdot \tau + 9,9 \quad (5)$$

Для зерна кукурудзи середніх розмірів тіла зернин, аналогічні напівемпіричні залежності кінетики вологості для температур довкілля 40 °C (6), 30 °C (7) і 20 °C (8):

$$W = 5,3 \cdot \tau + 8,5 \quad (6)$$

$$W = 4,9 \cdot \tau + 8,6 \quad (7)$$

$$W = 4,0 \cdot \tau + 11,0 \quad (8)$$

Виконавши відповідні обрахунки кінетичних залежностей для зернин невеликих розмірів кукурудзи, отримаємо відповідні напівемпіричні рівняння 9, 10 і 11 для температури фазових середовищ 40 °С (5), 30 °С (6) і 20 °С відповідно:

$$W = 7,8 \cdot \tau + 7,1 \quad (9)$$

$$W = 7,6 \cdot \tau + 7,3 \quad (10)$$

$$W = 6,2 \cdot \tau + 9,6 \quad (11)$$

Як видно із наведених даних, із зростанням температури фазових середовищ на кожні 10 °С інтенсивність сорбції вологи зерном зростає на 2,5...3,5 %/год. Більші значення інтенсивності сорбції вологи тілом зернини відповідають зернинам менших розмірів, менші значення – більшим (рис.1...3). Це знаходить своє пояснення в площі активної поверхні тіла.

За отриманих експериментальних досліджень для зерна кукурудзи, зі зменшенням лінійних розмірів тіла зернини більш як вдвічі ($K\Phi$ і $D\Phi$), - більш як вдвічі зростає питоме надходження вологи, а отже відповідно і швидше змінюється вологість дрібнішого тіла.

Очевидно, що така тенденція залежності вологи зернини від розмірів його тіла може бути прийнятною і для плодів інших зернових культур.

Висновки

1. За умов міжфазової взаємодії нерухомого шару КІТТ різних розмірів тіл із найкрупніша фракція сорбує вологу повільніше від дрібніших за розміром зернин від 45 до 95 %.

2. З підвищенням енергетичного стану фазових середовищ інтенсивність міжфазової взаємодії для досліджуваних умов зростала на 20 % на кожні 10 °С підвищення температури.

3. З високою вірогідністю можна стверджувати, що отримана залежність змінення вологи зерна для тіла різних розмірів може бути використана і для кінетики сорбції плодів інших зернових культур.

Література.

1. Гапонюк І.І. Сипкість зерна і сепарація // The Ukrainian Farmer.–липень 2013–С.80–81;
2. I.Gaponyuk. ENERGY-SAVING TECHNOLOGY OF THE MOIST GRAIN SEPARATION // The second north end east European congress on food. – may 2013 – NUFT, Kyiv, Ukraine – P. 206;
3. Гросул Л.Г. Механіко-технологічні основи процесів та агрегатного устаткування для виробництва круп// Автореф. дис. доктора техн. наук – Одеса, ОДАХТ, 2002, – 37с.
4. Тищенко Л.М. Интенсификация сепарирования зерна// – Харьков: – Основа. – 2004. – 222 с.
5. Гапонюк І.І. Управління пошаровим в об'ємі капілярно-пористого тіла градієнтом вологи// Вісник ХНТУСГ ім.. Василенка, Вип.166 "Сучасні напрямки технології та механізації процесів переробних і харчових виробництв", Харків – 2015, - С.208 – 213.

УДК 637.5(075.8)

Паска М.З., д.в.н., професор, **Маслійчук О.Б.**, аспірант-здобувач

Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького (ЛНУВМ та БТ ім. С.З. Гжицького), м. Львів, Україна

ДОСЛІДЖЕННЯ СТРУКТУРНО-МЕХАНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЛЮПИНОВОЇ ПАСТИ У СКЛАДІ М'ЯСНИХ СІЧЕНИХ НАПІВФАБРИКАТІВ

Вступ. Протягом останніх років проводяться дослідження з розробки наукових і практичних основ створення нових м'ясних продуктів з використанням рослинної сировини, що характеризуються оптимальним співвідношенням білкових компонентів. При вирішенні проблеми дефіциту білка велику роль, як сировини для його виробництва, відіграють

зернобобові культури. Серед значної кількості сировини рослинного походження, що містить білок, особливе місце належить люпину.[1]

Актуальність. Актуальною задачею сьогодення є пошук білковмісної сировини, яка б удосконалювала хімічний склад та споживчі характеристики м'ясних посічених напівфабрикатів. Метою статті є аналіз результатів експериментальних досліджень реологічних характеристик люпинової пасту, яка входить у склад функціональних м'ясних січених напівфабрикатів. З реологічних властивостей, які містять комплекс структурно-механічних характеристик, ми досліджували в'язкість і напругу зсуву.

Матеріали та методи. Об'єктами реологічних досліджень є: люпинова паста 5 (10, 15) %-ї концентрації. Визначення реологічних характеристик проводили на ротаційному віскозиметрі "Реотест-2" на кафедрі «М'яса та м'ясних продуктів» у НУХТі разом із аспірантами та науковими співробітниками. Так як досліджувані зразки мають досить високу в'язкість, то використовувалася вимірювальна система «циліндр-циліндр» з ротором типу S1, S2, H1. Дослідження реологічних показників проводили при температурі води 18...20 °C, при гідратації гарячою водою до температури 90 °C та з додаванням 2% солі.

Для дослідження люпинове борошно використовували сорту «Харчовий», який був вирощений у Інституті землеробства Національної академії аграрних наук. Встановлено, що у люпиновому борошні міститься 38,6% білка, а споживча цінність 325,3 ккал /100 г люпину. [2] Розроблено рецептури м'ясних посічених напівфабрикатів: зразок №1 містив у своєму складі 5% люпинового борошна із заміною м'ясної сировини, зразок №2 містив - 10% люпинового борошна та зразок №3 містив – 15% люпинового борошна і в усі три зразки, як пряно-ароматичну сировину із заміною перцю додавали 0,5% дивосилу.

Результати та обговорення. Встановлено, що внесення солі та гідратація люпинових сумішей значно покращує ефективну в'язкість. Термічна обробка, при цьому, збільшує в'язкісні характеристики білка. Люпинова паста 5%-ї концентрації містить 193,7 Па*с, збільшується на 13% з додаванням 2% солі, на 13,5% з додаванням 2% солі у гідратованій та на 14% у люпиновій пасті гідратованій. Люпинова паста 10% -ї концентрації містить 1320,1 Па*с, збільшується на 2% додаванням 2% солі, на 3% з додаванням 2% солі у гідратованій та на 1 % у люпиновій пасті гідратованій. Люпинова паста 15%-ї концентрації містить 4410,4 Па*с, збільшується на 2%, з додаванням 2% солі, на 3% з додаванням 2% солі у гідратованій і у люпиновій пасті гідратованій.

Висновки:

1. Досліджено ефективну в'язкість на змінних швидкості зсуву (3,0 — 1312,2 с⁻¹)
2. Із збільшенням люпинового борошна у люпиновій пасті ефективна в'язкість зростає від 193,7 – 4410,4 Па*с та швидкості зсуву 4,4-14,7 с⁻¹.
3. На підставі оцінки структурно-механічних характеристик впливає висновок про перспективність використання люпинового борошна для створення нових білковмісних сумішей, які володіють кращими показниками в'язкості, ніж аналогічні їм суміші з дороговартісними білками в їх складі, та доцільність його використання у технології м'ясних посічених напівфабрикатів.

Література.

1. Ballester D., Castro X., Cedra P. Качество и пищевая ценность хлеба "Marraqueta" и "Hallulla", обогащенного необезжиренной мукой из сладкого люпина (*Lupinus albus* cv. Multolupa // Int. J. Food Sei. and Technol. - 1988. - 23, № 3. - P. 225-231.
2. Мікробіологічна та споживча характеристика м'ясних посічених напівфабрикатів з додаванням люпинового борошна та дивосилу / М. Паска, О. Маслійчук // Науковий вісник ЛНУВМ та Б Т ім. С.З. Гжицького. – 2016. – Том 18, № 4. – С. 121-123.

УДК 642.5:66.002.6

Денисенко І.С.

Вайсеро О.О., аспірант,

Кохан О.О., к.т.н., доцент,

Крапивницька І.О., к.т.н., доцент,

Оболкіна В.І., д.т.н., професор

Національний університет харчових технологій (НУХТ), м. Київ. Україна

ДОСЛІДЖЕННЯ ВМІСТУ БІОЛОГІЧНО-АКТИВНИХ СПОЛУК У ПЮРЕ З ПЛОДІВ ЖИМОЛОСТІ

Вступ. Пріоритетним напрямком для кондитерської галузі є створення нового асортименту цукристих кондитерських виробів, зокрема помадних та помадно-кремових цукерок, збагачених поліфункціональними комплексами: біофлаваноїдами, вітамінами, макро- та мікронутрієнтами, харчовими волокнами. У зв'язку з цим, все більша увага приділяється науковим дослідженням та розробленню способів переробки рослинної сировини з підвищеним вмістом біологічно-активних речовин. Перспективною сировиною є дикорослі та культивовані ягоди, до яких відноситься жимолость.

Актуальність теми. Жимолость відносять до лікарських рослин. Препарати на її основі використовувалися ще Авіценною. Лікувальні властивості жимолості давно відомі і з успіхом використовуються в народній медицині. Фізіологічно-активні компоненти плодів жимолості сприяють: зміцненню імунної системи, підвищенню еластичності судин, нормалізації роботи серцево-судинної системи, виведенню з організму шлаків, токсичних речовин, солей важких металів, зниженню артеріального тиску, нормалізації функціонування шлунково-кишкового тракту; допомагають позбавитися від ожиріння, заповнити нестачу вітамінів і мінеральних речовин. Високий вміст аскорбінової кислоти, мікроелементів і дубильних речовин дає можливість використовувати рослину при лікуванні атеросклерозу і гіпертонії. Біохімічний склад плодів жимолості був вивчений багатьма науковцями. Але у літературних джерелах в основному приводяться дані стосовно хімічного складу ягід жимолості, яка росте на території Росії [1 - 5]. З наукової та практичної точки зору викликало інтерес вивчення хімічного складу плодів та напівфабрикатів з плодів жимолості, яка культивована в Україні. Зразки плодів жимолості були отримані у Національному ботанічному саду ім. Н.Н.Гришко, відділі нових культур плодових рослин.

Метою досліджень було визначення хімічного складу пюре з плодів жимолості для його ефективного використання при створенні нового асортименту кондитерських виробів.

Матеріали і методи. Матеріалом для досліджень було пюре з плодів жимолості, культивованої в Україні, сорту «Дует». Хімічний склад пюре з жимолості аналізували загальноприйнятими методиками: масову частку редукуючих речовин - йодометричним методом, активну кислотність - потенціометричним рН методом, кількість водорозчинного пектину – спиртоосаджувальним методом, вміст вітаміну С – титриметричним методом. Для визначення вмісту біофлаваноїдів використовували: метод ультрашвидкісної високоефективної рідинної хроматографії (UPLC) при діодноматричному детектуванні (PDA); метод електронної спектроскопії; метод газової хроматографії з мас-селективним детектуванням та бібліотекою мас-спектрів вихідних та модифікованих (TMS дериватів) форм у лабораторії НВК «Екофарм».

Результати. При приготуванні помадних та помадно-кремових цукеркових мас доцільно використовувати напівфабрикати з плодів жимолості, зокрема пюре та підвар. Нами була розроблена технологія виготовлення пюре з плодів жимолості шляхом бланшування ягід гострою парою протягом 2 – 3 хвилин, їх протирання та деаерації. Бланшування знижувало мікробне обсіменіння, сприяло руйнуванню оболонки, яка перешкоджає проникненню пари в ягоду. Бланшовані плоди протирали і направляли на деаерацію. Процес деаерації проводили

під вакуумом для видалення залишку вологи та повітря з метою попередження окиснення біологічно-активних речовин і збереження кольору пюре.

Приготування пюре супроводжується дією високої температури при бланшуванні ягід, що призводить до часткового руйнування біологічно-активних сполук.

Встановлено, що найбільшому руйнуванню піддався вітамін С, у ягодах жимолості кількість його становила 56 мг %, у пюре з плодів жимолості залишилося 16 мг %.

Визначено, що у пюре з плодів жимолості міститься 16 % цукрів, з них 15% редукуючих (глюкози і фруктози). Вміст органічних кислот становить $2,6 \pm 0,5$ %.

Плоди жимолості володіють драглеутворюючою здатністю, завдяки вмісту пектинових речовин. Досліджено, що вміст пектинових речовин у пюре з плодів жимолості становив $0,8 \pm 0,1$ г/100 г, з них протопектину - $0,6 \pm 0,1$ г/100 г, водорозчинного пектину, $0,2 \pm 0,1$ г/100 г. Вірогідно, у процесі термічної обробки під дією органічних кислот відбувався частковий гідроліз протопектину рослинних тканин, внаслідок цього процесу збільшується кількість водорозчинного пектину. Підвищена кількість пектину у пюре має позитивно впливати на процес зв'язування вологи у цукеркових масах. Вміст клітковини становив 4,5 %, тобто додавання пюре плодів жимолості має суттєво підвищити харчову цінність цукерок.

Останнім часом пильна увага вчених приділяється дослідженню у рослинах фенольних сполук, зокрема флаваноїдів. Вважається, що флаваноїди (поряд з іншими рослинними фенолами) є незамінними компонентами їжі людини. Перша робота, присвячена можливої біологічній ролі флаваноїдів для людини, була опублікована лауреатом Нобелівської премії з фізіології Альбертом де Сент-Дьєрди в 1936 році. Нова хвиля інтересу до флаваноїдів почалася в 1990-х роках. Вона пов'язана з відкриттям антиоксидантних властивостей флаваноїдів та їх здатності нейтралізувати вільні радикали. Крім того, антоціани – це природні барвники, харчові антиоксиданти, низка флаваноїдів має антибактеріальну (протимікробну) дію [6].

Методами високоефективної рідинної хроматографії та електронної спектроскопії з'ясована наявність у складі пюре з плодів жимолості фенолкарбонових кислот та флаваноїдних сполук. У складі флаваноїдів були ідентифіковані антоціани (1240 мг/%), катехіни (140 мг/%), і флавоноли (85 мг/%).

Висновок. Проведений аналіз хімічного складу пюре з плодів жимолості показав наявність великої кількості біологічно активних сполук, а саме біофлаваноїдів, пектинових речовин, харчових волокон, органічних кислот. Отримані результати досліджень показали, що за вмістом поживних речовин пюре з плодів жимолості можна рекомендувати для використання при створенні широкого асортименту кондитерських виробів оздоровчого та функціонального призначення.

Література

1. Петрова, В.П. Биохимия дикорастущих плодово-ягодных растений / В.П. Петрова. - Киев: Высш. шк., 1986. - 287 с.
2. Белосохов, Ф.Г. Некоторые биохимические и технологические показатели сортов жимолости в Тамбовской области /Ф.Г. Белосохов //Состояние и перспективы развития ягодоводства в СССР. ВНИИ садоводства им. И.В. Мичурина. – Мичуринск, 1990. - С. 72-74.
3. Бочарова, Т.Е. Оценка сортов жимолости из Подмосковья по химическому составу /Т.Е. Бочарова // Развитие наследия И.В. Мичурина и подготовка кадров: Междунар. науч.-практ. конф. – Мичуринск: Изд-во МичГАУ, 2005. – Том 2. – С. 53-54.
4. Плеханова, М.Н. Жимолость (*Lonicera subsect. Caeruleae*): Систематика, биология, селекция: авт. дис. канд. биол. наук / М.Н. Плеханова. – Спб., 1994. – 22 с.
5. Попова, И.Б. Биологические особенности формирования урожая у жимолости: авт. дис. канд. с.-х. наук / И.Б. Попова. – Мичуринск, 2000. – 21 с.
6. Савельев, Н.И. Биохимический состав плодов и ягод и их пригодность для переработки / Н.И. Савельев, В.Г. Леонченко. – Мичуринск, 2004. – 124 с.

УДК 621.37: 628.349.

Святненко Р.С. асп.

Маринін А.І. к.т.н., с.н.с., доцент.

Національний університет харчових технологій (НУХТ) м. Київ, Україна

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ІМПУЛЬСНОГО ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ПОЛЯ НА STAPHYLOCOCCUS AUREUS В ВОДІ

Вступ. Очищення стічних вод являється надважливою екологічною проблемою народного господарства будь-якої країни, нехтування якою може призвести до значних негативних наслідків у вигляді екологічних катастроф національного масштабу. Саме тому її необхідно вирішувати якомога оперативніше, використовуючи новітні очисні технології, устаткування та методи очищення. [1].

На локальних очисних спорудах найчастіше застосовують реагентні методи очищення стічних вод, які не дозволяють знизити концентрацію іонів важких металів до нормативів, допустимих концентрацій забруднюючих речовин, які приймаються в систему міської каналізації, а також до нормативів скидання у відкриті водойми, в тому числі і рибогосподарські. У зв'язку з цим стічні води необхідно або піддавати додатковій обробці доочищення, або шукати альтернативні методи для запобігання даної проблеми.

Актуальність теми. Актуальною є проблема заміни реагентних методів очищення самої води на фізичні без реагентні методи. Дане питання можна вирішити шляхом використання імпульсних електромагнітних полів (ІЕП). Слід зазначити, що технологія ІЕП розглядається як один з найбільш багатообіцяючих нетеплових методів для пригнічення мікроорганізмів у продуктах та воді зі збереженням кольору, аромату, структури і харчової цінності [2]. Механізми дії ІЕП на бактерії є ще недостатньо вивченими, але відомо, що магнітні поля можуть впливати на метаболічні та ферментні процеси бактеріальної клітини і в такий спосіб впливати бактерицидно [3]. Результати досліджень [4], показали, що дія ІЕП при напруженості 30кВ/см протягом 30с інактивує бактеріальне число кишкової палички *Staphylococcus aureus*.

Матеріали і методи досліджень. В якості об'єкта досліджень використовували культури *Staphylococcus aureus* на основі модельних розчинів води.

Staphylococcus aureus – кулясті грам - позитивні бактерії із роду стафілокок. *Staphylococcus aureus* має золотистий колір, обумовлений пігментами з групи каротиноїдів. Є збудником багатьох інфекцій і захворювань.

З метою вивчення впливу ІЕП на життєздатність культури *Staphylococcus aureus* готували модельні розчини води.

Обробку модельних розчинів з розведенням 10^6 - 10^8 здійснювали при напруженості 15...30 кВт/см³ протягом 10...30с.

При проведенні досліджень використовувалася експериментальна установка, яка розроблена фахівцями в НТУ «Харківський Політехнічний Інститут» [5]

Напруженість амплітуди дії ІЕП контролювали цифровим осцилографом «Good Will GDS-71022»

Аналіз осцилограми дії ІЕП обробленого молока наведеної на рисунку 1 показує, що напруженості електричного поля в робочій камері 1.90 кВ/мм, а тривалість фронту імпульсу 35 нс.

Для диференціації *Staphylococcus aureus* використовувалося середовище Ендо, на якій ці бактерії давали характерний ріст.

Амплітуду напруженості електричного поля E_m в робочій камері визначали за формулою:

$$E_m = \frac{U_m}{d}, \quad (1)$$

де U_m - амплітуда імпульсу напруги на відповідній осцилограммі; становить 42кВ/см, d - довжина міжелектродного проміжку в робочій камері, становить 22мм.

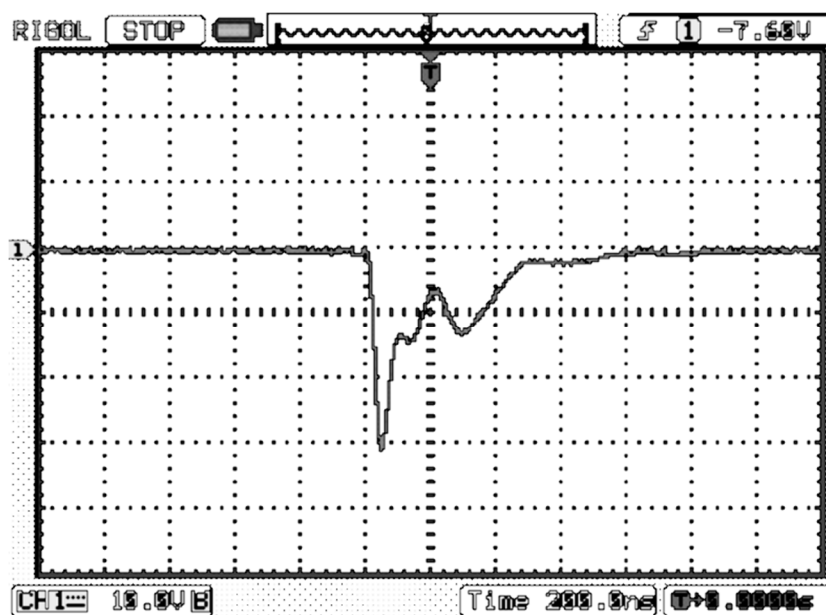


Рисунок 1 – Осцилограма дії ІЕП обробленого молока

Результати досліджень. Після імпульсного електромагнітного оброблення модельних розчинів в мікробіологічній лабораторії відбувався кількісний підрахунок виживших бактерій шляхом прямого підрахунку колоній на щільному поживному середовищі (ГОСТ 26670-91).

Аналіз отриманих результатів показав повне знищення патогенної мікрофлори при обробленні води ІЕП з розведенням 10^6 та 10^8 КУО/см³ при напруженості 30 кВт/м протягом 30с.

Висновок. Отже доведено можливість здійснення теплового оброблення води за рахунок нетеплових ефектів, що виникають за імпульсної дії електричних полів. Відкрито перспективи використання вітчизняних ІЕП-установок при первинному обробленні води.

Перспективність розвитку напряму обумовлена створенням нових методів обробки харчових продуктів і води за допомогою ІЕП з покращеними характеристиками.

Література

1. Вода. Санітарні правила, норми і методи безпечного водокористування населення. Збірник документів. 2-і видання, перероблене і доповнене. /Укладачі: Ю.А. Рахманин, З.И. Жолдакова, Г.Н. Красовский. — М.: "Интерсэн", 2004. — 768 с.
2. Barsotti, L. Food processing by pulsed electric fields. II. Biological aspects / L.Barsotti, J.C.Cheftel // Food Review International. — 1999. — № 15(2). — P.181-213.
3. Fojt L., Effect of electromagnetic fields on the denitrification activity of *Paracoccus denitrificans*. / L. Fojt., L. Strásák., V. Vetterl., // Bioelectrochemistry. — 2007. №70(1) —P.91–95.
4. Святненко Р. С. и др. Влияние импульсного электромагнитного поля на жизнеспособность *Escherichia coli* в модельном растворе молочной сыворотки // Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені СЗ Гжицького. — 2016. — Т. 18. — №. 2-3 (68).
5. Бойко Н.И. Установка для обработки текучих продуктов при помощи комплекса высоковольтных импульсных воздействий и результаты исследований / Н.И. Бойко, А.Н. Тур, Л.С. Евдошенко, В.М. Иванов, А.И. Зароченцев, В.В. Рудаков, А.И. Божков // Технічна електродинаміка. 2001. - № 4. — С.59 – 63

УДК 621.181.7

Білоцерківська Н.В.

Шутюк В.В. д.т.н.

Національний університет харчових технологій (НУХТ), м. Київ, Україна

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПОПЕРЕДНЬОЇ ОБРОБКИ НА ТРИВАЛІСТЬ СУШІННЯ ВИНОГРАДУ

Вступ. Свіжий виноград дуже чутливий до мікробного псування під час зберігання, навіть за умов холодильного збереження в умовах регульованого газового середовища. Тому протягом декількох тижнів після збирання врожаю його потрібно спожити або переробити на різні продукти. Сушіння – найпоширеніший спосіб обробки винограду. Виноград можна переробити на родзинки для більш тривалого терміну зберігання, зменшивши масову частку вологи до низького рівня. Родзинки можна споживати як безпосередньо як готовий продукт так в якості інгредієнтів для різних продуктів [1].

Актуальність. Сушений виноград становить 50 % світового виробництва сухофруктів (FAS USDA). Сьогодні основними виробниками й експортерами сушеного винограду в світовому масштабі вважаються США і Туреччина [2]. Виробництво сушеного винограду в зазначених країнах становить близько 80 % світового виробництва (OIV Report, 2012). Основними імпортерами родзинок і інших видів сушеного винограду є: Великобританія, Німеччина, Нідерланди та Франція. Імпорт винограду в Україну становить більше 19 тис. тон. Таким чином, з огляду на постійне зростання виробництва і розширення торгівлі сушеним виноградом на міжнародному ринку, виробництво сушеного винограду в Україні є перспективним напрямом.

Основна частина. Результати дослідів проведених на кафедрі технології консервування Національного університету харчових технологій з сушіння винограду сорту «Мускат оксамитовий» показали, що попереднє традиційне бланшування ягід скорочує час сушіння винограду. За стандартною технологією для отримання якісного кінцевого продукту перед сушіння та прискорення процесу зневоднення в промисловості використовують додаткову обробку: бланшування здійснюють шляхом короткочасного занурення винограду в киплячий лужний розчин з концентрацією 0,2...0,4 %; сульфитації шляхом обкурювання SO₂ чи занурення в розчин сірчистого ангідриду. Бланшування винограду тривалістю до 40 с не значно впливає на зменшення часу сушіння, ефект досягається при збільшенні часу до 2 хв. Але тривалий час теплової обробки призводить до пошкодження виноградної шкіри і утворення великих тріщин. Як наслідок, готові родзинки представили клейку поверхню, яка візуально пов'язана з значним погіршенням якості продукції.

Тому були проведені дослідження з попереднім тепловим обробленням винограду у розчині K₂CO₃ з додаванням рослинної олії. Розчини заданої концентрації K₂CO₃ готували у дистильованій воді та нагрівали при 5 °C на гарячу пластину з магнітним перемішуванням.

З результатів досліджень оптимальним способом попередньої обробки винограду є бланшування 6 % розчином K₂CO₃ з додаванням 0,5 % олії тривалістю 2 хв за температури розчину 50 °C. Цього достатньо щоб зруйнувати восковий наліт ягід утворивши при цьому мікротріщини які не матимуть суттєвого впливу на органолептичні показники.

Висновки. Збільшення часу бланшування винограду скорочує час сушіння, але при цьому погіршується якість родзинок. Найбільш ефективним способом для прискорення процесу сушіння являється теплове оброблення у розчині K₂CO₃ з додаванням рослинної олії.

Література

1. Xiao, H.W., Pang, C.L., Wanga, L.H., Bai, J.W., Yang, W.X. and Gao, Z.J. (2010) Drying Kinetics and Quality of Monukka Seedless Grapes Dried in an Air-Impingement Jet Dryer. Biosystem Engineering, 105, 233-240.
2. FAS Online. World raisin situation and outlook. Available at: <http://www.fas.usda.gov/http2/circular/2000/00-07/raisin.htm> (2002).

УДК 664.225

Перець А.О., Шутюк В.В., д.т.н.

Національний університет харчових технологій (НУХТ), м. Київ, Україна

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ РІЗНИХ СПОСОБІВ СУШІННЯ НА РЕГІДРАЦІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ ЗЕЛЕНІ ПЕТРУШКИ

Вступ. Петрушка – це зелена листова рослина, широко культивована в Україні. Листя петрушки містять значну кількість аскорбінової кислоти, заліза та вітаміну А. Завдяки високому вмісту ефірних олій петрушка широко використовується для приготування страв. Для зберігання продукції у міжсезоння з мінімальними втратами її корисних властивостей використовуються різноманітні способи, одним із поширеніших яких є сушіння. Наявність летких сполук зумовлює застосування низьких температур сушильного агента під час сушіння, що значно зменшує інтенсивність процесу [1]. Для отримання сушеної петрушки високої якості з використанням енергоефективних технологій дослідниками проведено багато експериментів з різноманітних способів сушіння та їх комбінацій отримання [2, 3]. Але вплив способів її сушіння на якісні показники досліджено значно менше.

Актуальність. Останнім часом роботи вчених зосереджені на розроблені різноманітних технологій для інтенсифікації процесу сушіння. Це особливо актуально при сушінні матеріалів, що містять значні кількості біологічно активних компонентів чутливих до впливу температури. Умови сушіння та фізико-хімічні зміни, що відбуваються під час сушіння і регідратації, впливають на якість обводнених продуктів. Зокрема, від методу сушіння та умов оброблення істотно залежать колір, текстура, щільність, пористість і сорбційні характеристики регідратованих матеріалів [4]. Регідратацію можна розглядати як міру пошкодження матеріалу, спричиненого сушінням та попереднім обробленням. Регідратаційні характеристики сухого продукту широко використовуються як індекс якості.

Проведена робота є спробою дослідити якісні зміни зневодненої зелені петрушки, що сталися під час регідратації, вивчити вплив різних способів сушіння на процес зневоднення.

Основна частина. Вплив різних способів сушіння зелені петрушки на її регідратаційні властивості виконували на кафедрі технології консервування Національного університету харчових технологій. Експериментальні результати з конвективного сушіння петрушки при постійних режимах за різних температур показали, що збільшення температури сушильного агента значно скорочує час сушіння. Так, за температури сушильного агента 45 °С тривалість сушіння петрушки становить понад 220 хв і менш як 75 хв — за 75 °С (рис. 1, а).

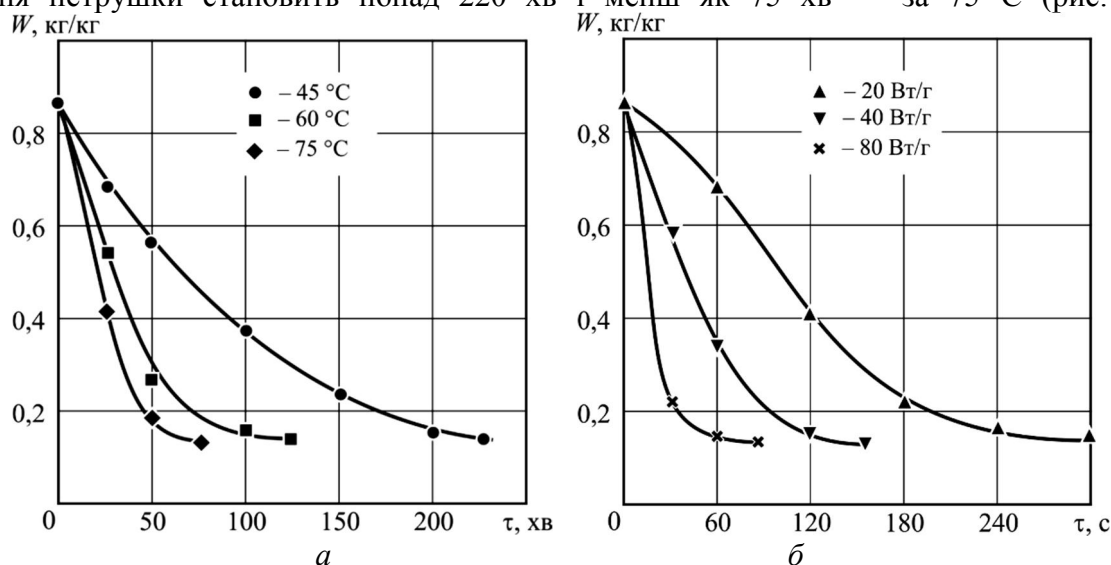


Рисунок 1 – Зміна масової частки води листя петрушки під час сушіння:

а – за різної температури сушильного агента;

б – за різної питомої потужності мікрохвильового поля

Інтенсифікація процесу масоперенесення пояснюється появою надлишкового тиску в капілярах продукту за сталої швидкості сушіння, зумовленого збільшенням температури сушильного агента.

При сушінні мікрохвильовим способом дослідження показали, що зі збільшенням вихідної потужності мікрохвильового поля з 20 Вт/г до 80 Вт/г час сушіння листя петрушки значно зменшився (див. рис. 1, б). Так за потужності мікрохвильового поля 20 Вт/г тривалість сушіння петрушки становить понад 4 хв і менш як 2 хв — за потужності мікрохвильового поля 80 Вт/г. Даний ефект можна пояснити збільшенням температури матеріалу та інтенсивності випаровування зі збільшенням потужності мікрохвильового поля. У порівнянні з сушінням гарячого повітря, використання мікрохвильового поля може суттєво зменшити час сушіння.

Аналіз даних з регідrataції висушеної петрушки при температурі води 40 °С показав, що більше значення масової частки води відповідає продукту висушеного мікрохвильовим способом (рис. 2).

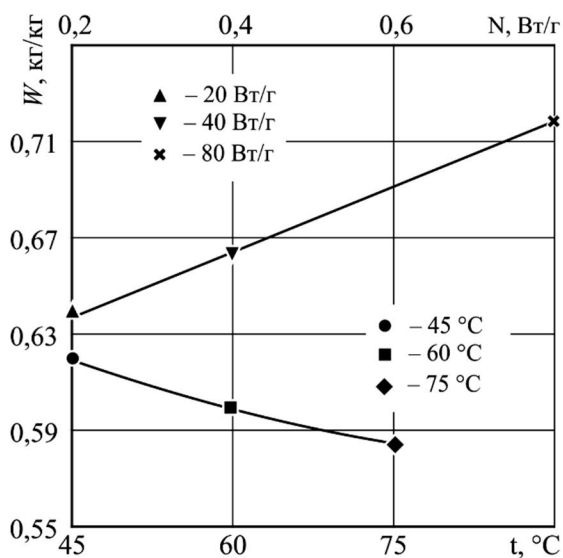


Рисунок 2 – Зміна рівноважного значення масової частки води петрушки під регідrataції висушеної гарячим повітрям і мікрохвильовим способом

При сушінні гарячим повітрям рівноважне значення вмісту масової частки води в петрушці під час регідrataції зменшувався зі збільшенням температури сушильного агента. Значення нижчої регідrataції є свідченням ущільнення продукту, викликаного температурним впливом процесу сушіння, що призводить до необоротних фізико-хімічних змін. Дані зміни значно менші для мікрохвильового сушіння. Вище значення рівноважного вмісту масової частки води в продукті при мікрохвильовому сушінні може бути пов'язане з виникненням більших внутрішніх напружень в тканинах при більших значеннях потужності. Поглинання мікрохвильової енергії викликає швидке випаровування води й запобігає ущільненню тканин петрушки тим самим поліпшує характеристики регідrataції.

Висновки:

1. Підвищення температури повітря та потужності мікрохвильового поля значно зменшує час сушіння листя петрушки.

2. Мікрохвильове сушіння петрушки дозволяє досягти вищого значення рівноважного вмісту масової частки води в процесі регідrataції сухої петрушки, порівняно з сушінням гарячим повітрям. При чому кращі показники регідrataції відповідають більшим значенням напруженості мікрохвильового поля.

Література

1. Matrynenko A., Kudra T., 2014. Quality drying of medicinal plants. 19 th International Drying Symposium, 24–27.08.2014, Lyon, France, EDP Sciences, 7.
2. Doymaz İ., Tugrul N., Pala M., 2006. Drying characteristics of dill and parsley leaves. J. Food Eng. 77, 559–565.
3. Diaz-Maroto, M.C., Vinas, M.A.G., & Cabezudo, M.D. (2003). Evaluation of the effect of drying on aroma of parsley by free choice profiling. European Food Research Technology, 216: 227–232.
4. Шутюк В.В. Дослідження кінетики регідrataції висушеної рослинної сировини / В.В. Шутюк, О.С. Бессараб, С.М. Самійленко, Ю.О. Цьомка, Г.М. Омельченко // Ukrainian Food Journal. – 2014. – V. 3., I. 5. – P. 121-128.

УДК 635.13:581.19

Мурашко К.С., Шутюк В.В. д.т.н.

Національний університет харчових технологій (НУХТ), Україна

ДОСЛІДЖЕННЯ РІЗНИХ СПОСОБІВ СУШІННЯ КОРЕНЮ СЕЛЕРИ

Вступ. Селера — одна з небагатьох овочевих рослин, яка з неймовірними потугами намагається привернути до себе увагу. В свій час, у період правління Катерини II, селера вважалася декоративною рослиною, і потрібно було не одне десятиліття, щоб вона отримала належну оцінку. В природі практично немає альтернатив селері завдяки унікальним речовинам, що входять до її складу. Іноді її навіть ставлять на один рівень з цілющими властивостями женьшеню. Селера також багата на вітаміни групи В, містить провітамін А, вітамін К, вітамін Е і аскорбінову кислоту [1].

Сушені корені селери застосовуються як складовий компонент розфасованих супів, селерових кремів, десертних сумішей, смакових салатів і приправ, а також як самостійний продукт. Крім того, селера використовується як приправа до супів, холодних страв, консервованих продуктів і сирів [2]. Офіційна медицина не поспішає внести селеру в реєстр лікарської сировини, хоча і не заперечує, що продукт корисний ослабленим хворим і дітям, так як містить ряд цінних компонентів.

Актуальність. На сьогодні задача забезпечення населення якісними харчовими продуктами довготривалого зберігання стала одним із найважливіших питань на порядку денному для України. В цьому сенсі отримання сушених продуктів на основі раціональних технічних, технологічних і економічних показників, що дозволять суттєво розширити асортимент харчових концентратів та які успішно можуть використовуватись для виробництва якісних продуктів є одним з найважливіших способів розв'язання цієї проблеми.

Одним з таких напівфабрикатів є сушені корені селери. Розробленням технології сушіння селери нині займається багато науковців різних країн. Як правило дослідження спрямовані на вивчення процесів сушіння — конвективного, мікрохвильового та вакуумного. Також до перспективних технологій відноситься процес попереднього бланшування сировини гарячою водою або парою. Цікавим в попередній обробці є застосування ультразвуку частотою вище 16 кГц за рахунок не високої ціни установки та низьких експлуатаційних витрат [3]. Відомим є спосіб сушіння харчових продуктів, що включає обробку сировини рідким двоокисом вуглецю при тиску вищому за атмосферний [4].

Метою даної роботи є удосконалення технології сушіння коренів селери з поліпшенням якості готового продукту, максимальним збереженням всіх біологічно цінних речовин при високій ефективності процесу сушіння.

Основна частина. На кафедрі технології консервування Національного університету харчових технологій проводили експериментальні дослідження з сушіння кореню селери. Перед сушінням її мили і нарізали стовпчиками розміром $0,005 \times 0,005 \times 0,01$ м. Швидкість руху сушильного агента у всіх експериментах становила $1,0 \pm 0,02$ м/с. Для порівняння інтенсивності проходження процесу сушіння досліди проводили за таких технологічних режимів:

- конвективним способом без попереднього оброблення за температури гарячого повітря 50 і 70 °С;
- з попереднім бланшуванням і замочуванням в 1 % розчині лимонної кислоти з подальшим сушінням конвективним способом за температури гарячого повітря 50 і 70 °С;
- мікрохвильовий способом при питомій потужності мікрохвильового поля 80 Вт/г;
- масова частка вологи в продукті в кінці процесу зневоднення становила не більше 16 %.

Аналіз результатів проведених досліджень показує, що збільшення температури сушильного агента з 50 до 70 °С дозволяє зменшити тривалість сушіння кореню селери з 180 хв до 100 хв (рис. 1). У випадку застосування попереднього оброблення сировини бланшуванням при температурі 95 °С (на графіку не показано) або замочуванням в 1 %

розчині лимонної кислоти тривалість сушіння значно скорочується та мають практично подібні результати. Так з попереднім обробленням та наступним сушінням з температурою сушильного агента 50 °С становить 110 хв, а з температурою 70 °С – 80 хв.

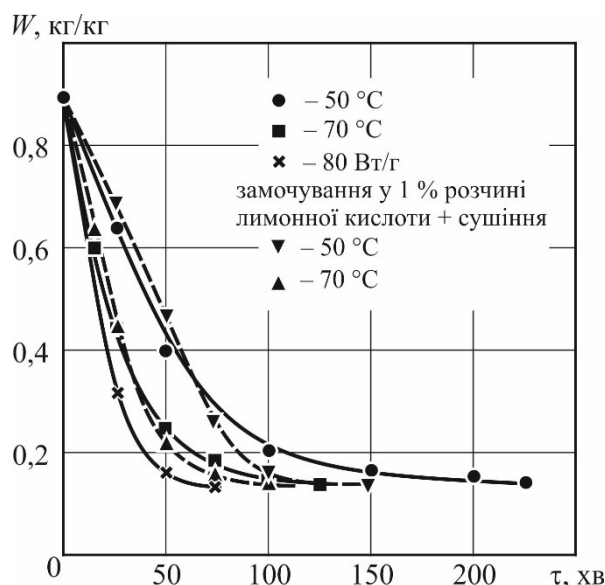


Рисунок 1 – Зміна масової частки води кореню селери під час сушіння різними способами

Застосування попередньої обробки паренхімних тканин селери призводить до зменшення щільності тканин і, відповідно, більшої проникності матеріалу. Як видно з кінетики сушіння селери (див. рис. 1) початкова обробка на початку процесу сушіння має гірші показники зневоднення, але після 30 хв для температури 70 °С і 60 хв для 50 °С інтенсивність зневоднення перевищує технологічний процес без оброблення.

Використання мікрохвильового поля в порівнянні з сушінням гарячим повітрям при температурі 70 °С значного ефекту щодо зростання швидкості зневоднення не приносить. Також мікрохвильове сушіння супроводжується значною зміною кольору сушених шматочків кореню селери від білого з жовтуватим відтінком до коричневого, що свідчить про початок реакцій карамелізації цукрів та меланоїдиноутворення. Смак та запах отриманих зразків також змінюється в гіршу сторону – з'являються сторонні присмаки і запах легкого пригорання.

Висновки. Дослідження процесу сушіння кореню селери показали, що на інтенсивність зневоднення найбільший вплив має збільшення температури сушильного агента й попереднє бланшування або замочуванням в 1 % розчині лимонної кислоти.

Застосування мікрохвильового сушіння в порівнянні з конвективним з попереднім бланшуванням або замочуванням в 1 % розчині лимонної кислоти значного ефекту не має.

Література

1. Корінь селери і його властивості. Режим доступу: <http://agronomist.in.ua/sad/likarski-roslini-ukraini/korin-seleri-i-jogo-vlastivosti.html>
2. Попова Н.О. Використання кореня селери як допоміжної сировини у розробці нового функціонального продукту/ Н.О. Попова, В.І. Акайморова // Збірник наукових праць «Товарознавчий вісник». Донецьк. – 2013. – № 6. С. 213-219.
3. Białobrzewski I (2006). Determination of the heat transfer coefficient by inverse problem formulation during celery root drying. Journal of Food Engineering 74(3): 383–391.
4. Markowski M, and Białobrzewski I (1997). Celery slice vacuum drying kinetics. In: R. Jowitt (Eds.), Engineering of Food at ICEF 7 Part 2, Sheffield Academic Press, Boston, pp. 93-96.

УДК 637.146

Руслан Адил Акай Тегин, ассистент

Кыргызско - Турецкий университет Манас, г. Бишкек, Кыргызстан

Зафер Гонулалан, д-р.

Университет Эржес, г. Кайсери, Турция

МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КУМЫСА ИЗ НАРЫНСКОЙ ОБЛАСТИ, КЫРГЫЗСТАН

Введение. Проведены экспериментальные исследования с целью определения микробиологических показателей кумыса, произведенного в Нарынской области Кыргызстана и установлено их соответствие принятым нормам и стандартам.

Материалы и методы.

Материалы. Для исследования в общей сложности были взяты 25 образцы готового кумыса из разных мест с пастбищ Нарынской области, высота пастбищ над уровнем моря более 2500 метров. Пробы кумыса брались в месяце июне, лабораторные работы проводились в асептических условиях.

Методы. Для микробиологических анализов использовались готовые агары (Plate Count agar, De Man, Rogosa and Sharpe agar, Potato Dextrose agar, Bard-Parker и Violet Bile agar, Merck, Германия) [1]. Статистический анализ проводили с использованием статистического пакета SPSS 16.0.

Результаты и обсуждение. Кыргызстан известен как горная страна, а также славится своим кумысом сделанным из кобыльего молока. Кумыс является кисломолочным напитком, в 5 веке до н.э. упоминается в качестве предпочитаемого напитка богов [2]. Кумыс распространён в таких странах, как Кыргызстан, Казахстан, Монголия, и в некоторых регионах России и Китая. Традиционный способ приготовления кумыса из кобыльего молока делается с помощью природных культур (молочнокислые бактерии и дрожжи), в результате получается слегка алкогольный напиток. В кумысе содержится в изобильном количестве пробиотики и микробиоты, которые оказывают положительное воздействие на здоровье человека [3]. Разнообразие микробиоты отличается из-за географических условий и видов животных.

Отмечено, что последнее время появился тренд “Кумысолечение”, предусматривающий использование кумыса в оздоровительных целях. Поэтому необходимо уделять должное внимание исследованиям его микробиологических показателей.

Цвет кумыса имеет сероватый цвет. Приблизительный состав кумыса: влажность 90 %, белок 2,1 %, лактоза 6,4 %, молочные кислоты 0,5-1,5 %, минералы 0,3 % и жиры 1,8 %. В готовом продукте содержится 0,6 - 5,2 % спирта, 0,7 - 1,8 % молочную кислоту, и 0,5 -0,9 % CO₂ [3]. Определение кумыса давали многие и один из них проф. А. С. Гинзберг: «Кумыс представляет собою жидкий шипучий напиток, почти не гуще молока, приятного кисловатого вкуса; из бутылок, в которых дают ему dozреть, он обыкновенно при откупоривании выбегает, подобно шампанскому, почему бутылки откупоривают с предосторожностью, либо наливают в стаканы через особые краны, ввинченные в пробки; пьется кумыс легко, стаканами, при чем испытывается освежающее и приятное ощущение» [4].

Значение pH среды было в диапазоне 3,55 – 4,32, количества аэробных мезофильных бактерий $5,16 \pm 0,009 - 7,05 \pm 0,011 \log \text{КОЕ/мл}$, молочнокислые бактерии $5,13 \pm 0,026 - 7,10 \pm 0,004 \log \text{КОЕ/мл}$, дрожжи $4,53 \pm 0,009 - 6,83 \pm 0,006 \log \text{КОЕ/мл}$, стафилококков-микрококков $4,05 \pm 0,027 \log \text{КОЕ/мл}$ и колиформных группы бактерий в диапазоне между $1,26 \pm 0,089 \log \text{КОЕ/мл}$ (только один образец имеет положительный с группой бактерий

группы кишечной палочки). В результате доминирующим микробиотой кумыса были молочнокислые бактерии и дрожжи. Такие результаты получили и другие исследователи [5, 6, 7].

Полученные данные по микробиологическим анализам показывает, что кумысы продаваемые близи автодорог были контаминированы стафилококками и микрококками, а у проб кумыса приготовленные на пастбищах такие микроорганизмы не дали роста. Известно, что не некоторые штаммы стафилококков считается ферментативными культурами для колбасных изделия. Считаем, что присутствие стафилококков в кумысе не характерное явления.

Кишечными палочками были загрязнена одна проба, взятая с пастбищ Ат-Башы/ Суулуу. Следовательно, условия приготовления кумыса в этом местности не отвечают требованиям санитарных норм.

В стандарте в одном миллилитре кумыса должно содержаться 4.97×10^7 КОЕ молочнокислых бактерий и 1.43×10^7 КОЕ дрожжей [9]. Соответствие исследуемого кумыса стандартам было подтверждено.

Литература

1. BAM. Bacteriological analytical manual. (8th ed.). (1998). Gaithers-burg.
2. Dugan F. M. (2009). Fermentative Microorganisms in the Prehistory of Europe, the Steppes, and Indo-Iranian Asia and Their Contemporary Use in Traditional and Probiotic Beverages, Dregs of Our Forgotten Ancestors. *Fungi*, 2:4, pp. 16-39.
3. Danova S, Petrov K, Pavlov P (2005). Isolation and characterization of *Lactobacillus* strains involved in koumiss fermentation. *International Journal of Dairy Technology*, 58 (2), 100-105
4. Berlin PJ (1962). Koumiss, IDF Bulletin, Part IV, pp. 16,.
5. Михайлов М.П. (1929). Кумыс и кумысолечение в условиях Сибири и Бурятии. Верхнеудинск, 1-6.
6. Zhang Q., Zhong J., Liang X., Liu W., and Huan L. (2010). Improvement of human interferon alpha secretion by *Lactococcus lactis*. *Biotechnol Lett*, 32, pp. 1271–1277.
7. Wang J., Chen X., Liu W., Yang M., Airidengcaicike, & Zhang H. (2008). Identification of *Lactobacillus* from koumiss by conventional and molecular methods. *Eur Food Res Technol*, 227, pp. 1555–1561.
8. Hao Y, Zhao L, Zhang H, Zhai Z, Huang Y, Liu X. & Zhang L. (2010). Identification of the bacterial biodiversity in koumiss by denaturing gradient gel electrophoresis and species-specific polymerase chain reaction. *J Dairy Sci*. May, 93(5), pp. 1926-33.
9. Law B.A. (1997). Microbiology and Biochemistry of Cheese and Fermented Milk. 2 nd Ed. Blackie Academic and Professional Pub.U.K. pp. 119-121.

УДК 664.653.1

Доломакін Ю.Ю., старший викладач

Національний університет харчових технологій (НУХТ), м. Київ, Україна

РІВНОМІРНІСТЬ РОЗПОДІЛУ ВОДНО-БОРОШНЯНИХ КОМПОНЕНТІВ У РОТОРНОМУ ЗМІШУВАЧІ

Вступ. Процес змішування компонентів водно-борошняних сумішей (ВБС) є ключовим етапом і відіграє основну роль як фактор, від виконання якого залежить якість кінцевого продукту і його собівартість. Від ефективності реалізації стадії змішування, під час якої слід забезпечити рівномірний розподіл компонентів ВБС, безпосередньо залежать якісні показники готової продукції. Ефективність змішування визначається значенням характерного для даного процесу параметру (ступеню перемішування, характеру диспергування, коефіцієнту тепло- або масопереносу і т.д.). Ефективність змішування є зручним параметром для порівняння і вибору оптимального режиму роботи змішувачів.

Неможливість отримання результатів поведінки суміші що готується, у будь-якому об'ємі змішувальної чаші, недостатність теоретичних даних та практичного досвіду значно сповільнювали роботи з розробки більш ефективного обладнання такого типу. Допомогти усунути ці проблеми дало комп'ютерне моделювання, що дає можливість оцінити рівномірність розподілу компонентів, визначити енергетичні параметри процесу змішування і т.д.

Актуальність. При проектуванні нового обладнання, неможливо передбачити кінцевий результат якості змішування за допомогою існуючої “дослідної технології”. Вибір того чи іншого змішувального органу відбувається інтуїтивно, після чого здійснюється перевірка доцільності цього вибору за допомогою експериментальних досліджень. Це, у свою чергу, забирає багато сил, часу та коштів.

Приготування ВБС являє собою складний гідродинамічний та фізико-хімічний процес. Для змішування її компонентів використовують машини з місильними органами різної форми, кожен з яких по-своєму впливає на її якість суміші. Отже питання вивчення впливу таких параметрів на процес приготування продукту є актуальним.

Основна частина. Однією з основних класифікаційних ознак змішувальних машин механічної дії є форма робочих органів. Серед їх великого різноманіття чітко виділяються чотири основні види, які використовуються у промисловості: турбінні, пропелерні, лопатеві та рамні. Конструкції змішувальних органів інших машин можуть або бути зведені до перерахованих вище або є їх комбінацією.

Мета змішування компонентів ВБС полягає у рівномірному їх розподілу в об'ємі чаші. Основним критерієм для аналізу процесу змішування обрано швидкість зміни концентрації компонентів у робочому об'ємі змішувальної чаші. Підсумком процесу має бути рівномірний розподіл компонентів ВБС – борошна і рідкої фази, початкова концентрація яких позначена 0 і 100. Концентрація ВБС повинна прямувати до 50.

Для того, щоб визначити вплив зміни робочого органу на ефективність роботи змішувача періодичної дії, проведено аналіз за двома основними роторами. Перший ротор являє собою диск з прямими лопатками. У цьому випадку рух передається переважно за рахунок тангенціальної напруги в напрямку, перпендикулярному руху рідини. При змішуванні компонентів в циліндричній посудині з допомогою диска з прямими лопатками симетричний розподіл швидкостей є функцією тільки одного параметра – радіуса центрального вихору. Тільки за однакової кількості радіусу вихору і радіусу ротора можна говорити про закручуваність при русі і збільшенні циркуляції суміші [1].

Другий тип ротора був розроблений в процесі експериментів і виконаний у вигляді циліндра, в нижній частині якого розташовано вхідний отвір для оброблюваного продукту з передбаченою можливістю зміни його діаметра. В середині ротора, встановлені два інших циліндра меншого радіуса, один з яких встановлений з ексцентриситетом. На зовнішніх стінках циліндрів виконані круговим масивом наскрізні канали, виконані рядами. Для того

щоб регулювати інтенсивність оброблення продукту діаметр вхідного отвору ротору можна змінювати за допомогою змінних шайб різного діаметру.

Дані експерименту [1] підтверджують теоретичні припущення про інтенсифікацію сумішоутворення при використанні ротора у вигляді циліндра, який забезпечує щадний вплив на середовище, що містить наприклад мікроорганізми. У цьому випадку значно підвищується якість готової суміші, що виражається в більших швидкостях хімічних реакцій і т.п.

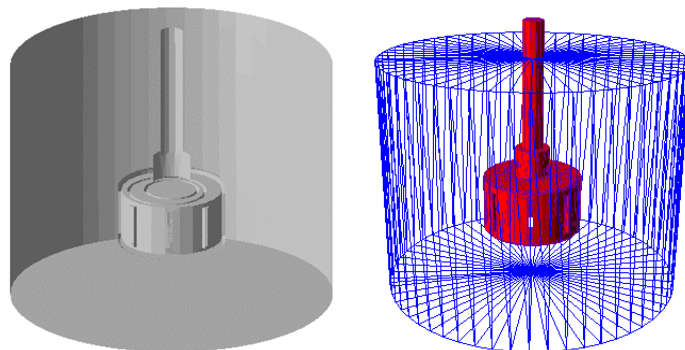


Рисунок 1 – 3D модель роторного змішувача

На конструкцію пристрою з такими робочими органами отримано патент України на винахід та корисну модель [2].

Результати, отримані при проведенні імітаційних експериментів, виконаних у пакеті прикладних програм *FlowVision*. На рис. 1 зображена геометрія поставленої задачі. Моделювання здійснювалось для частоти обертання ротора $n = 1500$ об/хв його результати представлені на рис. 2.

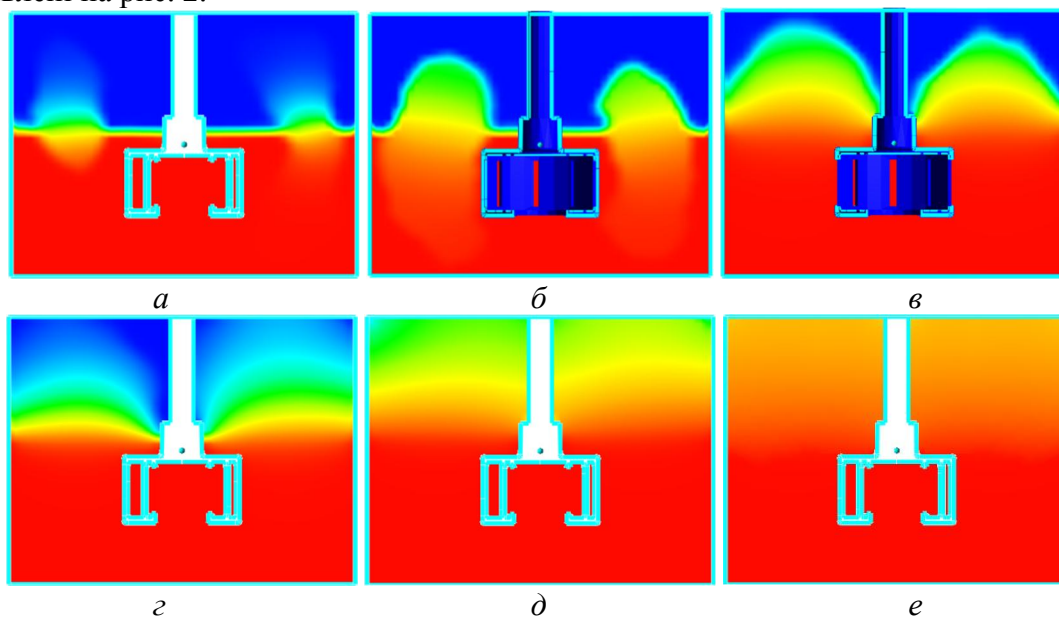


Рисунок 2 – Поле концентрацій в перерізі чаші у момент часу t , сек.:
 $a - 1$; $b - 4$; $c - 9$; $d - 16$; $e - 32$; $f - 42$

Зі збільшенням часу процес утворення суміші інтенсифікується, що помітно по збільшенню активної зони перемішування та захопленню більшої кількості часточок з нижньої частини чаші. Для кожного типу робочого органу побудовано залежність зміни концентрації c (ступінь змішування) у часі (рис. 3).

Аналізуючи криві зміни концентрації можемо зробити висновок, що рамний тип робочого органу (крива 4) не здатен забезпечити швидкий розподіл компонентів за якомога найменший час його роботи, тим самим не забезпечуючи інтенсивного оновлення поверхонь контакту рідкої і твердої фаз.

Інші три типи(криві 1, 2 та 3) виконують цю задачу швидше але з різною інтенсивністю, як видно з графіка найкращим з них можна назвати турбінний.

Одним з основних недоліком цих конструкцій є рівномірність руху суміші в чаші яка призводить до створення стаціонарних вихорів, в проміжку між якими виникають застійні зони, у яких процес змішування може бути недостатнім.

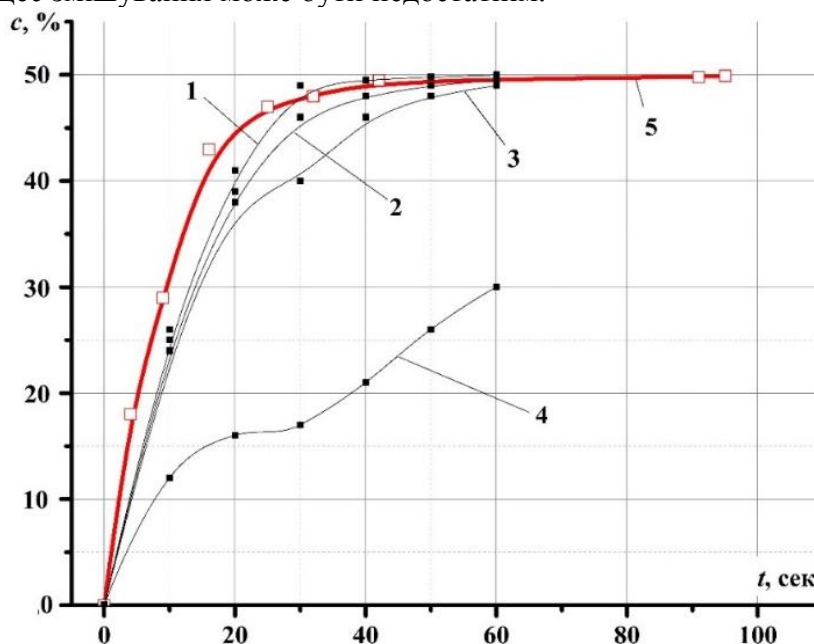


Рисунок 3 – Зміна концентрації компонентів суміші у часі для різних конструкцій робочих органів: 1 – турбінний; 2 – пропелерний; 3 – лопатевий; 4 – рамний; 5 – роторний

Найбільш доцільно для змішування використовувати запропоновану конструкцію роторного типу(крива 5), що підтверджує графік зміни концентрації, який вказує на досягнення високого рівня концентрації дисперсної фази у дисперсійному середовищі вже приблизно на 15 секунд процесу.

Така конструкція має низьку енергоємність, обумовлену тим, що ВБС є одночасно і джерелом і об'єктом гідромеханічних коливань, кінетична енергія безпосередньо перетворюється у турбулентну.

Таким чином запропоновані ознаки в сполученні з раніше відомими дозволять отримати новий позитивний ефект, що полягає у покращенні якості ВБС.

Висновки

1. Запропонована конструкція робочого органу, вирішує задачу створення високоефективного змішувача з нестационарними потоками речовини, що у силу своєї циклічності призводять до створення пульсаційного ефекту, який активізує процес змішування компонентів суміші. з переносом процесу змішування у середину ротору, в якому можна створити прогнозовані та контрольовані сприятливі кінематичні умови обробки.

2. Інтенсифікація процесу змішування у такій конструкції обумовлена багатфакторним впливом на оброблювану рідку гетерогенну середу, що полягає в пульсаціях тиску і швидкості потоку рідини, розвиненої турбулентності в локальних об'ємах ротору. Апарат дозволяє досягти великих значень щільності гідродинамічної і гідроакустичної енергії.

Література

1. Доломакин Ю. Выбор рабочего органа смесителя при интенсивном замесе жидких опар / Межд. научно-практическая конференция, 17 апреля 2015 г., г. Кутаиси, Грузия. – Кутаиси: ГУАЦ, 2015. – с. 469-471
2. Патент України на винахід №113459, МПК А21С 1/02 В01F 7/28 В01F 3/12; Пристрій для змішування рідких напівфабрикатів/ Ю.Ю. Доломакін, І.М. Литовченко; заявник НУХТ. – № а 2015 06029; Заявлено 18.06.2015; Опубліковано 25.01.2017, бюл. №2.

УДК 664.66

Nakov Gjore, Ivanova Nastia, dr., Damyanova Stanka, dr.

University of Ruse, Branch Razgrad, Bulgaria;

Tzonka Godjevargova, dr.

University "Prof.Dr.Asen Zlatarov", Bulgaria;

Necinova Ljupka,

Health Food by "Zegin", Macedonia

AMILOGRAPHIC TESTING OF WHITE FLOUR, BARLEY FLOUR, EINKORN FLOUR AND EINKORN FLAKES IN DIFFERENT RATIO

Introduction. In many processes and operations in food industry it is necessary to define certain process parameters by knowing the so-called rheological properties of the materials (solid or liquid), ie their behavior (deformation or leakage), under the influence of the voltage forces [1].

Rheological properties are important because they affect the quality of the finished product. During the mixing process, in the dough are developed desired rheological properties [1].

As the particle size of the dough is important for the rheological properties, the size of the membrane granules and the amylose and amylopectin ratio is also important for the viscosity of the starch suspension [2].

Visco amylogographer is used to assess the behavior of the starch and water solution during the process of gelatinization.

A complete amylographic test usually involves four different thermal periods: heating, keeping the heating temperature, cooling, and keeping the cooling temperature.

Amylograms have proved to be useful in assessing the quality of starch and its behavior as a thickening agent in many foods [3].

The starch has many useful functional properties for food. These include: thickening, coating, gelling, adhesion and encapsulation. Some of these properties are only characteristic for starch, due to the structure of amylose and amylopectin and their organization.

Gelatinization, retrogression and creation of starch paste are the three most important phenomena that are most commonly used in the usage of starch.

Natural starch molecules are insoluble in cold water, but are swelling in warm water.

Starch gelatinization is a disorder in the subordination of the starch pellet molecule [4]. The aim of this paper is to show the rheological properties of white wheat flour, Barley Flour, Einkorn Flour and Einkorn flakes in a different ratio.

Materials and Methods

Materials. 4 types of flour are used: white wheat, barley flour, einkorn flour and einkorn flakes produced in Republic of Bulgaria. The following mixtures were analyzed: White Flour: Einkorn Flour (30:70; 50:50; 70:30 and 100%); White Flour:Barley Flour (30:70; 50:50; 70:30 and 100%); (30:70; 50:50; 70:30 and 100%) (total 16).

Methods. For examination of the rheological properties of the above mentioned flours (maximum viscosity, viscosity decrease and setback effect, the Brabender Micro-Visko Amylograph was used.

Results and discussion. From the analyzes was determined that when the percentage of Einkorn flour is increased, the starch viscosity is decreased. This applies only for a mixture of white wheat flour and Einkorn flour. The viscosity determined by the Micro-Visko Amylograph on a mixture of

white wheat flour and Barley flour is increased by increasing the percentage of Barley flour in the mixture. This has also been proven by other authors [1,5]. Low viscosity values indicate that enzyme activity in the flour is high. Such flour are highly capable of forming gases and small for their retention. Most commonly, these types of flour are obtained by grinding the cropped grains [6]. By adding barley flour, is increased the retrogression propensity, which is associated with increasing in viscosity in barley flour, and weakening of the gluten-free network, that holds the starch granules [5]. When examining the decrease of viscosity in a mixture of Einkorn flour and Einkorn flakes, it is determined a rapid decrease in the viscosity, until the flour ratio is in the range of 50:50. The same is evident when we have a mixture of barley flour and Einkorn Flour. One of the reasons for the decrease in viscosity may be the formation of a strong network of proteins that retains the starch granules [5]. When examining the return effect "*set back*", in the mixture of white wheat flour and barley flour can be seen that increasing the ratio of barley flour results with increasing the return effect "*set back*". If separately are considered only the pure flours (white wheat flour, barley flour, Einkorn flour, Einkorn flakes), we have found that the greatest effect of return is determined in Einkorn flakes. Gelatinization and retrogression have a significant impact on the texture of food products [2].

Conclusion. From the carried out rheological tests on 16 different types of mixtures, out of the four types of flour (White Flour, Barley Flour, Einkorn Flour and Einkorn flakes) in different ratio, it has been determined that maximum viscosity is noticed in a mixture of white wheat and barley flour, which are in a ratio of 30:70, while the lowest viscosity is found in a mixture of barley flour and Einkorn Flour in a ratio of 30:70. On the other hand, decrease in viscosity is lowest in a mixture of barley flour and Einkorn flour, in a ratio of 70:30. The return effect of "*set back*" in the original state is highest in a mixture of Einkorn Flour and Einkorn flakes, at ratio 30:70.

References

1. Jurišić B. (2010). Kvalitativna svojstva kruha s dodatkom brašna ječma sorte „bingo“ uroda 2008./2009 godine. Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek.
2. Krušelj M. (2016). Amilografsko Ispitivanje kvalitete tjestenine s dodatkom ječmenog brašna. Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek.
3. Steffe F.J. (1996). Rheological Methods in Food Process Engineering. Freeman Press.
4. Cui W.S. (2005). Food Carbohydrates (Chemistry, Physical Properties, and Applications). Taylor & Francis Group.
5. Kosović I. (2017). Mogućnosti primjene Ječma u proizvodnji Nutritivno Poboljšanje Tjestenine- Utjecaj udjela Ječma i procesnih parametara. Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek.
6. Janković Z.M. (2016). Proteinski Profili Pšenice i njihov uticaj na tehnološka svojstva brašna. Poljoprivredni fakultet, Univerzitet u Beogradu.

UDC 665.35**Sameera A. Rege**, Research Student,**Shamim A. Momin**, Professor

Department of Oils, Oleochemicals and Surfactants Technology, Institute of Chemical Technology, Mumbai, India.

PRO- AND ANTIOXIDANT ACTIVITY OF CURCUMINOIDS WITH LECITHIN IN SUNFLOWER OIL

Introduction. The dry rhizome of turmeric contains curcuminoids namely curcumin, demethoxycurcumin and bisdemethoxycurcumin [1]. Curcumin, a major bioactive component of curcuminoids, acts as a powerful antioxidant [2]. It is a nutraceutical which is known for its activity against many diseases such as anorexia, coughs, diabetes, hepatic disorders, rheumatism and Alzheimer disease [3-5]. The other two curcuminoids namely demethoxycurcumin and bis demethoxycurcumin also possess antioxidant activity [6]. Butter like products using essential fatty acids and curcuminoids to deliver these nutraceuticals in the form of food are also prepared [7]. However, moderate pro-oxidant activity of curcumin has been observed in ghee [8].

Sunflower oil being rich source of essential fatty acids is susceptible to autoxidation [9]. Hence, it cannot be stored without addition of antioxidant. The objective of the study was to evaluate the activity of curcuminoids in crude and refined sunflower oil containing tertiary butylhydroquinone (TBHQ). The results led to the conclusion that the presence of other constituents had a remarkable effect on the activity of curcuminoids.

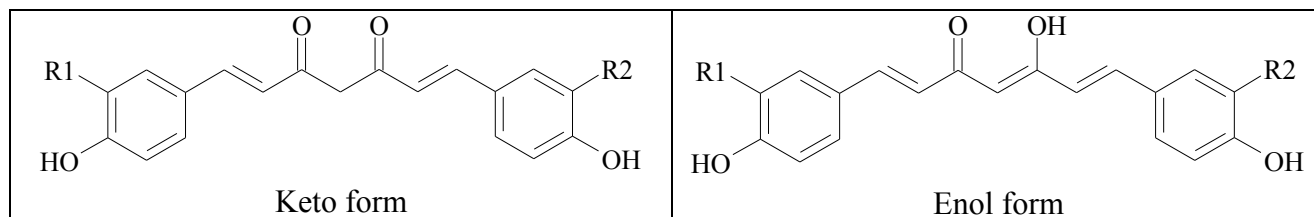
Materials and methods. The antioxidant activity was studied by preparing various blends of oil containing curcuminoids (50 ppm), lecithin (1.5% w/v), TBHQ (150 ppm, 200 ppm) and their combinations. The oxidative stability of oil blends was checked at 60°C for 30 days at regular interval of 5 days according to the AOCS Official Methods [10] by peroxide value (in meq/kg) (PV, Method Cd 8-53), *p*-anisidine value (*p*-A.V., Method Cd 18-90) and total oxidation (Totox) value (in meq/kg) (Method Cg 3-91). All the experiments were carried out in triplicate and the values were expressed as arithmetic mean of the experiments along with standard deviation.

The antioxidant activities of natural antioxidants were compared with the corresponding control samples under the same conditions. The relative antioxidant activities were compared using Oxidative Factor (OXF) for antioxidants based on mean peroxide value of triplicate experiments using following formula [11],

$$\text{OXF} = \frac{(\text{PV}_{\text{final}} - \text{PV}_{\text{initial}})_{\text{antioxidant}}}{(\text{PV}_{\text{final}} - \text{PV}_{\text{initial}})_{\text{control}}}$$

where PVs indicate the mean values of all triplicate determinations of the peroxide value.

Results and discussion. Curcumin undergoes keto-enol tautomerism [12]. The hydrogen atom donation in case of curcumin is from the active methylene group [13], which exists only in keto form (Figure 1). In neutral and acidic solutions (from pH 3 to 7), the keto form predominates. In keto form, curcumin exclusively acts as a hydrogen atom donor.



When, R1 = R2 = -OCH₃; Curucmin

R1 = -H, R2 = -OCH₃; Demethoxycurcumin

R1 = R2 = -H; Bisdemethoxycurcumin

Figure 1 - Tautomers of curcuminoids

The enol form of curcumin predominates above pH 8 and the active methylene group diminishes completely. In alkaline medium, curcumin is known to undergo degradation [14, 15]. The same theory is also applicable to other two curcuminoids, i.e., demethoxycurcumin and bisdemethoxycurcumin. Thus, it becomes necessary to maintain curcuminoids in keto form by providing reserved acidity to utilize the antioxidant activity.

Effect of curcuminoids in synergism with lecithin on oxidative stability of CSFO. The crude vegetable oils extracted from oil bearing materials naturally contain free fatty acids formed during pretreatment and extraction processes [16]. The observations from Table 1 illustrate the synergism of curcuminoids and lecithin in CSFO that showed good antioxidant activity (Figure 2).

Table 1 - Effect of curcuminoids and lecithin on oxidative stability of CSFO at 60 °C

Time (days)	CSFO	CSFO + 200 ppm TBHQ		CSFO + 50 ppm curcuminoids		CSFO + 1.5% lecithin		CSFO + 1.5% lecithin + 50 ppm curcuminoids	
	Totox [†]	OXF	Totox [†]	OXF	Totox [†]	OXF	Totox [†]	OXF	Totox [†]
5	41.2±1.4	0.42	24.9±1.0	0.63	41.7±1.5	0.42	18.9±0.9	0.69	25.1±0.4
10	57.4±1.2	0.28	27.1±1.3	0.74	51.2±1.7	0.45	32.0±1.4	0.42	30.7±0.7
15	80.7±1.5	0.26	30.2±1.1	0.78	64.8±2.1	0.58	50.9±1.8	0.39	38.8±0.9
20	106.8±1.6	0.29	38.9±1.8	0.81	88.3±1.9	0.66	74.1±1.5	0.42	51.9±1.1
25	124.2±1.9	0.28	44.7±1.5	0.83	104.0±2.2	0.71	89.6±2.1	0.46	60.6±0.9
30	138.1±2.3	0.28	49.4±1.7	0.84	116.5±2.8	0.74	102.0±2.5	0.49	67.6±1.3

[†] The values given are means of three consecutive experiments±standard deviations

Generally, oil contains polyvalent metals ions caught during processing, which further promote autoxidation of oil on storage. Lecithin chelated these metal ions thereby inhibiting the formation of radicals and peroxides. Hence, CSFO in presence of lecithin gave lower peroxide value than CSFO. Lecithin being an emulsifier can additionally prevent the autoxidation of oil by its action as an oxygen barrier at oil/air interface. These effects inhibited the formation of radicals and peroxides due to metal ions, consequently reducing the peroxide formation at initial stage. However, the same effects were incapable to control autoxidation due to radicals formed at later stage.

Moreover, the free fatty acids present in CSFO stabilized curcuminoids, eventually imparting antioxidant effect. Hence, curcuminoids gave marginal antioxidant activity in CSFO. At the same time, the curcuminoids cannot terminate the activity of metal ions and peroxide formation was more than that of CSFO containing lecithin.

The synergistic activity of lecithin and curcuminoids gave good antioxidant activity, as lecithin promoted metal ion chelation and curcuminoids act as antioxidant. As a result, the autoxidation of oil was inhibited by two different ways. It was observed that this synergistic effect is less than TBHQ.

Effect of curcuminoids in synergism with lecithin on oxidative stability of RSFO in presence of TBHQ. The antioxidant effect of curcuminoids and lecithin was also studied in presence of TBHQ. The control sample was RSFO containing 150 ppm TBHQ in this case. Figure 3 reveals the pronounce pro-oxidant effect of curcuminoids in presence of TBHQ that was shown by higher totox values for curcuminoids as compared to control sample (Table 2). It signifies that, 150 ppm TBHQ was potentially insufficient to stabilize curcuminoids in RSFO. The combined activity of TBHQ and lecithin was found to be unaffected in presence of curcuminoids. In other words, curcuminoids did not show the pro-oxidant effect in presence of lecithin and TBHQ.

Lecithin showed synergistic antioxidant activity with TBHQ as shown with other phenolic antioxidants [17, 18]. It is quite possible that curcuminoids may undergo degradation in this blend as well. But the pro-oxidant effect of curcuminoids was not observed. This may be due to lecithin that chelated polyvalent metal ions and TBHQ that scavenged free radicals, generated by oxidation of oil

and curcuminoids. Hence, the combined effect of lecithin and TBHQ stabilized RSFO even in presence of curcuminoids.

Table 2 - Effect of curcuminoids and lecithin on oxidative stability of RSFO(T) at 60°C

Time (days)	RSFO(T)	RSFO(T) + 50 ppm curcuminoids		RSFO(T) + 1.5% lecithin		RSFO(T) + 1.5% lecithin + 50 ppm curcuminoids	
	Totox [†]	OXF	Totox [†]	OXF	Totox [†]	OXF	Totox [†]
5	10.8±0.2	0.89	15.7±0.7	0.24	5.5±0.8	0.24	3.9±0.4
10	13.7±0.4	2.05	21.1±1.2	0.52	7.5±0.7	0.43	6.5±0.6
15	17.1±0.3	1.46	23.9±1.0	0.53	9.9±1.1	0.56	9.6±0.7
20	21.2±0.5	1.22	25.5±1.5	0.60	12.6±0.7	0.67	13.3±1.4
25	34.1±0.9	1.30	41.8±2.2	0.56	18.2±1.4	0.60	19.3±2.2
30	50.2±1.1	1.17	56.9±1.7	0.45	22.1±2.4	0.46	22.7±2.7

[†] The values given are means of three consecutive experiments±standard deviations

RSFO(T) is the refined sunflower oil with added 150 ppm TBHQ

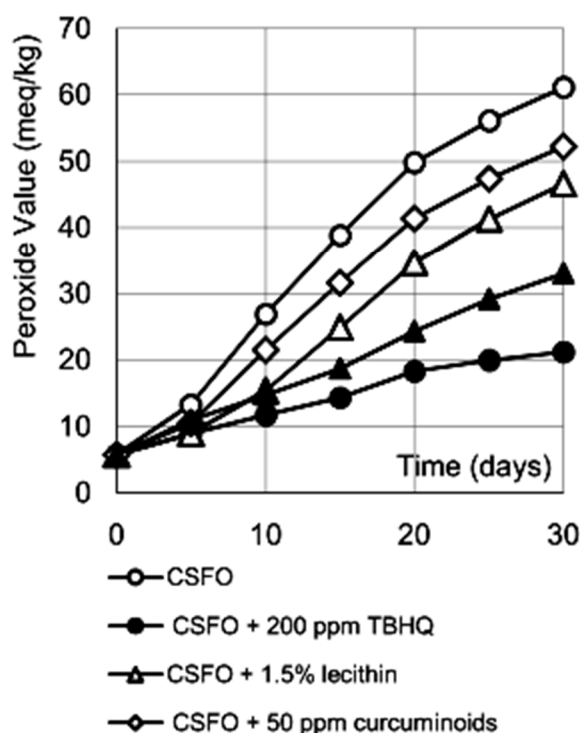


Figure 2 - Effect of curcuminoids and lecithin on oxidative stability (peroxide formation) of CSFO at 60°C

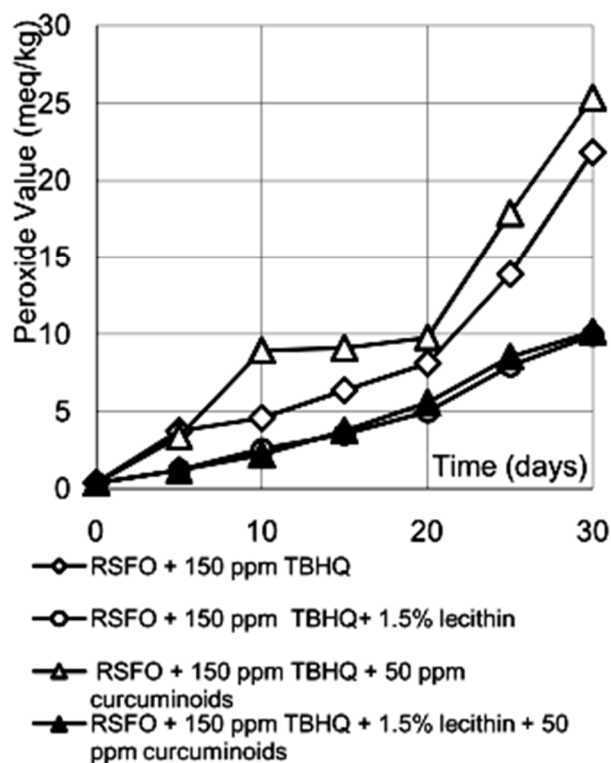


Figure 3 - Effect of curcuminoids and lecithin with TBHQ on oxidative stability (peroxide formation) of RSFO at 60°C

Conclusions. The antioxidant or pro-oxidant effect of curcuminoids depends upon the structure. Curcuminoids exhibited antioxidant activity provided they should remain in keto form. Curcuminoids showed antioxidant effect in crude oil due to the presence of free fatty acids that contributed to the stabilization of curcuminoids by maintaining them in keto form. In refined oil with TBHQ, curcuminoids were unable to maintain themselves in keto form exhibiting pro-oxidant effect. Curcuminoids showed synergistic antioxidant activity with lecithin in crude oil, which was not shown in refined oil even in presence of synthetic antioxidants like TBHQ. It can be concluded that it is crucial to maintain the proper form of a compound to utilize its antioxidant effect.

Acknowledgement. This study was financially supported by Technical Education Quality Improvement Programme (TEQIP), Government of India and World Bank.

References

1. Limtrakul P., Anuchapreeda S., Buddhasukh D. (2004), Modulation of human multidrug-resistance MDR-1 gene by natural curcuminoids, *BioMed Central Cancer*, 4(13), pp. 1-6.
2. Reddy A.C.P., Lokesh B.R. (1992), Studies on spice principles as antioxidants in the inhibition of lipid peroxidation of rat liver microsomes, *Molecular Cell Biochemistry*, 111(1), pp. 117-124.
3. Aggarwal B.B., Kumar A., Bharti A.C. (2003), Anticancer potential of curcumin: Preclinical and clinical studies, *Anticancer Research*, 23(1A), pp. 363-398.
4. Ono K., Hasegawa K., Naiki H., Yamada M. (2004), Curcumin has potent anti-amyloidogenic effects for Alzheimer's β -amyloid fibrils in vitro, *Journal of Neuroscience Research*, 75(6), pp. 742-750.
5. Jain S.K., Rains J., Jones K. (2006), Effect of curcumin on protein glycosylation, lipid peroxidation, and oxygen radical generation in human red blood cells exposed to high glucose levels, *Free Radical Biology and Medicine*, 41(1), pp. 92-96.
6. Jayaprakasha G.K., Rao L.J., Sakariah K.K. (2006), Antioxidant activities of curcumin, demethoxycurcumin and bisdemethoxycurcumin, *Food Chemistry*, 98(4), 720-724.
7. Rege S.A., Momin S.A., Wadekar S.D., Bhowmick D.N. (2013), Formulation of a functional fat spread stabilized by natural antioxidants and emulsifiers, *Malaysian Journal of Nutrition*, 19(1), pp. 121-129.
8. Semwal A.D., Sharma G.K., Arya, S.S. (1997), Antioxygenic activity of turmeric (*Curcuma longa*) in sunflower oil and ghee, *Journal of Food Science Technology*, 34(1), pp. 67-69.
9. Knothe, G., Kenar, J.A., Gunstone F.D. (2007), Chemical Properties, In Gunstone F.D., Harwood J.L., Dijkstra A.J. (Eds). *The Lipid Handbook*, pp. 535-541. LLC: Taylor and Francis Group.
10. Firestone D. (1994), American Oil Chemists' Society, *Official methods and recommended practices of the American Oil Chemists' Society*, 4th Ed. AOCS Press: Champaign, IL.
11. Ghada A., Vassiliki O. (2007), Antioxidant properties and composition of *Majorana syriaca* extracts, *European Journal of Lipid Science and Technology*, 109(3), pp. 247-255.
12. (2004), *Curcumin, Chemical and Technical Assessment*, 61st JECFA. pp. 1-8. Available at: ftp://ftp.fao.org/es/esn/jecfa/cta/CTA_61_Curcumin.pdf
13. Jovanovic S.V., Steenken S., Boone C.W., Simic M.G. (1999), H-atom transfer is a preferred antioxidant mechanism of curcumin, *Journal of the American Chemical Society*, 121(41), pp. 9677-9681.
14. Tonnesen H.H., Karlsen J. (1985), Studies of curcumin and curcuminoids: V. Alkaline degradation of curcumin, *Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und -Forschung*, 180(2), pp. 132-134.
15. Masuda T., Hidaka K., Shinohara A., Maekawa T., Takeda Y. (1999), Chemical studies on antioxidant mechanism of curcuminoid: Analysis of radical reaction products from Curcumin, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47(1), pp. 71-77.
16. Anderson D.A. (2005), Primer on Oils Processing Technology, In Shahidi F. (Ed). *Bailey's Industrial Oil and Fat Products*, 6th ed. Vol. 5. pp. 1-56. New Jersey: John Wiley and Sons Inc.
17. Koga T., Terao T. (1995), Phospholipids increase radical-scavenging activity of vitamin E in a bulk model system, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 43(6), pp. 1450-1454.
18. Saito H., Ishihara K. (1997), Antioxidant activity and active sites of phospholipids as antioxidants, *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 74(12), pp. 1531-1536.

УДК 663.1, 663.5

Соколенко А.І., д.т.н., Степанець О.І., к.т.н., Бут С.А., к.т.н.

Національний університет харчових технологій (НУХТ), Київ, Україна

ТЕРМОДИНАМІЧНИЙ АНАЛІЗ СИСТЕМ АНАЕРОБНОГО БРОДІННЯ

Постановка проблеми. Розв'язання задач енергетичного забезпечення сучасних технологій здійснюється на шляхах пошуку нетрадиційних енергоджерел зі створенням нових систем і одночасно за рахунок вторинних енергоресурсів. В останньому випадку створюються технічні можливості рекуперації і регенерації енергоматеріальних потоків у тому числі на основі замкнутих енергетичних контурів. Теоретичне підґрунтя перетворювачів низько потенціальних енергетичних джерел на високо потенціальні стосується зворотного циклу Карно та циклу Ренкіна для вологої пари у відповідності до законів термодинаміки [1, 2]. Особливо корисними теплові насоси є у випадках їх подвійного призначення, коли використовуються можливості охолодження і, одночасно, нагрівання різних середовищ. Один з можливих випадків такого використання може стосуватися температурної стабілізації зброджуваних середовищ етилового спирту і теплового забезпечення роботи бражних або ректифікаційних колон. Відомо, що зброджування одного моля цукру в анаеробних умовах супроводжується виділенням 169 кДж теплової енергії, яка в сучасних технологіях, по-перше, втрачається, а, по-друге, вимагає додаткових матеріальних і енергетичних витрат. У зв'язку з цим виникає потреба у поглибленому вивченні термодинаміки теплових процесів в сукупності технологій бродіння і перегонки та створенні замкнутих контурів.

Об'єктом дослідження є технологія і енергетичне забезпечення складових виробництва етилового спирту.

Матеріали і методи дослідження визначалися на основі мети і задач теоретичних пошуків, вивчення особливостей матеріальних і енергетичних трансформацій в бродильних циклах у зв'язку з ентропійними перетвореннями в біологічних системах. Базу досліджень складали відомі закономірності технологій, наближені до положень термодинаміки та феноменологічні міркування.

Основні результати дослідження. За Рудольфом Клаузіусом природні процеси у своїх перебігах є самопливними. Іноді їх називають "некомпенсованими" [3, 4]. Відомо, що в механічних системах стійка рівновага відповідає мінімуму потенціальної енергії. Природно вважати, що і хімічні процеси за самопливного перебігу спрямовуються у бік зменшення внутрішньої енергії системи. Разом з цим має місце принцип спрямованості процесів до найбільш вірогідного стану, якому відповідає максимально неупорядкована форма розподілу частинок. Сукупність цих двох принципів супроводжує теплопровідність, перетворення роботи в теплоту, процеси дифузії. Однак в зворотному напрямку їх перебіг "сам по собі" без компенсації є неможливим. Незворотні процеси можливі, але не мають перебігу "самі по собі". У всякому прямому круговому несамопливному процесі перетворення теплоти в роботу компенсується одночасним самопливним процесом передачі частини підведеної теплоти від теплопередавача до теплоприймальника [5-7].

Всякий несамопливний процес відбувається тільки за його супроводження самопливним процесом. Другий інтеграл Клаузіуса має вид:

$$\oint \delta Q/T \leq 0, \quad (1)$$

де знак "дорівнює" відноситься до зворотних процесів, а знак "менше" – до незворотних.

Ентропія є функцією стану, тому зміна ентропії як для зворотного, так і незворотних процесів буде однаковою. Для всякого процесу $ds \geq \delta Q/T$, де δQ – кількість сприйнятої теплоти, $s = \int \delta Q/T + s_0$, де стала інтегрування s_0 не може бути визначена в рамках першого і другого законів термодинаміки. Звичайно значення s_0 обирають довільно, орієнтуючись на умови практичних потреб. Всі самопливні процеси, які протікають від станів менш вірогідних до станів більш вірогідних, є незворотними і пов'язані зі зростанням ентропії. Загальні

закономірності перебігу процесів в неживих і біологічних системах ґрунтуються на першому і другому законах термодинаміки, однак в першому випадку використовується перший розділ класичної (рівноважної) термодинаміки, а в другому – термодинаміка незворотних процесів (нерівноважна). Біологічні системи є відкритими, незворотними і нерівноважними і їх перехід з одного стану до іншого неможливий без додаткового притоку енергії ззовні і основним поняттям щодо них є стаціонарний стан системи. В стаціонарних станах підтримуються градієнти параметрів.

Відповідно до другого закону термодинаміки, зміна ентропії ds більша або дорівнює поглинутій системою елементарній приведеній теплоті:

$$ds \geq \delta Q/T. \quad (2)$$

Для ізольованої системи ($\delta Q = 0$) маємо $ds \geq 0$. В зворотних (рівноважних) процесах ентропія є незмінною (знак "дорівнює"), в незворотних – зростає до максимуму (знак "більше"). Це відповідає критерію Клаузіуса і ізольована система спрямовується до досягнення кінцевої рівноваги з максимальною ентропією.

Таким чином, другий закон термодинаміки вказує напрямок перебігу процесів в системі. Навіть у випадку неочікуваних флуктуацій, які привели до зменшення ентропії, подальший перебіг процесів приведе систему до максимальної ентропії [3].

За функціонування біологічної системи можливі три випадки: 1) рівень організації системи зменшується; 2) залишається на незмінному рівні; 3) зростає.

З першого погляду здається, що два останні випадки пов'язані з порушенням другого закону термодинаміки. Однак тут присутній розвиток живих систем, які є відкритими, і має місце обмін речовиною і енергією з навколишнім середовищем. При цьому загальна зміна ентропії ds в них відбувається як за рахунок незворотних процесів з виділенням теплоти δQ_i , так і за рахунок зовнішнього притоку δQ_e ззовні:

$$ds = \frac{\delta Q_e}{T} + \frac{\delta Q_i}{T} = d_e s + d_i s. \quad (3)$$

За зворотних процесів $d_i s = 0$, а за незворотних – $d_i s > 0$.

В ізольованій системі маємо $d_e s = 0$ і тоді $d_i s \geq 0$. (4)

Диференціюванням виразу (3) одержуємо:

$$\frac{ds}{dt} = \frac{d_e s}{dt} + \frac{d_i s}{dt}. \quad (5)$$

Таким чином, швидкість зміни ентропії відкритої системи дорівнює сумі швидкостей зміни ентропії за рахунок взаємодій з зовнішнім середовищем і за рахунок зміни ентропії в незворотному процесі системи. Складова $d_i s/dt > 0$, оскільки вона відповідає незворотному процесу, однак складова $d_e s/dt$ може бути меншою за нуль. Загальний результат для системи можливий в трьох комбінаціях:

$$1) \frac{ds}{dt} > 0, \text{ якщо } \frac{d_e s}{dt} > 0 \text{ або якщо } \frac{d_e s}{dt} < 0 \text{ і } \left| \frac{d_e s}{dt} \right| < \frac{d_i s}{dt}; \quad (6)$$

$$2) \frac{ds}{dt} < 0, \text{ якщо } \frac{d_e s}{dt} < 0 \text{ і } \left| \frac{d_e s}{dt} \right| > \frac{d_i s}{dt}; \quad (7)$$

$$3) \frac{ds}{dt} = 0, \text{ якщо } \frac{d_e s}{dt} < 0 \text{ і } \left| \frac{d_e s}{dt} \right| = \frac{d_i s}{dt}; \quad (8)$$

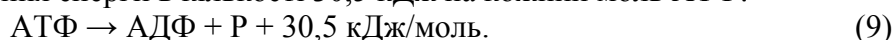
В першому випадку ($ds/dt > 0$) ступінь впорядкованості системи зменшується. Другому випадку відповідає зростання міри впорядкованості, а в третьому випадку досягнуто стаціонарний стан системи.

Названі три випадки присутні в колообігах вуглецю, води, кисню і розповсюджуються на біотичні і абіотичні компоненти. Особливу роль мають процеси зі зменшенням ентропії.

З урахуванням "рівноправності" різних видів енергоджерел звернемося до оцінки культуральних середовищ бродильних технологій. Їх утворення ґрунтується на використанні водних розчинів живильних компонентів (в основному – цукрів) і дріжджових культур. При

цьому розчинення цукрів і дріжджів може здійснюватися на рівні самоплинних незворотних процесів. Відповідно до змісту другого закону термодинаміки всі реальні природні процеси є незворотними, а зворотні процеси – це лише їх граничні ідеалізовані випадки [4]. Таким чином, реалізація будь-якого реального процесу вимагає енергетичної компенсації необоротних змін, які виникають у системі та у культуральному середовищі.

Процеси бродіння з сукупністю масо- і енергообміну з утворенням CO_2 і $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ також є самоплинними і незворотними в системі "середовище + мікроорганізми". Носієм концентрованої хімічної енергії є глюкоза, окислення якої енергію звільняє. Проміжними пунктами збереження енергії є хімічні сполуки, у яких електрони переміщуються на більш високі рівні з витратами енергії [8]. За повернення їх на попередні енергетичні рівні відбувається вивільнення енергії. Єдина природна сполука – аденозинтрифосфат (АТФ) зберігає одиницю енергії і цю одиницю хімічної енергії може перетворювати в інші форми енергій. Складається АТФ з пуринової основи (аденіну), цукру з 5-ма атомами вуглецю (рибози) і трьох залишків фосфорної кислоти. Зв'язок між зовнішнім і середнім атомом фосфору особливо вигідний енергетично. За його розриву виникає аденозиндіфосфат (АДФ), фосфат і відбувається виділення енергії в кількості 30,5 кДж на кожний моль АТФ:



Приблизно така ж кількість енергії необхідна для переходу від АДФ до АТФ і АТФ відіграє роль "енергетичного сховища" і прямого переносника енергії для всіх процесів в клітинах, що відбуваються з енергетичними витратами або її вивільненням. При цьому перенесення енергії відбувається постійно і накопичення "енергетичної бомби" стає неможливим. Якщо надходження глюкози або інших речовин припиняється, то одержання енергії відсутнє і клітина відмирає.

Трансформація глюкози в спирт в режимі анаеробного бродіння супроводжується різницею вільної енергії Гіббса:

$$\Delta G = 2870 - 2640 = 230 \text{ кДж/моль.} \quad (10)$$

За спиртового бродіння хімічна енергія зберігається у формі двох молекул АТФ і клітини споживають тільки $2 \cdot 30,5 = 61 \text{ кДж/моль}$ глюкози, (11)
а залишок у кількості 169 кДж/моль глюкози трансформується в теплоту. За умов ізобарно-ізотермічного процесу зміна енергії Гіббса визначається залежністю:

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S, \quad (12)$$

де ΔH – зміна ентальпії середовища.

Таким чином, в процесах анаеробного і аеробного бродіння теорія Клаузіуса знаходить повне відображення зі спрямуванням біохімічних реакцій і термодинамічних трансформацій відповідно до принципів мінімізації енергетичних потенціалів системи і найбільш вірогідного стану. Величина і швидкість генерування вільної енергії Гіббса безпосередньо визначає динаміку зміни ентропії, на що вказує умова (12) і за відсутності примусової стабілізації температура культурального середовища зростала б і в кінцевому результаті процес бродіння призупинився б з наступним летальним ефектом. Так за зброджування в кожному м^3 середовища 160 кг глюкози за весь цикл анаеробного процесу кількість теплової енергії, що мала б виділитися, повинна скласти:

$$Q_i = \frac{160 \cdot 169}{0,18} = 150222,2 \text{ кДж} \quad (13)$$

з еквівалентним підвищенням температури на

$$\Delta t = \frac{Q_i}{cm} = \frac{150222,2}{4,19 \cdot 1000} = 35,85 \text{ } ^\circ\text{C}. \quad (14)$$

За умови підтримки номінальної температури середовища біля 30...32 $^\circ\text{C}$ примусове охолодження стає обов'язковим. Аеробне бродіння за наближених до наведених початкових умов за показником Q_i близьке до 1 млн. кДж.

Якщо супутній до зростання ентропії наслідок підвищення температури достатньо просто нейтралізується охолодженням культурального середовища, то наслідок біохімічних реакцій у формі синтезу $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ і CO_2 в сучасних анаеробних технологіях з суттєвим підвищенням осмотичних тисків нейтралізації не підлягає. У зв'язку з відсутністю в

середовищі етилового спирту аеробні технології такого недоліку не мають, а нарощувана біологічна маса мікроорганізмів не приймає участі у створенні осмотичних тисків.

Повернувшись до наслідків процесів анаеробного бродіння, підкреслимо, що насичення рідинної фази діоксидом вуглецю у своїй кількісній характеристиці обмежується у відповідності до закону Генрі. Однак хоча таке обмеження стосується і осмотичного тиску розчиненого CO_2 , існує ще одна перепона масообміну на поверхні поділу фаз "середовище – мікроорганізми". Стан насичення рідинної фази на CO_2 ускладнює звільнення клітин від синтезованого в них газу, тоді як розчинність спирту обмежень не має [9]. Зменшення і стабілізація концентрацій спирту в середовищах можлива, наприклад, за рахунок часткової перегонки за знижених тисків, в якій використовується біологічна теплота бродіння. При цьому синтезованій в 1 м^3 середовища теплової енергії Q_i за теплоти пароутворення спирту $r_{\text{сп}} = 910,9 \text{ кДж/кг}$ повинно вистачити для одержання $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ в теоретичному підрахунку у кількості [10]:

$$m_{\text{сп}} = Q_i / r_{\text{сп}} = 164,9 \text{ кг}, \quad (15)$$

що майже вдвічі перевищує вихід спирту.

Названі енергоматеріальні співвідношення приводять до висновку про можливість здійснення повного процесу перегонки за рахунок трансформованої теплоти бродіння з використанням теплових трансформаторів.

Висновки. 1. Кількісний показник біологічної теплоти бродіння достатній для забезпечення перегонки за паралельного поєднання і виконання цих процесів.

2. Виділення теплової енергії в зброджуваних середовищах є наслідком ентропійних втрат хімічної енергії у формі вільної енергії Гіббса.

3. Величина і швидкість генерування вільної енергії Гіббса в культуральних середовищах безпосередньо пов'язана з динамікою зміни його ентропії.

4. Технічне забезпечення використання біологічної теплоти бродіння для процесів перегонки можливе за рахунок використання теплових трансформаторів у формі замкнутих енергетичних контурів.

Література

1. Шиян, П. Л. Разработка ресурсо- и энергосберегающей технологии и техники ректификации в пищевой промышленности : дис. ... д-ра техн. наук : 05.18.07 / Шиян Петр Леонидович ; УГУПТ. – К., 1993. – 494 с.
2. Корольок, К.Є. Удосконалення технології спиртової бражки з крохмалевмістної сировини: дис. ... к - та техн. наук : 05.18.07 / К. Є. Корольок; Укр. держ. ун-т харч. технологій. – К., 2001. – 206 с.
3. Тиманюк, В. А. Биофизика / В. А. Тиманюк, Е. Н. Животова. – К. : Професіонал, 2004. – 704 с.
4. Планк, М Единство физической картины мира / М. Планк. – М. : Наука, 1966. – 285 с.
5. Енергетичні трансформації і енергозбереження в харчових технологіях : монографія / А.І. Соколенко, А. А. Мазаракі, В.А. Піддубний та ін. – К. : Фенікс, 2012. – 484 с.
6. Соколенко А. І. Енергоматеріальні трансформації в харчових технологіях на основі замкнутих контурів : монографія / А. І. Соколенко, В. А. Піддубний, А. О. Чагайда. – К. : Кондор, 2015. – 300 с.
7. Інтенсифікація тепло- масообмінних процесів в харчових технологіях : монографія / А. І. Соколенко, А. А. Мазаракі, О. Ю. Шевченко та ін. – К. : Фенікс, 2011. – 536 с.
8. Соколенко, А. І. Особливості трансформацій енергоматеріальних потоків у замкнених циркуляційних контурах / А. І. Соколенко, В. А. Піддубний, О. В. Коваль // Наукові праці НУХТ. – Том 23. – № 3. – 2017. – С. 101-106.
9. Шевченко, О. Ю. Колігативні властивості культуральних середовищ / О. Ю. Шевченко, А. І. Соколенко, К. В. Васильківський та ін. // Наукові праці НУХТ. – Том 23. – № 2. – 2017. – С. 131-139.
10. Shevchenko O. J. (2006). Scientific basis and hardware design of processes for longterm storage of food, NUFT, Kyiv.

УДК 536.2

Ступак Ю.О., Васильківський К.В., к.т.н.

Національний університет харчових технологій (НУХТ), м. Київ, Україна

ІНТЕНСИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ ЕНЕРГО-, МАСООБМІНУ ПРИ СТЕРИЛІЗАЦІЇ ХАРЧОВОЇ ПРОДУКЦІЇ

Методи теплової обробки продукції постійно удосконалюються. В основному зміни направлені на підвищення якості готової продукції, розширення асортименту тари за рахунок збільшення об'єму банок та збільшення економічної ефективності процесу обробки на основі проведення аналізу та виявлення шляхів інтенсифікації процесу стерилізації за умови зменшення енерговитрат та часу технологічного впливу.

Підвищення швидкості перехідних процесів нагрівання і охолодження консистентної продукції під час її стерилізації має вирішальне значення не тільки з точки зору продуктивності технологічного обладнання, а і з точки зору якісних показників продукції. Для консистентної продукції єдиним і лімітуючим є процес передавання теплоти теплопровідністю. Останнє вимагає пошуку додаткових або нових рішень, направлених на інтенсифікацію теплообміну. Пов'язуючи інтенсивність теплообміну з гідродинамічним станом продукту в упаковці розробники нової техніки стали на шлях використання потенціальних полів сил інерції для забезпечення перемішування вмісту банок, пляшок тощо.

Розглянемо деякі з випадків, що стосуються обертальних рухів і за рахунок яких створюються відцентрові сили. Нехай об'єкт маніпулювання виконано у вигляді вертикального циліндричного резервуара з можливістю обертання його навколо вертикальної осі з кутовою швидкістю ω (рис. 1).

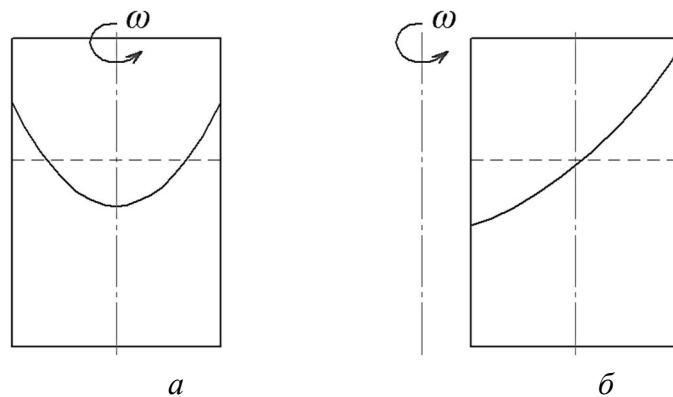


Рисунок 1 - Схема до визначення поверхні рідинного середовища

За рахунок сил тертя продукт також одержує обертальний рух з кутовою швидкістю, близькою до ω . Результатом такого обертального руху є виникнення додаткового внутрішнього тиску за рахунок відцентрових сил. При цьому за інших рівних умов величини відцентрових сил визначаються відстанню від центра обертання. На рис. 1а упаковка обертається навколо своєї геометричної осі, а на рис. 1б навколо вертикальної осі, яка не співпадає з її геометричною віссю. Відгуком систем по рис. 1а та 1б на створення полів відцентрових сил буде зміна поверхні рідинного середовища. Для випадку по рис. 1а будемо мати поверхню параболоїда, а щодо випадку з асиметричним розташуванням осі обертання – частину поверхні параболоїда. Несиметричність останньої відносно упаковки вказує на можливість впливу на гідродинамічний стан об'єму продукту за рахунок надання одночасного з обертанням навколо асиметричної осі обертання навколо геометричної осі симетрії упаковки з кутовою швидкістю ω_2 . Наслідком такого суміщення двох обертальних

рухів буде утворення біжучої хвилі по поверхні рідинної фази з додатковим радіальним і коловим перемішуванням.

Реалізувати даний складний обертальний рух можливо за допомогою планетарного механізму або ланцюгової передачі. Проаналізуємо кінематику руху (встановленням зв'язку лише між швидкісними характеристиками) як в першому так і в другому випадку.

I. Планетарний механізм – складові обертання направлені в один бік (рис. 2). Результирующим рухом співнаправлених обертань тіла навколо паралельних осей буде миттєве обертання тіла в тому ж напрямку з кутовою швидкістю ω навколо миттєвої осі обертання. Для випадку планетарного механізму миттєва вісь обертання пройде через полюс зачеплення точку Р паралельно осям O_2 і O_H .

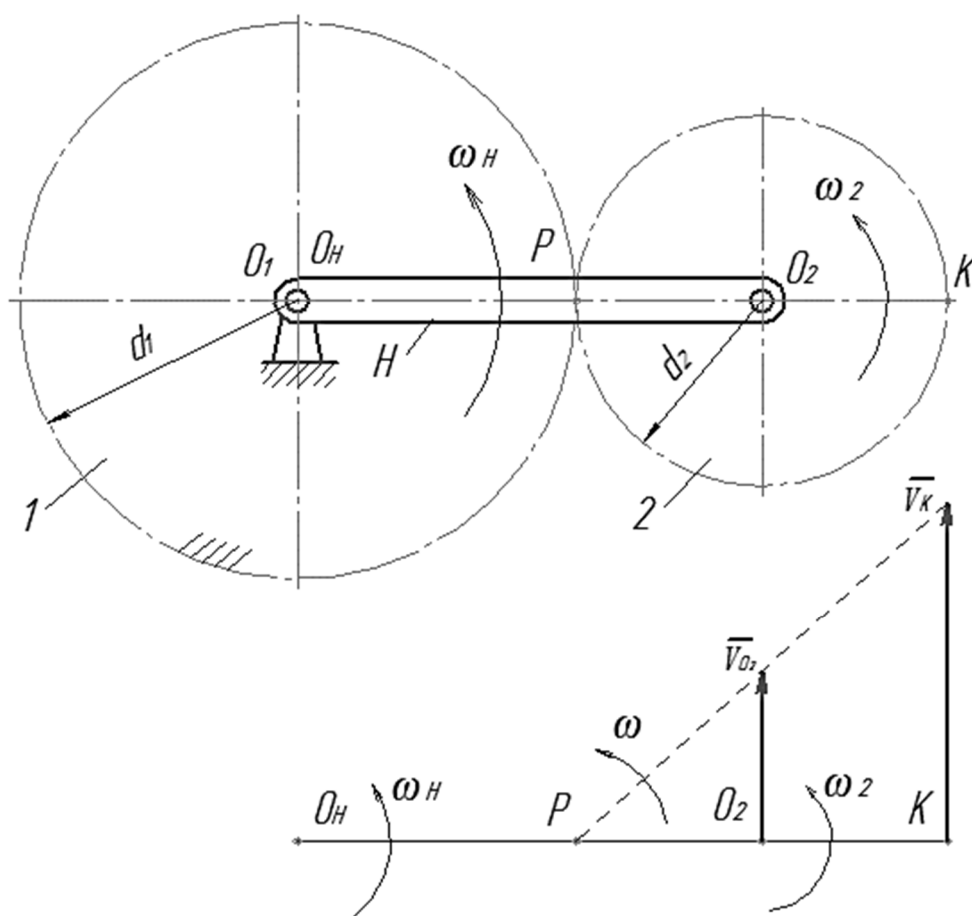


Рисунок 2 - Схема для випадку планетарного механізму

Залежність між кутовими швидкостями визначається за формулою Вілліса

$$i_{2H} = 1 - i_{21}^H = 1 - (-1)^k \frac{z_1}{z_2} = 1 + \frac{z_1}{z_2},$$

$$\omega_2 = \omega_H \cdot \left(1 + \frac{z_1}{z_2}\right),$$

де k – число пар зубчастих коліс, що знаходяться у зовнішньому зачепленні; z_1, z_2 – число зубців відповідних зубчастих коліс.

Швидкості точок O_2 і K визначаються залежностями:

$$V_{O_2} = \omega_H \cdot H,$$

$$V_K = 2\omega_H \cdot H.$$

Звідки

$$\omega = \frac{V_K}{d_2} = \omega_H \cdot \frac{2H}{d_2} = \omega_2,$$

де d_1, d_2 – діаметри ділительних кіл відповідних зубчастих коліс; $H = \frac{d_1+d_2}{2}$ – довжина водила.

Положення миттєвої осі обертання відносно геометричної осі упаковки:

$$O_2P = d_2 = \frac{2H}{i_{2H}}.$$

II. Ланцюгова передача – складові обертання направлені протилежно. Миттєва вісь обертання P у цьому випадку знаходиться не між осями O_H і O_2 , а розташована зовні з боку осі складового обертання з більшою кутовою швидкістю.

Залежність між кутовими швидкостями:

$$i_{2H} = \frac{\omega_2}{\omega_H} = \frac{d_1}{d_2},$$

$$\omega_2 = \omega_H \cdot \frac{d_1}{d_2},$$

де d_1, d_2 – ділительні діаметри зірочок.

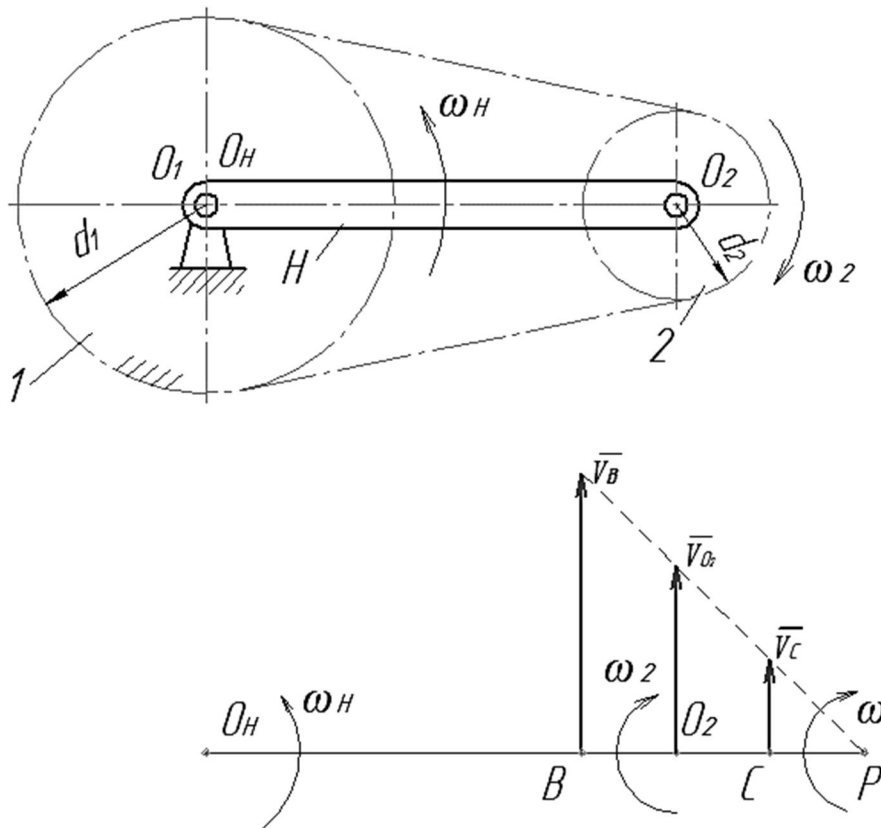


Рисунок 3 - Схема для випадку ланцюгового механізму

Тоді, враховуючи, що

$$\omega = \frac{V_{O_2}}{O_2P} = \frac{V_C}{CP} = \frac{V_{O_2} - V_C}{O_2P - CP},$$

та значення швидкості

$$V_{O_2} = \omega_H \cdot H,$$

$$V_C = \omega_H \left(H + \frac{d_2}{2} \right) - \omega_2 \frac{d_2}{2},$$

одержимо вирази для обчислення абсолютної кутової швидкості тіла та положення

миттєвої осі обертання:

$$\omega = \omega_2 - \omega_H ,$$

$$O_2P = \frac{H}{i_{2H}-1} .$$

Отже, результуючий рух буде обертальним з абсолютною кутовою швидкістю, яка дорівнює різниці складових кутових швидкостей, у напрямку більшої кутової швидкості.

Висновки. Порівнюючи вирази для обчислення абсолютної ω та відносної ω_2 кутової швидкості тіла за рівних значень довжини водила H та його кутової швидкості ω_H в обох випадках, отримаємо:

- приріст колової швидкості точок тіла вздовж його діаметру

$$\Delta V_{i(I)} = 2H\omega_H,$$

$$\Delta V_{i(II)} = \omega_H(d_1 - d_2);$$

- співвідношення відносних кутових швидкостей

$$\frac{\omega_{2(I)}}{\omega_{2(II)}} = \frac{2H}{d_1} > 1;$$

- співвідношення абсолютних кутових швидкостей

$$\frac{\omega_{(I)}}{\omega_{(II)}} = \frac{2H}{(d_1 - d_2)} > 1 ;$$

- співвідношення полюсних відстаней

$$\frac{O_2P_{(I)}}{O_2P_{(II)}} = \frac{2H(i_{2H}-1)}{Hi_{2H}} = 2 - \frac{2}{i_{2H}} > 1 .$$

Отже, в першому випадку (планетарний механізм) за рівних початкових умов кутові швидкості, полюсна відстань від осі упаковки більші і тому кривизна поверхні рідинної фази більш виражена, тобто отримаємо вищий ступінь процесу інтенсифікації.

Література

1. Іскрицький В.М. Теоретична механіка. Статика і кінематика: Навчальний посібник / Іскрицький В.М., Подлесний С.В., Водолазська О.Г., Єрфорт Ю.О. – Краматорськ: ДДМА, 2007. – 204 с.
2. Соколенко А.І. Інтенсифікація масообмінних процесів в харчових і мікробіологічних технологіях / А.І. Соколенко, О.Ю. Шевченко, В.А. Піддубний. – К.: ПП «Люксар», 2007. – 443 с.
3. Інтенсифікація теплообміну при ротаційній стерилізації / Соколенко А.І., Васильківський К.В., Семенов О.М. // Харчова промисловість. – 2008. – №7. – с. 64-66.

УДК 665.58

Грінінг К.Р., Тарасенко М.В.

Національний університет харчових технологій (НУХТ), м. Київ, Україна

ТОНКЕ ТА НАДТОНКЕ ПОДРІБНЕННЯ КОМПОНЕНТІВ ДЛЯ ФАРМАЦЕВТИЧНИХ ТА КОСМЕТИЧНИХ ЗАСОБІВ

Вступ. У фармацевтичній та косметичних галузях є необхідність у тонкому та надтонкому подрібненні компонентів у зв'язку з тим, що їх дисперсність та однорідність не задовольняє вимоги.

Матеріали та методи. Аналітичні дослідження проведені на основі аналізу сучасних літературних джерел та власного досвіду з виробництва.

Результати та обговорення. Сировина для подальшого використання у виробництві фармацевтичних лікарських засобів та косметичних засобів мають бути досить дрібнодисперсними. Так, для виробництва пудр, рум'ян, сухих тіней для очей, консилерів, тональних кремів максимальний розмір часток складу засобу складає 100 мкм. Для блисків та твердих помад для губ максимальний розмір часток складає 25 мкм і менше.

Для виробництва косметичних засобів використовують такі компоненти, які необхідно подрібнити: каолін, тальк, стеарат цинку, діоксид титану, пігменти (особливо мінеральні та залізоокисні), деякі барвники, рисове та пшеничне борошно та інші.

На сьогоднішній день існують такі машини для тонкого та надтонкого (колоїдного) подрібнення: трюхвалкові млини, бісерні млини, колоїдні млини, струминні (струменеві) млини, вібраційні млини, кільцеві (роликові) млини, планетарні млини.

Трюхвалкові млини. Подрібнення відбувається мокрим способом. Валки з гладкою поверхнею, що обертаються назустріч один одному з різною швидкістю, забезпечують перехід продукту з вала на вал і збільшують тертя між ними. Валки виготовляються з порцеляни, базальту або металу. Для підтримки оптимальної температури продукту надходить на валки, їх роблять порожнистими, щоб при необхідності можна було подавати всередину воду. Суспензії розтираються в зоні контакту обертових валків і знімаються з валка скребком.

На виробництві трюхвалкових млинів тонкого подрібнення спеціалізуються дві німецькі компанії: Erweka та Exakt. Ці компанії гарантують високу якість, точність та надійність виробляємих машин. Так, трюхвалкові млини дають кращу гомогенізацію та розподілення частинок по всій масі пастоподібної сировини в завантажувальних валах, та кращий ступінь подрібнення завдяки унікальних систем натягу, яка мінімізує вільну гру в роликових кульових підшипниках забезпечуючи більш постійний зазор між вальцями і, в кінці більш тонкий, більш однорідний розмір часток в продукті чого неможливо досягти на великих чотирьох або п'ятивалкових млинах.

Ступінь подрібнення матеріалу до 4 мкм (показник взятий з промислового робочого обладнання).

Переваги: мають запобіжні пристрої на принципі магніту; можливість безперервного процесу з вбудовуванням у виробничу лінію, пристосовані для переробки дуже поширених матеріалів, схильних до налипання або які містять липкі включення, компактність.

Недоліки: не призначені для подрібнення сухих компонентів; інтенсивне і нерівномірне зношування робочих поверхонь валків та знімального ножа; порівняно невисока питома продуктивність; ймовірність перекосу валів із-за нерівномірної затяжки пружин і нерівномірної подачі подрібнювальної суспензії; при досяганні максимально дрібного помолу продуктивність зменшується.

Використання: в косметичній промисловості для подрібнення пігментних паст, кремів, лініментів. В фармацевтичній промисловості – для виробництва мазей.

Бісерні млини. Подрібнення відбувається мокрим способом. Млин являє собою вертикальну (або горизонтальну) циліндричну посудину із сорочкою. У циліндрі розміщений ротор, що складається з вала з насадженими на нього дисками або стрижнями. Циліндр

заповнений на 70–80 % кульками з базальту, скла або сталі. При обертанні ротора тверді частки матеріалу подрібнюються в результаті тертя об тіла, що подрібнюють, і один одного. Промисловий бісерний млин працює в безперервному або циркуляційному режимах. Мають ситовий патрон або щілину для відділення бісеру від суспензії. Крупність подрібненого продукту може досягти менше 1 мкм.

Переваги: простота обслуговування; надійність та безпечність роботи; універсальність; висока продуктивність; незмінність якості подрібнення, простота конструкції, універсальність, висока продуктивність.

Недоліки: витрата електроенергії; малий ККД – 15%; неекономне споживання води та миючих засобів на підготовку обладнання до роботи; спікання та «вигоряння» суспензії в разі недостатнього охолодження.

Використання: в косметичній промисловості для подрібнення пігментних паст, кремів. В фармацевтичній промисловості – для виробництва мазей.

Вібраційні млини. Подрібнення може відбуватися як мокрим, так і сухим способом. Принцип дії: за допомогою спеціального устрою-вібратора, який знаходиться на одній осі з електродвигуном, барабан з кулями вібрує. При цьому кулі, які знаходяться у барабані, завдяки сильній трясці розбивають шматки подрібнювального матеріалу. Кулі виготовляють з фарфору, твердих сплавів або сталі. Заповнення барабану кулями відбувається на 80-90%. Крупність подрібненого продукту 1–5 мкм.

Переваги: дуже швидко досягається висока дисперсність і велика однорідність розмірів часток продукту.

Недоліки: не придатні для подрібнення липких порошків і грузлих паст та термолабільних матеріалів; низька продуктивність (до 1 т/год), швидкий знос мелючих тіл, важкі умови роботи.

Використання: для надтонкого подрібнювання матеріалів невеликої міцності в різних сферах.

Колоїдні млини. Застосовують для мокрого помелу. Для колоїдного подрібнення запропоновано багато конструкцій млинів. У запобігання злипання часток здрибнювання роблять у присутності диспергуючого середовища. Крупність подрібненого продукту - менше 0,4 мкм.

Перевага: ефективний процес емульгування та диспергування, отримання колоїдних розчинів.

Недоліки: високий знос робочих елементів; маловивченість процесу.

Використання: У фармацевтичній технології застосовують у виробництві лініментів, мазей, паст. В хімічній промисловості для подрібнення деяких мінеральних барвників та пігментів.

Струменеві млини. Подрібнення відбувається сухим способом. Принцип дії заснований на використанні енергії стисненого газу або пари. Енергоносій при розширенні в соплах набуває велику швидкість, що досягає іноді декількох сотень метрів в секунду. Частинки матеріалу подрібнюються внаслідок зіткнення між собою при перетині потоків струменів, а також ударів і стирання об стінки камери. Крупність подрібненого продукту – 2–5 мкм.

Переваги: при подрібнюванні елементи млина практично не зношуються, і, отже, не вносять домішки в готовий продукт; довговічність обладнання; забезпечує отримання порошків високої чистоти з переважно овальною формою частинок; матеріал у процесі подрібнювання не змінює своєї початкової температури, що дозволяє переробляти термолабільні речовини; мінімальні втрати продукту

Недоліки: велика витрата енергоносіїв, а одже, висока енергоємність процесу; необхідність рівномірної подачі матеріалу і підтримування постійного аеродинамічного режиму роботи, необхідне забезпечення додаткового обладнання (повітряний сепаратор), небезпечність роботи.

Використання: в фармацевтичній промисловості для отримання надтонких порошків з дорогих компонентів.

Кільцеві (роликові) млини належать до подрібнювачів роздавлюючої і стираючої дії. Розрізняють велику кількість різних конструкцій даних млинів. Крупність подрібненого продукту – 15–20 мкм.

Переваги: компактні і можуть подрібнювати матеріал при зміні ступеня подрібнення в широких межах.

Недоліки: складність конструкції і великі експлуатаційні витрати.

Використання: використовують для сухого тонкого подрібнення матеріалів малої і середньої твердості (крейда, тальк, барвники та ін.), для яких, внаслідок налипання матеріалу на кулі і футеровку, не можуть бути використані барабанні кульові млини більш простої конструкції.

Планетарні млини. Принцип роботи полягає в обертанні 3–4 барабанів щодо центральної осі і навколо власної осі в протилежну сторону обертання ротора (центральної осі) млина. Крупність подрібненого продукту – менше 4–6 мкм.

Переваги: значна питома продуктивність по знов утвореному класу заданої величини в порівнянні з кульовим млином.

Недоліки: дуже великий знос мелючих тіл і труднощі з безперервним завантаженням і розвантаженням матеріалу з млина.

Використання: застосовуються переважно в лабораторіях для наукових досліджень і вивчення матеріалів, а також у виробництвах, де потрібні малі обсяги тонкодисперсних порошків. Призначені для використання в переробній, фармацевтичній і косметичній промисловості, при виробництві кераміки, вогнетривів, будівельних і абразивних матеріалів, при механохімічному синтезі і механохімічному легуванні.

Висновки. Для випуску продукції, основною вимогою якої є дрібнодисперсність вихідної сировини, рекомендується використовувати такі млини тонкого та надтонкого подрібнення: трьохвалкові млини, бісерні (кульові) млини, колоїдні млини, струминні (струменеві) млини, вібраційні млини, кільцеві (роликові) млини, планетарні млини.

Серед рекомендованих установок, найбільш універсальні, компактні, енергозберігаючі, продуктивні, з можливістю встроювання в промислову безперервну виробничу лінію, з високими вимогами до подрібнення (до 1 мкм), ефективні в процесі диспергування та гомогенізації, мають просте конструктивне рішення, являються барабанні бісерні млини. Незважаючи на недоліки, бісерний млин один з найпопулярніших установок при використанні в косметичній промисловості для подрібнення пігментних паст, кремів та у фармацевтичній промисловості – для виробництва мазей.

Література

1. Грінінг К. Надтонке подрібнення компонентів для фармацевтичних та косметичних засобів/ К. Грінінг, М. Тарасенко // 83 International scientific conference of young scientist and students "Youth scientific achievements to the 21st century nutrition problem solution", April 5-6, 2017. Book of abstract. Part 2. NUFT, Kyiv. – P. 63.
2. EXAKT Technologies, Inc. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://exaktusa.com>
3. EXAKT Technologies, Inc. Startseite [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.exakt.de/de/startseite.html>
4. Wills B.A. Mineral Processing Technology: An Introduction to the Practical Aspects of Ore Treatment and Mineral Recovery. 7th ed. // B.A. Wills. - Amsterdam; Boston, 2006.

УДК 664.134

Григоренко Н.О., к.т.н. Інститут продовольчих ресурсів (ІПР) НААН, м.Київ, Україна

Вакулик П.В., к.т.н. Національний університет «Києво-Могилянська Академія», м. Київ, Україна

ОЧИЩЕННЯ СОКУ ІЗ ЦУКРОВОГО СОРГО МЕТОДОМ УЛЬТРАФІЛЬТРАЦІЇ

Вступ. Мембранні технології знаходять все більш широке застосування у різних галузях харчової промисловості. Їх практичне використання пов'язано з вирішенням актуальних проблем, що стоять перед людством у ХХІ столітті: створення ресурсощадних технологій, забезпечення безпеки харчування, виробництво харчових продуктів підвищеної біологічної цінності.

Останнім часом виникає зацікавленість науковців до мембранних процесів розділення рідких багатокомпонентних сумішей і в цукровому виробництві. Відомі роботи використання ультрафільтрації для очищення дифузійного соку як із цукрового буряку так і цукрової тростини [1-3].

Нами отримано цукровмісний продукт із цукрового сорго, шляхом включення у технологію додаткового ультрафільтраційного очищення соку, що дало змогу в ньому, практично в повній мірі зберегти природній склад вуглеводів, амінокислот, мікро- і мікроелементів та інших біологічно-активних речовин.

Матеріали та методи досліджень. При виконанні експериментальних досліджень в якості сокової сировини використовували сік стебел цукрового сорго *Sorghum saccharatum* (L. Moench.), який вилучали пресовим методом. Проводили температурну коагуляцію нецукрів, ферментативний гідроліз крохмалю та для зменшення вмісту високомолекулярних сполук (ВМС) у розчині застосовували флокулянт-антисептик «Валеус-Д» (Полідез) з подальшим відокремленням осаду шляхом фільтрування. На наступному етапі для більш поглибленого вилучення ВМС із соку сорго застосовували ультрафільтрацію. Додаткове ультрафільтраційне очищення соку сорго проводили з використанням трекових поліетилентерефталатних (ПЕТФ) мембран з середнім діаметром пор 0,08 мкм на лабораторній баромембранній установці тупикового типу місткістю 0,2 дм³ і з площею робочої поверхні мембрани 0,26х10⁻³ м² з перемішуванням соку зі швидкістю 360-420 об/хв. та робочим тиском 0,05-0,15 МПа за температури 15-25°C. Продуктивність за соком становила 28,4 л/м²-год.

Результати досліджень вихідного соку і після проведення ультрафільтрації наведені у таблиці 1.

Таблиця 1- Фізико-хімічні показники соку після ультрафільтрації

Параметри	Розмірність	Вихідний сік	Сік після ультрафільтрації
Сухі речовини	% до маси пр.	19,0	18,9
Загальний цукор	% до маси пр.	15,43	15,63
Чистота	% цукру до маси СР	81,2	82,7
Редукувальні речовини	% до маси пр.	5,43	3,28
Цукроза	% до маси пр.	10,00	12,35
Кольоровість	од. ICUMSA	420,4	298,5
Вміст ВМС	%, на 100г СР	7,44	3,64

Отримані дані внаслідок проведення процесу ультрафільтрації свідчать про значне затримання високомолекулярних сполук соку сорго, вміст яких знизився від 7,44% до 3,64%. Підтвердженням ефективного процесу очищення є суттєве зниження кольоровості соку до 298,5 од. ICUMSA, а також підвищення його чистоти на 1,5%.

За результатами проведених досліджень на лабораторній баромембранній установці була розроблена методика очищення соку сорго та визначено оптимальні умови проведення процесу із застосуванням мембрани на основі ПЕТФ 0,08 мкм, яка показала високі позитивні результати очищення соку сорго від високомолекулярних сполук.

Висновок. Таким чином, проведені експериментальні дослідження підтвердили перспективність і доцільність впровадження процесу ультрафільтрації в технологію очищення соку сорго від високомолекулярних сполук, що позитивно вплине на якісні показники кінцевого продукту.

Крім того, запропонований метод очищення є низько енергозатратний, простий в апаратурному оформленні і може слугувати основою для створення безвідходних технологій.

Література

1. Федоткин И.М. О применении ультрафильтрации для очистки диффузионного сока / И.М. Федоткин и др. – М.: «Известия ВУЗов. Пищевая технология» - 1978, № 1, с.150-152.
2. Madsen R.F. Application of ultrafiltration and reverse osmosis to cane juice // The International Sugar Journal. – V. 894. – 1973. – P. 163-167.
3. Hamachi ML, Gupta B.B., Ben Aim R. Ultrafiltration: a means for decolorization of cane sugar solution // Separation and Purification Technology. - V. 30. - 2003. - P. 229-239.

УДК 637.146

Моїсєєва Л.О., Романчук І.О., к.т.н., с.н.с.

Інститут продовольчих ресурсів НААН України (ІПР НААН), м. Київ, Україна

ВУГЛЕВОДНИЙ СКЛАД КИСЛОМОЛОЧНИХ НИЗЬКОЛАКТОЗНИХ ПРОДУКТІВ

Одна з найчастіших патологій організму людини, яка все частіше виявляється не лише у дітей, але і у дорослого населення, - порушення перетравлення молочних продуктів, що обумовлено дефіцитом ферменту β -галактозидази (лактази), який утворюється в тонкій кишці і каталізує розщеплення лактози [1,2].

Тривалий час непереносимість лактози вважалась виключно захворюванням грудних дітей та людей похилого віку. Тому асортимент низьколактозних молочних продуктів був представлений в основному низьколактозним молоком з різною масовою часткою жиру та низько - чи безлактозними сумішами для дитячого харчування [3].

На даний час існує потреба в розширенні асортименту низьколактозних продуктів, призначених для широкого кола споживачів з лактазною недостатністю і найактуальнішими серед продуктів є кисломолочні.

Вміст вуглеводів визначали методом високоефективної рідинної хроматографії, чисельність заквашувальних мікроорганізмів –методом посіву на твердому поживному середовищі.

Відомо, що кисломолочні продукти містять дещо знижений рівень лактози, у порівнянні з молоком, але багаті поживними та біологічно активними речовинами (ферментами, вітамінами, антибактеріальними речовинами, поліпептидами, вільними амінокислотами, органічними кислотами), що підвищують їх біологічну цінність, надають специфічні пробіотичні властивості. У більшості, ці властивості обумовлені бактеріями, які входять до складу заквасок, що використовуються [4].

З літературних даних встановлено, що більшість штамів заквашувальних культур володіє вибірковою ферментативною активністю по відношенню до лактози, однак її фактичне розщеплення відбувається у незначній мірі (у середньому 0,4-0,8 %) [5].

Нами в дослідженнях були використані два види заквашувальних препаратів на основі термофільних культур молочнокислих бактерій – для виробництва йогурту (*Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*) та для виробництва ряжанки (*Streptococcus thermophilus*), за температури сквашування 42⁰С. Молоко, попередньо обробляли препаратом β-галактозидази, перед заквашуванням суміші містили глюкозу і галактозу у рівних кількостях. Відмічено, що сквашування молока з гідролізованою лактозою відбувається на 0,5-1 год. швидше, ніж відповідні контрольні зразки (без попереднього гідролізу).

Аналіз вуглеводного складу сквашених сумішей показав, що вміст залишкової лактози у дослідних зразках становить менше 1 % для обох видів заквасок, в той час як вміст глюкози і галактози відрізняється в залежності від видового складу мікроорганізмів. Заквашувальні культури *Streptococcus thermophilus*, що використовуються у складі препаратів для виробництва ряжанки, ферментують лактозу, глюкозу і не зброджують галактозу, що призводить до її накопичення в кінцевому продукті. У зразках сквашених йогуртовими культурами *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*, галактоза утилізувалась лактобацилами, тому її вміст був дещо нижчий.

Відмічено, що в сквашених молочних сумішах вміст молочнокислих бактерій становить не менше 10⁸ КУО в 1 г продукту.

Висновки. Таким чином, за рахунок різної сахаролітичної активності заквашувальних культур можна регулювати накопичення моноцукрів у складі продукту. Зокрема, збільшивши вміст лактози в сумішах за рахунок лактозовмісної сировини, можна підвищити вміст глюкози та галактози в готовому продукту.

Література

1. Гаврилова Н.Б. Низколактозный кисломолочный напиток / Н.Б. Гаврилова// Молочная промышленность. - 2005. - №12.
2. Ганина В.И., Техническая микробиология продуктов животного происхождения: учебное пособие / В.И. Ганина, Н.С. Королева, С.А.Фильчакова. - М.: ДеЛи принт, 2008. – 352с.
3. Данильчук Т.Н. Низколактозные молочные продукты пути получения / Т.Н. Данильчук, В.И. Ганина, М.А. Головин //Молочная промышленность. - 2013.- № 11
4. Данилов М.Б. Характеристика микроорганизмов, используемых в производстве молочных продуктов по β-галактозидазной активности/ М.Б. Данилова// Пищевая технология.- 2002.- № 1
5. Рогов И.А. Симбиотики в технологии продуктов питания /И.А. Рогов, Е.И. Титов, В.И. Ганина, Н.В. Нефедов, Г.В. Семенов, С.И. Рогов. – М.:МГУПБ, 2006.- 218 с.

УДК 543.544/51:637.07

Жукова Я.Ф., к.б.н., Петров П.І., Петрищенко С.С.

Інститут продовольчих ресурсів(ІПР) НААН, Київ, Україна

Деміхов Ю.М., к.г.н.

Інститут геохімії навколишнього середовища НАН, Київ, Україна

ОСОБЛИВОСТІ ЖИРНОКИСЛОТНОГО СКЛАДУ ТА ВІДНОШЕНЬ СТАБІЛЬНИХ ІЗОТОПІВ КАРБОНУ В СМЕТАНІ РІЗНИХ ВИРОБНИКІВ

Вступ. Світовий ринок органічних молочних продуктів має позитивну тенденцію розвитку. Обсяг ринку органічних молочних продуктів в країнах Європи сягав \$2,4 млрд у 2013 році. В таких країнах, як Данія та Швеція, органічні молочні продукти займають 24,0% та 12,2% від загального ринку молочних продуктів. За аналітичними розрахунками, зростання ринку органічних молочних продуктів очікується до 6% на рік. При існуючих на сьогодні тенденціях, таких як скорочення преміум-сегменту ринку, найоптимістичніші прогнози фахівців передбачають зростання ринку органічних молочних продуктів до \$10 млрд у 2018 році [1]. Водночас спостерігається значна конкуренція між виробниками органічної продукції, зокрема молочної, наприклад, Нової Зеландії, США, європейських країн, яка включає розширення асортименту, високі стандарти якості та відстеження всієї ланки виробництва від сировини до готового продукту.

Актуальність теми. У зв'язку з тим, що між очікуваннями споживачів та гарантуванням якості органічних продуктів, які передбачені органічними стандартами, існує певні розбіжності виробники органічної продукції мають дотримуватися вимог до високої якості органічної продукції та надавати підтверджену та реалістичну інформацію щодо органічних продуктів [2]. Враховуючи вищу ціну органічних продуктів, з метою захисту прав споживачів та захисту виробників органічної продукції від недобросовісної конкуренції, вкрай необхідні дослідження, спрямовані на автентифікацію продукції. Проте вирішення цієї проблеми передбачає комплексні дослідження різних показників якості, врахування раціону годування худоби, впливу сезонних, кліматичних та географічних особливостей. Метою даної роботи було вивчення особливостей жирнокислотного складу та відношень ізотопів $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ як інструменту для ідентифікації сметани, виготовленої з молока від ферм з різним типом господарювання.

Матеріали і методи. Дослідження сметани, жирністю 20% проводили впродовж січня-липня 2017 р. Вибір зразків відбувався два рази на місяць ($n=14$). Було обрано 4 типи виробництв (2 органічних та 2 неорганічних), які використовували молочну сировину з високо-інтенсивних та низько-інтенсивних ферм Київської, Чернігівської та Житомирської областей. При органічному високо-інтенсивному (ВІО) виробництві частка трави та сіна у раціоні становила до 50% сухої речовини корму, а в неорганічному (ВІН) – до 20%. У органічному низько-інтенсивному виробництві (НІО) трава та сіно складали 100% раціону, а в неорганічному (НІН) – до 80%.

Визначення жирнокислотного складу проводили згідно ДСТУ ISO 15885, (газовий хроматограф «Купол-55», Росія). Відношення ізотопів $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ визначалося окремо в жировій і в білкової фракції молока (мас-спектрометр «МІ-1201СГ», НПО «Електрон», Україна). Білкову фракцію молока отримували центрифугуванням зразків молока на швидкості 8 000 об/хв впродовж 30 хвилин, після чого відмивали петролейним ефіром. Жирову фракцію екстрагували органічними розчинниками згідно ISO 14156: 2001. Вимірювання проводили згідно Gerstenberg and Herrman, 1983 [3] за допомогою міжнародного стандарту PEF-1 і перераховували на міжнародний стандарт VPDB, Ізотопне відношення надано в ‰ за шкалою δ і була розрахована наступним чином:

$$\delta\text{C} = \frac{R1 - R2}{R2} * 1000\text{‰}$$

де С – Карбон, R1 – відношення $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ в дослідному зразку, R2 – відношення $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ у внутрішньому стандарту PEF-1.

Для статистичної обробки даних використовувався однофакторний дисперсійний аналіз в програмі MS Excel 2010 за $p \leq 0,05$.

Результати та обговорення. Аналіз жирнокислотного складу показав, що у сметані з

високо-інтенсивних господарств вміст насичених жирних кислот був вищим, ніж у низько-інтенсивних: для органічних зразків на 37,07%, для неорганічних – на 44,05%. Вміст ненасичених жирних кислот у сметані з високо-інтенсивних господарств, навпаки, був, нижчим, ніж у низько-інтенсивних: для органічних зразків на 11%, для неорганічних – на 37,70% (табл.1).

Таблиця 1 – Жирнокислотний склад сметани різних виробників

Параметр ЖК-складу	ВІО	ВІН	НІО	НІН
С 4:0-10:0	10,73±0,2	11,73±0,2	10,07±0,2	9,87±0,2
С 18:1 г	2,72±0,08	1,79±0,09	4,83±0,08	3,78±0,09
С 18:2 н6 с	2,49±0,03	2,33±0,04	1,58±0,03	2,38±0,03
С 18:3 н 3	0,56±0,02	0,47±0,02	0,89±0,05	0,84±0,04
Conj 18:2 н6	0,55±0,03	0,42±0,02	1,19±0,02	1,07±0,02
Conj 18:2 н6/ С 18:2 н6 с	0,22	0,18	0,75	0,45

Результати наведені як середні значення±стандартне квадратичне відхилення.

Даний факт базується на прямій кореляції між відсотком свіжої трави у раціоні худоби та вмістом поліненасичених жирних кислот в молочній сировині, що впливає на даний параметр в молочних продуктах. Так, вміст однієї з поліненасичених жирних кислот – α -ліноленової (С18:3н3), вищий за 0,50 г/100 г жиру може слугувати межею для автентифікації органічного походження сметани [4]. Згідно з результатами проведеного нами дослідження, у сметані, виготовленої з молока з низько-інтенсивних господарств, цей показник дорівнював до 0,89 та 0,84 г/100 г жиру в органічних та неорганічних зразках відповідно. Подібна тенденція спостерігалась і для кон'югатів лінолевої кислоти (Conj 18:2 н6). Їх вміст у сметані з низько-інтенсивних господарств був вищим, ніж у високо-інтенсивних: для органічних зразків на 53,78% %, для неорганічних – на 60,75%.

Окремим важливим параметром є відношення Conj18:2н6/С18:2н6с, що свідчить про ступінь трансформації лінолевої кислоти (С18:2н6с). В сметані, виготовленої з низько-інтенсивної молочної сировини, даний показник був вище на 70,67% для органічних зразків та на 60% для неорганічних, як наслідок більшої частки трави та фуражу в раціоні корів.

Аналіз значень стабільних ізотопів Карбону $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ ($\delta^{13}\text{C}$) у зразках органічних та неорганічних молочних продуктів засновано на відмінностях у раціонах корів господарств різних типів. Різниця у відношеннях $\delta^{13}\text{C}$ може характеризувати відсоток кукурудзи (рослини з C_4 -типом фотосинтезу) або свіжої трави (C_3 -тип фотосинтезу) в раціоні тварин. Значні обсяги використання кукурудзи у вигляді силосу та концентратів підвищують значення $\delta^{13}\text{C}$. Дослідження органічних молочних продуктів в Німеччині показало, що значення $\delta^{13}\text{C}$ в жировій фракції, нижчі за -26,5‰ може слугувати межею для автентифікації органічного походження [4]. В той же час, дані значення є характерними конкретно для німецьких молочних продуктів, в той час як продукти іншого географічного походження повинні досліджуватися окремо [4]. Окрім цього, проведено значно менше досліджень значень $\delta^{13}\text{C}$ в білковій фракції продуктів, як і різниці у значеннях $\delta^{13}\text{C}$ в білковій та жировій фракції ($\Delta\delta^{13}\text{C}$), які потенційно є не менш інформативними параметрами, враховуючи подібні дослідження молока [5].

Згідно з отриманими результатами, значення $\delta^{13}\text{C}$ статистично достовірно відрізнялися в зразках сметани з низько-інтенсивного та високо-інтенсивного молока в обох типах господарства (органічного та неорганічного) (табл.2).

Таблиця 2 - Відношення стабільних ізотопів Карбону $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ сметани

Параметр	$\delta^{13}\text{C}$ білок,‰	$\delta^{13}\text{C}$ жир,‰	Різниця $\delta^{13}\text{C}$ білок-жир,‰
ВІО	-23,3±0,5	-26,9±0,5	3,6±0,3
ВІН	-19,3±0,2	-21,9±0,5	2,6±0,3
НІО	-28,0±0,4	-32,1±0,6	4,1±0,5
НІН	-26,6±0,3	-30,5±0,6	3,9±0,3

Результати наведені як середні значення±стандартне квадратичне відхилення.

Значення $\delta^{13}\text{C}$ в білковій фракції зразків органічної та неорганічної сметани з молока високо-інтенсивних господарств займали діапазон від -24,8‰ до -19,1‰, що не перекривалося зі значеннями зразків з молока низько-інтенсивних господарств (від -28,4‰ до -26,8‰). Подібні результати були отримані і для значень $\delta^{13}\text{C}$ в жировій фракції (від -29,4‰ до -21,4‰ для високо-інтенсивних зразків та від -32,7‰ до -29,8‰ для низько-інтенсивних). Також, значення $\Delta\delta^{13}\text{C}$ були вищими для зразків сметани з молока низько-інтенсивних господарств.

Встановлено негативну кореляцію між вмістом кон'югатів лінолевої кислоти та значеннями $\delta^{13}\text{C}$ в жировій фракції сметани, що дозволяє більш чітко розрізнити зразки сметани з сировини різного походження (рис.1).

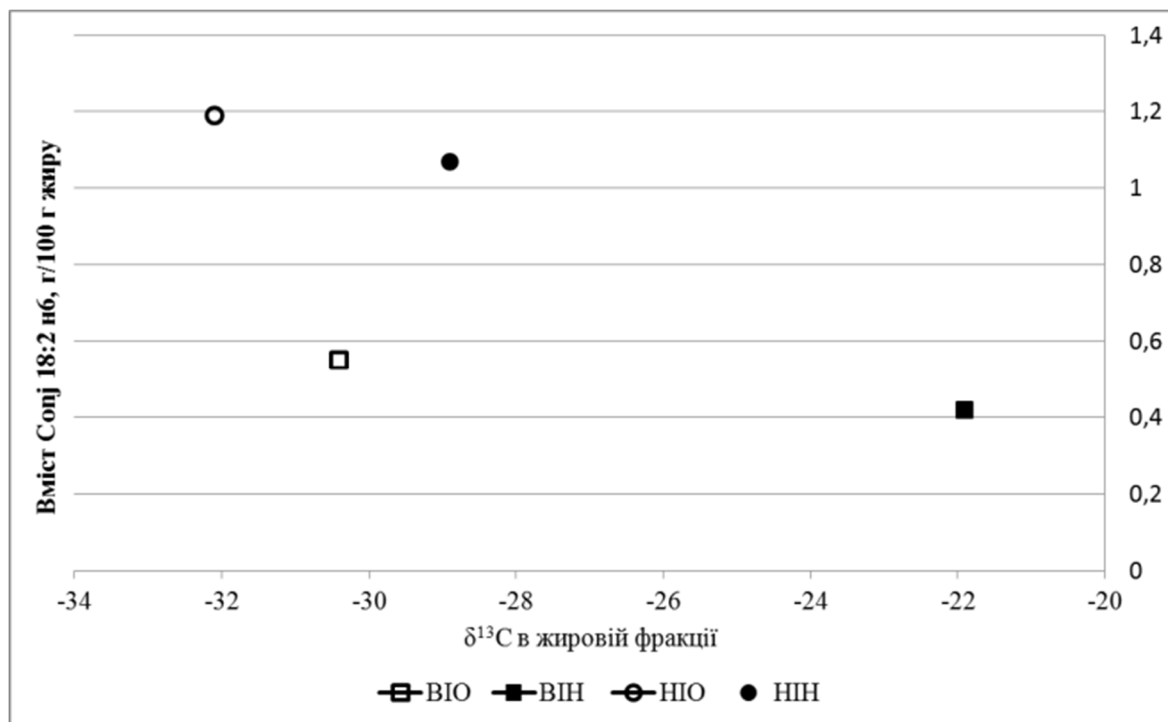


Рисунок 1 – Кореляція вмісту кон'югатів лінолевої кислоти та значень $\delta^{13}\text{C}$ в жировій фракції сметани різних типів виробництва

Висновок. Таким чином, отримані результати досліджень показали, що аналіз кореляційних залежностей між окремими жирними кислотами, відношеннями стабільних ізотопів Карбону $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ у жировій та білковій фракції є потенційним інструментом для ідентифікації сметани, виробленої з молока від ферм з різним типом господарювання.

Література

1. Organic Milk Market Report. OMSCo, UK. – 2015. Доступ за посиланням: http://www.om스코.co.uk/_clientfiles/pdfs/MarketReport-2015.pdf.
2. Kahl J. Organic food quality: from field to fork / J. Kahl // J. Sci Food Agric (2012) 92(14). – P.2751–2752.
3. Gerstenberg H., Herrman H. Report on the Intereomparison for the Isotope Standards KH-2 and PEF-1. Akademie der Wissenschaften der DDR, Leipzig. Zentral institute fuer Isotopen - und Strahlenforschung, May 1983, 67-83.
4. Molkentin J. Applicability of organic milk indicators to the authentication of processed products / J. Molkentin// Food Chemistry. – 2013. – №137. – P.25-30.
5. Petrov P.I. The Effects of Dairy Management on Milk Quality Characteristics / P.I. Petrov, Ya.F. Zhukova, Yu.M. Demikhov // Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology. – 4(9): 782-786, 2016.

УДК 663.1, 663.5

Шевченко О.Ю., д.т.н., Соколенко А.І., д.т.н., Костюк В.С., к.т.н.

Національний університет харчових технологій, м. Київ, Україна

ГЕНЕРУВАННЯ ЕНЕРГОМАТЕРІАЛЬНИХ ІМПУЛЬСІВ В СЕРЕДОВИЩАХ БРОДИЛЬНИХ АПАРАТІВ

Постановка проблеми. Зброджування цукровмісних середовищ супроводжується утворенням діоксиду вуглецю, який на межі поділу фаз "дріжджі – середовище" в молекулярній формі переходить в рідинну фазу. Поступове збільшення концентрації розчиненого CO_2 завершується утворенням диспергованої газової фази, що супроводжується відповідними енергетичними впливами.

Метою цього дослідження є оцінка перспектив детермінованих впливів на газорідинні середовища для генерування енергоматеріальних імпульсів за використання внутрішніх потенціалів.

Основні результати дослідження. Накопичення енергетичних потенціалів у формі розчиненого діоксиду вуглецю завершується утворенням диспергованої газової фази в середовищах і за герметичних технологічних апаратів збільшення тиску в об'ємах газових середовищ. Приріст такого тиску у своїй динаміці впливає на генерування газової фази у відповідності до закону Генрі, за яким розчинність CO_2 , як і інших газів, пропорційна парціальним тискам:

$$c_n = kP, \quad (1)$$

де c_n – граничне насичення середовища діоксидом вуглецю, кг/м^3 ; k – константа Генрі, $\text{кг}/(\text{м}^3 \cdot \text{Па})$; P – парціальний тиск відповідної газової фази, Па .

В умовах технологій бродіння газова фаза у надрідинному об'ємі і диспергована газова фаза представлені лише діоксидом вуглецю, а тому парціальні та фізичні тиски між собою співпадають. Таким чином в наших умовах величина P відображає загальне значення тиску.

При цьому важливо, що у своїй дії на газові бульбашки тиски P є змінними, оскільки вони представлені сумою тисків у газовій фазі над середовищем і гідростатичними тисками. За спливання газової фази змінні тиски визначаються відповідними координатами кожної з бульбашок.

Якщо присутність газової фази в надрідинному об'ємі практично не має значення з точки зору масообміну між ними, то перехід до режиму з досягненням критичного тиску означає спрацювання запобіжних клапанів в технологічному апараті і різке зниження тиску. Ця обставина означає необхідність знову повернутися до закону Генрі, геометрична інтерпретація якого наведена на рис. 1.

Лінійна залежність $c_n = c_n(P)$ зображена з присутністю кута α , на основі чого враховується вплив температури. У зв'язку з цим відмітимо, що представлення закону Генрі у формі (1) носить класичний вид, однак насправді до неї слід ввести добавку, яка враховувала б вплив температури. Таке врахування має привести до форми:

$$c_n = c_n(P, t). \quad (2)$$

На графічних залежностях впливи температури враховуються кутом α .

Припустимо, що системою керування термодинамічних параметрів передбачено досягнення максимального тиску $P_1 = P_{\max}$ і від моменту його досягнення передбачається зниження до певного значення P_2 . При цьому зниження концентрації розчиненого діоксиду вуглецю повинно скласти Δc_n :

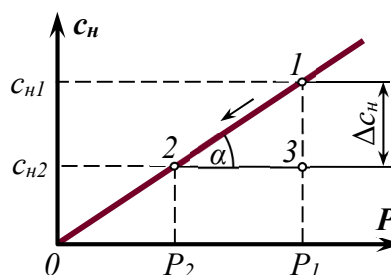


Рисунок 1 – Залежність між термодинамічними параметрами у відповідності до закону Генрі

$$\Delta c_n = c_{n1} - c_{n2}. \quad (3)$$

Виділення питомої кількості Δc_n з швидкоплинним перебігом у часі означає таке ж швидкоплинне збільшення утримувальної здатності з енергетичним імпульсом. При цьому

$$\Delta c_n = \Delta P \operatorname{tg} \alpha; \quad (4)$$

$$\Delta P = P_1 - P_2. \quad (5)$$

Важливо, що зміна тиску ΔP від координати обраної точки не залежить. Це означає, що масова питома кількість CO_2 від координати всякої точки також не залежить. Однак об'єм газу, що виділяється, від координати залежить і це означає, що величина утримувальної здатності також залежить від розташування відповідних прошарків середовища. Очевидно, що газова фаза виділяється у формі масивів диспергованих бульбашок, загальний об'єм яких обчислюємо з використання рівняння Менделєєва-Клайперона:

$$V_{\text{пит.}} = \frac{m_{\text{CO}_2}}{P_{(k)}} RT. \quad (6)$$

При цьому питома маса CO_2 є відомою і відомим є кінцевий тиск $P_{(k)}$, який відповідає обраній координаті H , тоді

$$P_{(k)} = P_0 + mgH. \quad (7)$$

Тому

$$V_{\text{пит.}} = \frac{m_{\text{CO}_2}}{P_0 + mgH} RT, \quad (8)$$

де R і T – відповідно універсальна газова стала і абсолютна температура середовища.

Хоча в цій частині міркувань введено поняття питомого об'єму газової фази $V_{\text{пит.}}$, проте очевидно, що величина $V_{\text{пит.}}$ у нашому випадку є нічим іншим, як утримувальною здатністю, що утворена в результаті різкого і швидкоплинного зниження тиску. Таке зародження додаткової утримувальної здатності має місце в повному об'ємі газорідинної суміші і має оцінюватися енергетичним впливом такої потужності і якості, які створити іншими засобами і технологіями впливу практично неможливо.

При цьому необхідно підкреслити особливості таких енергетичних проявів. Вказане генерування диспергової газової фази означає присутність енергетичних витрат на утворення міжфазної поверхні, що повинно враховуватися в загальному енергетичному балансі. Одночасно з цим слід назвати ще одну особливість. На відміну від тієї частини газової фази, що існувала і продовжує існувати в новому режимі після енергетичного імпульсу, щойно генерована дисперсна фаза потрапляє в режим перехідного процесу. Існування такого є неминучим, оскільки на нову зароджену в середовищі бульбашку миттєво розпочинається дія Архімедової сили незалежно від того, в якому стані знаходиться рідинна фаза. У зв'язку з цим починається відносне переміщення газової фази зі зростаючою швидкістю до значення, за якого сила опору середовища стане рівною Архімедовій силі.

Оскільки суттєво більша частина генерованого CO_2 з ЦКТ має видалятися, то це вказує на необхідність прийняття рішень про організацію режимів імпульсного енергетичного впливу.

Генерування дисперсної газової фази на фоні вже існуючої означає додатковий розрив суцільності середовища, що супроводжується збільшенням загального об'єму газорідинного середовища і його «набуханням». Останнє означає присутність переміщення кожної складової рідинної маси середовища і всієї маси в цілому. Такий процес є перехідним, оскільки його дія в часі є обмеженою у зв'язку з різким зниженням енергетичного потенціалу розчиненого газу. Математична модель, яка стосується такого перехідного процесу може записуватися у формі рівняння руху приведеної маси m системи

$$m\ddot{y} = P_{\text{руш.}} - P_{\text{оп.}}. \quad (9)$$

де у відповідності до принципу Релея $m = \frac{1}{3} m_{\text{р.ф.}}$, де $m_{\text{р.ф.}}$ – загальна маса рідинної фази; $P_{\text{руш.}}$ – приведена рушійна Архімедова сила; $P_{\text{оп.}} = mg$ – сила опору переміщення приведеної маси системи; $\ddot{y}$ – прискорення приведеної маси.

Права частина рівняння (9) містить у собі силові показники. Раніше було показано, що рушійний фактор визначається величиною утримувальної здатності і тому $P_{\text{руш.}} = P_{\text{руш.}}(u)$.

Оскільки утримувальна здатність за інших рівних умов є функцією часу, то і рушійна сила також відслідковує зміни утримувальної здатності і є функцією часу.

Очевидно, що остання може бути представлена різними законами і у тому числі лінійними з різними проміжками досягнення екстремального значення $P_{руш.ек.}$. У такому випадку на першому етапі маємо:

$$P_{руш.} = P_{руш.(п)} + k_y t; \quad (10)$$

$$m\ddot{y} = P_{руш.(п)} + k_y t - P_{оп.} \quad (11)$$

Остаточно координата газорідного середовища визначається залежністю:

$$y = P_{руш.} + \frac{P_{руш.(п)} - P_{оп.}}{m} \cdot \frac{t^2}{2} + \frac{k_y t^3}{6m}. \quad (12)$$

За умовою (12) досягається можливість визначення y_{max} і максимальної утримувальної здатності по CO_2 .

Висновки

1. Переміщення приведеної маси системи в перехідному процесі залежить від динаміки зміни рушійної сили, яка може розраховуватися через величину утримувальної здатності.

2. Феноменологічні міркування дозволяють зробити припущення про те, що зародження додаткової утримувальної здатності теж супроводжується інерційними явищами і тому рушійний фактор $P_{руш.}$ у своїй динаміці є функцією часу. Хоча в першому наближенні і з врахуванням того, що перехідний процес за умовою (9) в часі переважає час формування диспергованої газової фази більше ніж на порядок, останнє дозволяє умовно вважати величину $P_{руш.}$ після її повного формування змінною у зв'язку з безперервно зменшуваною величиною утримувальної здатності.

3. Перехідний процес складається з двох етапів. Першому відповідає різке зниження тиску в газовій надрідинній фазі від P_1 до P_2 (рис. 1) і збільшення сумарного об'єму диспергованої газової фази та утримувальної здатності. На другому етапі по мірі зменшення утримувальної здатності прискорення $\ddot{y}$ отримує від'ємний знак і рівень газорідного середовища знижується до мінімуму.

4. Наступна герметизація зброджуваного середовища приводить до поступового зростання тиску в технологічному апараті, накопичення розчиненого діоксиду вуглецю і до повторного формування диспергованої газової фази. Очевидно, що описаний енергетичний імпульс після свого завершення порушує динаміку відтворення утримувальної здатності і супроводжується втратою певної частини енергетичного потенціалу перемішування середовища. З цієї точки зору виглядає доцільним обмеження імпульсу по зниженню тиску, що є цілком досяжним, хоча можливими є заходи по компенсації втрат за рахунок штучного підвищення утримувальної здатності.

Література

1. Соколенко, А. І. Енергоматеріальні трансформації в харчових технологіях на основі замкнутих контурів : монографія / А. І. Соколенко, В. А. Піддубний, А. О. Чагайда. – К. : Кондор, 2015. – 300 с.
2. Інтенсифікація тепло- масообмінних процесів в харчових технологіях : монографія / А. І. Соколенко, А. А. Мазаракі, О. Ю. Шевченко та ін. – К. : Фенікс, 2011. – 536 с.
3. Соколенко, А. І. Особливості трансформацій енергоматеріальних потоків у замкнених циркуляційних контурах / А. І. Соколенко, В. А. Піддубний, О. В. Коваль // Наукові праці НУХТ. – Том 23. – № 3. – 2017. – С. 101-106.
4. Шевченко, О. Ю. Колігативні властивості культуральних середовищ / О. Ю. Шевченко, А. І. Соколенко, К. В. Васильківський та ін. // Наукові праці НУХТ. – Том 23. – № 2. – 2017. – С. 131-139.
5. Shevchenko O. J. (2006). Scientific basis and hardware design of processes for longterm storage of food, NUFT, Kyiv.

ОПТИМІЗАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ ЦИКЛОГРАМИ ПАКУВАЛЬНИХ МАШИН З СУМІЩЕННЯМ ВИКОНАННЯ ОПЕРАЦІЙ

Для зменшення потужності двигунів функціональних модулів пакувальних машин бажано збільшити тривалість виконання кожної операції пакувального процесу, що призводить до зниження середньої швидкості руху робочих органів. Без втрат продуктивності це можна одержати при суміщенні закінчення однієї з початком наступної, враховуючи можливість сумісної роботи робочих органів [1].

А тому на час суміщення операцій надаються обмеження, що враховують сумісну роботу робочих органів на всьому шляху переміщення, тобто виключається можливість зіткнення одного робочого органу з іншим, або продукцію, упаковкою, що може привести до аварійної ситуації або порушення обраного ритму роботи машини. Шлях, на який переміщується один робочий орган, або вантаж, при виході із аварійної зони з іншим робочим органом до входу в цю зону, відносно їх початкових і кінцевих положень, визначаються на етапі розроблення компоновочної схеми машини з урахуванням всіх потрібних технологічних зазорів [2].

Максимальний час суміщення можна визначити із виразом :

$$t_{i-1} - t_i = \frac{\Delta S_i^0}{v_i} = \frac{\Delta S_{i-1}^0}{v_{i-1}}, \quad (1)$$

де ΔS_i^0 , ΔS_{i-1}^0 - відповідно шлях виходу із аварійної зони робочого органу « $i-1$ » та входу до неї робочого органу « i »;

v_i , v_{i-1} - середні значення швидкості робочих органів або вантажу.

Відповідно тривалість сумісного руху може складати:

$$t_{i-1} - t_i = \frac{\Delta S_i^0}{s_i} (t_i - t_i^0) = \frac{\Delta S_{i-1}^0}{s_{i-1}} (t_{i-1} - t_{i-1}^0), \quad (2)$$

Введено позначення: $\frac{\Delta S_i^0}{s_i} = b_i^0$ і $\frac{\Delta S_{i-1}^0}{s_{i-1}} = b_{i-1}^0$ та розв'язавши (1) та (2), одержимо:

$$t_i - t_i^0 = \frac{b_{i-1}^0}{b_i^0} (t_{i-1} - t_{i-1}^0). \quad (3)$$

Тоді обмеження на тривалість сумісного виконання операцій, що виключає аварійну ситуацію, буде мати вид [3].

$$t_i - t_i^0 \geq \frac{b_{i-1}^0}{b_i^0} (t_{i-1} - t_{i-1}^0). \quad (4)$$

При виконанні цієї умови оптимальна потужність двигунів функціональних модулів при послідовно-суміщеному виконанні операцій дорівнює оптимальній потужності двигунів цих же функціональних модулів при послідовному виконанні операцій за час, який збільшено відносно початкового на суму тривалостей суміщення операцій.

Тоді показник якості цільової функції по споживчій енергії можна визначити із виразу:

$$P_c = \sum_{i=1}^{n-1} \frac{A_i}{t_i - t_i^0} + \frac{A_n}{T_T - t_n^0 + \sum_{i=1}^{n-1} b_i (t_i - t_i^0)}, \quad (5)$$

де A_i та A_n – відповідно витрати енергії на виконання « i » та « n » операцій;

T_T – тривалість технологічного циклу.

Визначивши частинну похідну показника якості по кожному t_i і прирівнявши їх до нуля складемо систему рівнянь, враховуючи що $t_n = T_T$, $t_1^0 = 0$, $t_i = t_{i+1}^0$ та $t_{i+1} = t_{i+2}^0$.

Позначимо $T_n = T_T - t_{n-1} + \sum_{i=1}^{n-1} b_i (t_i - t_{i-1}^0)$, тоді

$$\begin{cases} \frac{A_1}{T_1^2} + \frac{A_n}{T_n^2} (b_1 - 1) = 0; \\ \frac{A_2}{T_2^2} + \frac{A_n}{T_n^2} (b_{n-1} - 1) = 0; \\ \dots \\ \frac{A_{n-1}}{T_{n-1}^2} + \frac{A_n}{T_n^2} (b_{n-1} - 1) = 0. \end{cases} \quad (6)$$

Розв'язавши систему рівнянь (6) одержимо:

$$T_i = T_1 \cdot \sqrt{\frac{A_i(1-b_1)}{A_1(1-b_i)}}. \quad (7)$$

При послідовному виконанні операцій:

$$T_n = T_T - T_1 \cdot \sqrt{\frac{1-b_1}{A_1}} + \sum_{i=1}^{n-1} \sqrt{A_i(1-b_i)}. \quad (8)$$

Розв'язати рівняння (7) та (8) одержимо:

$$T_i = T_T \cdot \sqrt{\frac{A_i}{1-b_i}} \cdot \left[\sum_{i=1}^n \sqrt{A_i(1-b_i)} \right]^{-1}. \quad (9)$$

Врахувавши обмеження (4) на час сумісного виконання операцій, повинна виконуватись умова:

$$\frac{A_i}{A_{i-1}} \geq \frac{b_{i-2}^2}{1-b_{i-1}} \cdot \frac{1-b_i}{(b_i^0)^2}. \quad (10)$$

При виконанні умови (10) розрахунок параметрів циклограми завершується, в іншому випадку зменшується величина ΔS_{i-1} і приймається рівною

$$\Delta S_{i-1} \leq \frac{S_{i-1}}{2B} (\sqrt{1+4B} - 1), \quad (11)$$

$$\text{де } B = \frac{A_{i-1}}{A_i} \cdot \frac{1-b_i}{(b_i^0)^2}.$$

Після цього, з новим значенням b_{i-1} визначається тривалість кожної операції і час сумісного виконання операцій:

$$t_{i-1} - t_i^0 = b_{i-1} \cdot (t_{i-1} - t_{i-1}^0). \quad (12)$$

При виконанні операцій за суміщенням циклом, сумарна потужність приводів пакувальної машини визначається

$$P_c = \sum_{i=1}^n \frac{A_i}{t_i - t_i^0}. \quad (12)$$

Таким чином, розроблена цільова функція мінімізації потужності електромеханічних приладів пакувальних машин за суміщенням циклом виконання операцій, дає можливість установити оптимальні значення тривалостей операцій і початок виконання кожної операції.

Література

1. Гавва О. М. Інноваційні технології у створенні нового покоління пакувальних машин / О. М. Гавва, В. Б. Захаревич, О. О. Кохан // Пакувальна індустрія (інноваційні технології): VII Науково-практична конференція, 2013. – К : ІАЦ «Упаковка», 2013. – С. 39-50.
2. Пальчевський Б. О. Автоматизація технологічних процесів (виготовлення і пакування виробів) / Б. О. Пальчевський. – Львів : Світ, 2007. – 392 с.
3. Петру К. Циклограммы движений органов производственных машин. Сборник переводов и обзоров иностранной периодической литературы: Машиностроение за рубежом, №3. – М.: Иностранная литература, 1979. – с. 38-62.

ОСОБЕННОСТИ НИВЕЛИРОВАНИЯ РИСКА РОСТА ПРЯМЫХ ЗАТРАТ НА МЯСОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

Приемлемыми способами управления таким фактором риска, как рост прямых затрат, являются самострахование, разработка тактических планов действий, мониторинг факторов риска, покрытие убытков из внешних источников и заключение контрактов. Вследствие высокой материалоемкости производства мясной продукции самострахование в данном случае означает использование при расчете планов инвестиционных проектов более высоких цен на сырье и материалы, создание резерва на покрытие незапланированного роста цен на сырье и материалы. Мониторинг факторов риска означает ведение постоянной работы по анализу тенденций изменения цен на используемое сырье и материалы, отслеживание информации по альтернативным видам сырья и поставщикам с целью заблаговременной адаптации предприятия к будущим изменениям. Также в случае повышения стоимости используемых сырья и материалов целесообразно воспользоваться разработанным заранее совместно с профильными подразделениями предприятия тактическим планом действий, основанным на результатах мониторинга. Покрытие убытков из внешних источников означает, что в случае повышения цен на используемое сырье и материалы предприятие может привлечь средства на стороне (кредит, новый участник, государственное финансирование) с целью пополнения оборотных средств и продолжения стабильной работы. Заключение контрактов означает использование возможностей хеджирования, т.е. при заключении хозяйственных договоров особое внимание должно быть уделено вопросам цен и условий поставок сырья и материалов [1].

В данном случае из указанных способов снижения риска существуют два альтернативных: самострахование и покрытие убытков из внешних источников. В такой ситуации необходимо производить расчет выбора наиболее оптимального способа по критерию минимизации приведенных затрат (РС). В ходе осуществления хозяйственной деятельности предприятия возможны следующие ситуации:

1. Неблагоприятное событие не наступает, соответственно, ущерб равен нулю (ситуация 1).
2. Неблагоприятное событие наступает (ситуация 2), причем:
 - 2.1. Размер ущерба не превышает величины фонда риска (ситуация 2.1.);
 - 2.2. Размер ущерба превышает величину фонда риска (в дальнейшем ситуация 2.2.).

Методика расчета приведенных затрат для каждой ситуации в случае осуществления самострахования заключается в следующем.

В случае, если неблагоприятное событие не наступает (ситуация 1), приведенные затраты рассчитываются по следующей формуле:

$$PC_1^{cam} = F - \frac{F(1+r)^n}{(1+i)^n}, \quad (1)$$

где PC_1^{cam} – приведенные затраты на самострахование в случае не наступления неблагоприятного события;

F – размер резервного фонда (фонда риска);

r – средняя доходность активов в фонде риска;

i – ставка дисконтирования, размер ставки дисконтирования принимается равным индексу прибыльности (доходности на вложенный капитал) деятельности;

n – срок, на который осуществляется расчет.

В случае, если неблагоприятное событие наступило, но размер ущерба меньше величины фонда риска (ситуация 2.1.), то для расчета приведенных затрат также необходимо учесть фактор времени наступления неблагоприятного события:

1. Составляем модель денежных потоков для расчета приведенных издержек, в которой притоком являются суммы, выплачиваемые из фонда риска на покрытие ущерба ($U_{2.1}$), оттоком – получаемая доходность активов в фонде риска.

2. Получаемые значения приведенных издержек для каждого года хозяйственной деятельности отражают изменения затрат на самострахование в зависимости от времени наступления неблагоприятного события.

3. Среднее значение приведенных издержек $PC_{2.1}^{cam}$, взвешенное по вероятности наступления неблагоприятного события в тот или иной год (p_t) является искомой величиной приведенных издержек в ситуации 2.1. при самостраховании:

$$PC_{2.1}^{cam} = \frac{PC'_t \cdot p_t}{n}, \quad (1)$$

В случае, если ущерб в результате наступления неблагоприятного события ($U_{2.2}$) превышает размер страховой суммы (ситуация 2.2.), расчет величины приведенных затрат производится следующим образом:

1. Составляем модель денежных потоков для расчета приведенных издержек, в которой притоком является сумма, привлекаемая для полного покрытия ущерба из внешних источников, оттоком – получаемая доходность активов в фонде риска.

Общая текущая стоимость затрат (PD^{cam}) на привлечение средств из внешних источников на момент их получения рассчитывается следующим образом:

$$PD^{cam} = \frac{(U_{2.2} - F_t) \cdot (1 + k \cdot d)}{(1 + i)^k}, \quad (3)$$

где F_t – размер фонда риска в t -ый год;

k – срок использования привлекаемых средств;

d – процент использования привлекаемых средств.

2. Получаемые значения приведенных издержек для каждого года хозяйственной деятельности отражают изменения затрат на самострахование в зависимости от времени наступления неблагоприятного события.

3. Среднее значение приведенных издержек, взвешенное по вероятности наступления неблагоприятного события в тот или иной год (p_t) является искомой величиной приведенных издержек в ситуации 2.2. при самостраховании:

$$PD_{2.2}^{cam} = \frac{PC_t^{10} \cdot p_t}{n}, \quad (4)$$

Далее рассмотрим методику расчета приведенных затрат для каждой ситуации в случае привлечения средств из внешних источников.

В случае не наступления неблагоприятного события приведенные затраты (PC_1^{6n}) равны нулю.

В ситуациях 2.1. и 2.2. расчет величины приведенных издержек одинаков, и производится следующим образом:

1. Составляем модель денежных потоков для расчета приведенных издержек, в которой притоком является сумма, привлекаемая для полного покрытия ущерба из внешних источников, а отток равен нулю.

2. Получаемые значения приведенных издержек для каждого года проекта отражают изменения затрат на самострахование в зависимости от времени наступления неблагоприятного события.

3. Среднее значение приведенных издержек, взвешенное по вероятности наступления неблагоприятного события в тот или иной год (p_t) является искомой величиной приведенных издержек в ситуации 2 при покрытии убытков из внешних источников:

$$PC_2^{6n} = \frac{\sum_{t=0}^n \frac{U_2 \cdot (1 + k \cdot d)}{(1 + i)^{k+t}} \cdot p_t}{n}, \quad (5)$$

где PC_2^{6n} – размер приведенных издержек в ситуации 2;

U_2 – размер ущерба от наступления неблагоприятного события в ситуации.

Задача выбора оптимального способа снижения риска решается с помощью теории игр.

Конечной целью нивелирования самого опасного для предприятия фактора риска (увеличение прямых затрат) является получение наилучшего из числа возможных альтернатив управленческого решения, обеспечивающего высокие показатели эффективности хозяйственной деятельности предприятия. Таким образом, решение о принятии либо отклонении стратегии функционирования предприятия в соответствие с предложенным механизмом принимается на основе комплексного анализа внешних и внутренних условий деятельности с учетом применения возможностей предприятия по снижению риска.

Литература

1. Догиль Л.Ф. Управление хозяйственным риском: Учеб. пособие / Л.Ф. Догиль – Мн.: Книжный Дом, Мисанта, 2005. – 224с.
2. Pozdnyakova Ye. The risk management mechanism at the meat-processing enterprises / Ye. Pozdnyakova // Ukrainian Food Journal. – 2014. – Volume 3. Issue 1. – Pp. 32–44.

Загальна та наукова редакція д.т.н. О.М. Гавви
Комп'ютерна верстка та дизайн обкладинки А.В. Деренівської
Організатори конференції не завжди поділяють точку зору авторів
За зміст доповідей та достовірність інформації
відповідальність несуть автори

[illegible]

