



НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

НАУКОВИЙ ЖУРНАЛ

17

Харчова
ПРОМИСЛОВІСТЬ

Заснований у 1965 р.

Київ НУХТ 2015

УДК 664(04) (082)

Висвітлені результати науково-дослідних робіт з технології харчових продуктів, хімічних, біохімічних, мікробіологічних процесів, апаратів, обладнання, автоматизації харчових виробництв та економіки харчової промисловості.

Розрахований на наукових та інженерно-технічних працівників харчової промисловості.

Редакційна колегія:

А.І. Соколенко	доктор технічних наук, професор — головний редактор;
С.В. Токарчук	кандидат технічних наук, доцент — відповідальний секретар;
Л.Ю. Арсеньєва	доктор технічних наук, професор;
С.М. Василенко	доктор технічних наук, професор;
В.В. Дорохович	доктор технічних наук, професор;
В.І. Ємцев	доктор економічних наук, доцент;
А.П. Ладанюк	доктор технічних наук, професор;
В.М. Логвін	доктор технічних наук, професор;
В.І. Оболкіна	доктор технічних наук, старший науковий співробітник;
Л.В. Пешук	доктор сільськогосподарських наук, професор;
Т.П. Пирог	доктор біологічних наук, професор;
В.А. Піддубний	доктор технічних наук, професор;
Г.Є. Поліщук	доктор технічних наук, професор;
В.Л. Прибильський	доктор технічних наук, професор;
Г.О. Сімахіна	доктор технічних наук, професор;
Н.С. Скопенко	доктор економічних наук, професор;
О.П. Сологуб	доктор економічних наук, професор;
О.Ю. Шевченко	доктор технічних наук, професор;
Є.В. Штефан	доктор технічних наук, професор;
В.Г. Юрчак	доктор технічних наук, професор.

Видання подається в авторській редакції

Схвалено вченою радою НУХТ, протокол № 5 від 3 листопада 2015 р.

Адреса редакції: 01601 Київ-33, вул. Володимирська, 68

Тел.: (044) 287-92-45, 287-94-21

E-mail: tmipt_xp@ukr.net

© НУХТ, 2015

Комп'ютерна верстка Л.В. Різніченко

Підп. до друку 09.11.2015 р. Формат 70 × 100/16.

Гарнітура TextBookCTT. Друк цифровий.

Ум. друк. арк. 11,61. Обл.-вид. арк. 14,19.

Наклад 100 прим. Вид. № 00н/15. Зам. № 0-15

НУХТ 01601 Київ-33, вул. Володимирська, 68

Свідоцтво про реєстрацію серія ДК № 1786 від 18.05.2004 р.

Зміст

ТЕХНОЛОГІЯ

Сировина і матеріали

Менчинська А.А., Лебська Т.К. Біологічна цінність білків ікри мойви та сазану	5
Мушинська Н.М., Степанець Л.Ф., Бублієнко Н.О., Степанець І.Ф., Купчик Л.А. Використання спеціалізованих сорбентів для підвищення вмісту мікроелементів в продукції землеробства	10
Савенко І.В., Андрейко Д.В. Вплив умов культивування на антимікробні властивості поверхнево-активних речовин <i>acinetobacter calcoaceticus</i> IMB B-7241	14
Арпуль О.В., Усатюк О.М., Цигоняко А.М. Використання агар-агару у технології солодких страв для закладів ресторанного господарства	20
Згурський А.В. Використання продуктів перероблення гарбуза при виробництві молочного морозива	25
Шаповаленко О.І., Янюк Т.І., Євтушенко О.О., Тракало Т.О. Вплив лляного екстракту на хімічний склад гранульованих кормових сумішей	31
Земелько М.Л., Черваков О.В., Манк В.В. Вплив поверхнево-активних речовин на реологічні властивості шоколадних глазурей	35
Сімахіна Г.О., Ярош К.О. Композиційна суміш із нетрадиційної сировини для виробництва продуктів для військовослужбовців	40
Технології: дослідження, застосування та впровадження	
Камбулова Ю.В., Оверчук Н.О. Аналіз якості плодових і ягідних пюре для виробництва мармеладу	46
Бахмач В.О. Дослідження реологічних властивостей водних розчинів камеді ксантану	51
Кудрявець Є.В., Красінько В.О., Ломберг М.Л. Підбір оптимальних умов виращування міцелію для штучного культивування їстівних грибів	57
Шаповаленко О.І., Кожевнікова М.І. Дослідження фізико-технологічних властивостей комбікорму з використанням гарбуза	61
Пешук Л.В., Гащук О.І., Москалюк О.Є. Інноваційний м'ясний продукт	64

Семешко О.Я., Куник О.М., Сарібекова Ю.Г. Визначення впливу високоенергетичної дискретної обробки на якісні показники вовняного жиру	68
---	----

Екологічні аспекти

Бектов Є.О., Степанець Л.Ф., Семенова О.І., Степанець І.Ф., Лєтицька О.М. Проблеми використання водних ресурсів закарпатської області (на прикладі басейну річки Латориця)	74
---	----

ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ

Процеси харчових виробництв

Коваль О.В., Максименко І.Ф., Леус Р.М. Визначення геометричних параметрів бродильних апаратів	79
---	----

Світлик А.М., Прохоров О.М. Визначення коефіцієнта масовіддачі у рідинній фазі при абсорбції CO ₂ водою в капілярно-пористих пристроях	85
--	----

Кишенько В.Д., Чернецький М.В. Нелінійний рекурентний аналіз часових рядів процесу затирання солоду як складної системи з переміжністю	90
---	----

Шиян П.Л., Мудрак Т.О., Боярчук Я.А., Сосницький В.В. Використання фільтрату барди при приготуванні зернових замісів	97
---	----

Дудкіна О.О., Гавриш А.В., Нєміріч О.В., Ткачук Ю.М., Іщенко Т.І. Технологічні аспекти виробництва гарячих солодких страв спеціального призначення	102
---	-----

Обладнання та устаткування

Костін В.Б., Романченко Н.М., Ковальов О.І. Застосування планетарних механізмів для перемішування речовин під дією сил інерції	109
---	-----

Пакування: розробки, дослідження, переробка

Якимчук М.В., Беспалько А.П. Дослідження впливу коливальних процесів в захоплювальних пристроях з гофроприсосками на зусилля утримання структурних елементів групової упаковки	114
---	-----

Керування виробничими процесами

Гончаренко Б.М., Лобок О.П. Вдосконалення функціональної структури систем автоматичного керування технологічними об'єктами	121
---	-----

Ладанюк А.П., Бойко Р.О., Смітюх Я.В. Автоматичні регулятори в багатоагентних системах управління технологічними комплексами	127
---	-----

Євтушенко О.В., Сірик А.О., Породько П.В. Визначення економічної ефективності заходів з поліпшення умов праці на підприємстві харчової промисловості	132
---	-----

Енергетика та виробничі процеси

Дудко С.Д. Математична модель і алгоритм машинного розрахунку коефіцієнта рециркуляції та витрати палива в тунельній хлібопекарській печі	137
--	-----

THE BIOLOGICAL VALUE OF THE PROTEINS OF THE CAPELIN AND CARP CAVIAR

A.A. Menchyns'ka, T.K. Lebs'ka

The National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

Key words:

caviar, capelin,
carp, amino-acid,
amino-acid score,
biological value

Article history:

Received 26.05.2015
Received in revised form
10.06.2015
Accepted 15.06.2015

Corresponding author:

menchynska@ukr.net

ABSTRACT

The amino-acid composition of the proteins of the capelin and carp caviar is investigated. The biological value of the proteins of the capelin and carp caviar is estimated. Theoretically based the reasonability of the development of the biologically valuable caviar production based on the available sea and freshwater raw material. The capelin and carp roe according to the amino-acid composition is characterized by presence of all irreplaceable amino-acids the sum of which does not increase its amount in the ideal protein. The potential biological value of the protein of the capelin and carp roe is characterized by the high characteristics — 78,31 % and 76,69 % accordingly, which show the high level of the amino-acids balance. According to the *difference coefficient* of the *amino-acid score* the proteins of the capelin roe have bigger potential and will be used wider; they have less meaning of this parameter: 21,6 % vs 23,31 % accordingly. The *coefficient of utility* of the amino-acids composition, the parameter of comparative excess and accordance of the irreplaceable and replaceable amino-acids also confirm the high biological value of the capelin and carp roe and let us to recommend this raw material for the further making of food products with the functional purpose

БІОЛОГІЧНА ЦІННІСТЬ БІЛКІВ ІКРИ МОЙВИ ТА САЗАНУ

A.A. Менчинська, здобувач

T.K. Лебська, д-р техн. наук

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Досліджено амінокислотний склад білків ікри мойви та сазану. Здійснено оцінку біологічної цінності білків ікри мойви та сазану. Теоретично та експериментально обґрунтовано доцільність створення біологічно-повноцінної ікорної продукції на основі морської та прісноводної сировини.

Ключові слова: ікра, мойва, сазан, амінокислота, амінокислотний скор, біологічна цінність.

Вступ. Якість харчування — один з основних факторів, що впливає на стан здоров'я та довголіття населення. Харчові продукти поряд з високими органолептичними показниками повинні характеризуватись відповідним кількісним та якісним складом необхідних для організму людини нутрієнтів. Особливе місце в харчовому раціоні займають білки, вони є одним з головних компонентів їжі, що визначають її харчову та біологічну цінність. Білки забезпечують життєдіяльність, функціонування, ріст і розвиток всіх органів та систем організму. Вони беруть участь в процесах кровотворення, обміну речовин та енергії, підвищують імунітет, знижують накопичення радіонуклідів, сприяють засвоєнню вітамінів. Білки являються основним структурним елементом тканин, складовими ферментної та гормональної системи [6]. Поряд з різноманітністю функцій, значення білків визначається також їх незамінністю, адже вони, на відмінно від жирів і вуглеводів, в організмі не накопичуються, не синтезуються і не компенсуються іншими харчовими речовинами [8]. Показником якості білку є біологічна цінність, яка визначається якісним та

кількісним вмістом незамінних амінокислот та комплексом коефіцієнтів, що характеризують ступінь засвоєння білку організмом [5, 8].

При створенні харчових продуктів підвищеної біологічної цінності, необхідно оцінити біологічну цінність білків сировини. Ікра риби — цінний харчовий продукт, багатий легкозасвоюваними білками, з повним спектром незамінних і замінних амінокислот [4]. Оскільки ікорна сировина являє собою природний комплекс, що володіє високою харчовою та біологічною цінністю, ікра може бути використана в якості основи для створення полікомпонентних продуктів, збагачених різними функціонально-метаболическими інгредієнтами.

Зміни сировинної бази, видового складу рибної сировини, розвиток прісноводного рибництва вносять свої корективи в технології виробництва харчової продукції [10]. Тому перспективним є створення пастоподібних продуктів підвищеної біологічної цінності на основі ікри прісноводних та малоцінних морських риб.

Біологічна цінність білку ікри риби висвітлена в роботах багатьох зарубіжних авторів [1, 3, 7]. Проте наявні дані мають розрізнений характер залежно від виду риби, сезону вилову, стадії зрілості ікри. Успішна розробка пастоподібних продуктів підвищеної біологічної цінності на основі ікри можлива, за умови конкретизації показників амінокислотного складу білків.

Мета дослідження — оцінити біологічну цінність білків ікри мойви та сазану відповідно до сучасних вимог нутриціології.

Завдання дослідження полягали у вивченні амінокислотного складу білків ікри мойви та сазану, визначенні біологічної цінності на основі показників амінокислотного скору, потенційної біологічної цінності, коефіцієнту розрізнення амінокислотного скору, коефіцієнту утилітарності амінокислотного складу, коефіцієнту надлишкового вмісту незамінних амінокислот.

Матеріали і методи дослідження. В якості сировини для дослідження використовували морожену ікру мойви (лат. *Mallotus villosus*) — морська риба родини корюшкових (лат. *Osmeridae*) V-ї стадії зрілості та ікру III-ї стадії зрілості представника прісноводних риб родини корюшкових (лат. *Cyprinidae*) — сазану (лат. *Cyprinus carpio*).

Масову частку амінокислот визначали методом іонообмінної рідинно-колоночної хроматографії на автоматичному аналізаторі Т 339 виробництва «Мікротехна» (Чехія), триптофану — колориметричним методом із попереднім лужним гідролізом [9].

Амінокислотний скор, потенційну біологічну цінність білка (БЦп), коефіцієнт розрізнення амінокислотного скору (КРАС), коефіцієнт утилітарності амінокислотного складу (U), коефіцієнт порівнюваної надлишковості (σ) — розраховували методом [5, 8].

Результати та їх обговорення. Біологічну цінність білку визначають амінокислоти, що входять до його складу. Особливо цінними є незамінні, які не синтезуються в організмі, тому людина отримує їх лише у складі харчових продуктів.

Порівняльний аналіз амінокислотного складу білків ікри мойви і сазану та його відповідність до ідеального білку, рекомендованого ФАО/ВОЗ, наведений в таблиці 1.

Таблиця 1. Порівняльна характеристика амінокислотного складу білків ікри мойви і сазану

Назва амінокислот	Вміст даної амінокислоти, г / 100 г білку		
	«ідеальний білок»	ікра мойви	ікра сазану
<i>Незамінні амінокислоти, у т.ч.</i>	<i>36,00</i>	<i>44,74</i>	<i>43,32</i>
валін	5,00	5,10	4,83
ізолейцин	4,00	3,95	3,74
лейцин	7,00	7,16	9,04
лізин	5,50	10,65	6,37
метіонін+цистин	3,50	5,24	6,22
треонін	4,00	5,30	4,81
триптофан	1,00	1,00	0,89
фенілаланін + тирозин	6,00	6,34	7,42
<i>Замінні амінокислоти, у т.ч.</i>	<i>—</i>	<i>56,27</i>	<i>57,56</i>
аргінін	—	5,17	5,39
гістидин	—	3,20	2,19
серин	—	7,44	6,95
глутамінова кислота	—	13,01	16,80
аспаргінова кислота	—	11,16	7,05
пролін	—	3,76	3,56
гліцин	—	4,25	5,52
аланін	—	8,28	10,10

Сума незамінних амінокислот (НАК) в ікрі мойви становить 44,74 % в ікрі сазану — 43,32 %. Серед них переважають лейцин та лізин, що забезпечують ріст організму. Лейцин зміцнює імунну систему знижує вміст цукру в крові нормалізує діяльність щитоподібної залози і нирок, сприяє загоєнню ушкоджень шкіри і кісткової тканини, розщеплює холестерин [2]. Його вміст в ікрі мойви складає 7,16 г / 100 г білку, в ікрі сазану — 9,04 г / 100 г білку. Лізин регулює процеси кровотворення, є субстратом довготривалої пам'яті, стимулює розумову працездатність, усуває порушення здібностей, послаблює ріст вірусів, бере участь в утворенні антитіл, зберігає імунну систему, протидіє стомленню, сприяє відновленню кісткових і сполучних тканин, поліпшує абсорбцію кальцію [2]. В ікрі мойви лізину міститься 10,65 г / 100 г білку, в ікрі сазану — 6,37 г / 100 г білку.

Серед замінних амінокислот домінуючою в обох зразках ікри є глютамінова кислота, що підтримує дихання клітин мозку, безпосередньо бере участь у процесі збудження і гальмування нервових клітин, відіграє важливу роль у знешкодженні аміаку [2]. Вміст глютамінової кислоти в ікрі мойви складає 13,01 г / 100 г білку, в ікрі сазану — 16,80 г / 100 г білку. Аспаргінова кислота разом з глютаміновою бере участь в обмінних процесах. Ці кислоти мають взаємодоповнювальну і підсилювальну дію [2]. В ікрі мойви міститься аспаргінової кислоти 11,16 г / 100 г білку, в ікрі сазану — 7,05 г / 100 г білку. В обох зразках відмічено досить високий вміст аланіну (8,28 г / 100 г білку в ікрі мойви та 10,10 г / 100 г білку в ікрі сазану). Головні біологічні функції аланіну — підтримка азотистого балансу і постійного рівня глюкози. Серин — важлива кислота для утворення клітинної енергії, стимулює функції пам'яті і нервової системи, зміцнює імунітет, приймає участь в утворенні клітинних мембран [2]. Його вміст в ікрі мойви складає 7,44 г / 100 г білку, в ікрі сазану — 6,95 г / 100 г білку.

Основним показником, що характеризує біологічну цінність білку є його відповідність ідеальному білку згідно з амінокислотним скором. Характеристику амінокислотного скору білку ікри мойви та сазану наведено в таблиці 2.

Таблиця 2. Характеристика амінокислотного скору білків ікри мойви та сазану, % від ідеального білку

Назва амінокислот	Амінокислотний скор білків ікри	
	мойви	сазану
Валін	102	97
Ізолейцин	99	94
Лейцин	102	129
Лізин	194	116
Метіонін + цистин	150	178
Треонін	132	120
Триптофан	100	89
Фенілаланін + тирозин	106	124

Результати розрахунку амінокислотного скору свідчать про досить високу біологічну цінність білків ікри мойви та сазану. Лімітуючими амінокислотами в білку ікри мойви є ізолейцин (99 %), сазану — ізолейцин (94 %), валін (97 %) і триптофан (89%). Домінуючими амінокислотами в білку ікри мойви є лізин (194 %), в білку ікри сазану метіонін + цистин (178 %).

Для оцінки адекватності білкових компонентів ікри мойви та сазану щодо потенційного ступеня її засвоюваності розраховано показники та критерії біологічної цінності (БЦ), запропоновані І.А. Роговим і Н.Н. Ліпатовим [5, 8] (табл. 3).

Таблиця 3. Показники біологічної цінності білків

Показник	Біологічна цінність білків ікри	
	мойва	сазан
БЦп, %	78,31	76,69
КРАС, %	21,69	23,31
U, од.	0,81	0,74
σ_c , г/100 г білку	0,09	0,1
Співвідношення НАК до ЗАК	0,64	0,57
Рекомендоване співвідношення НАК до ЗАК	0,4	

Згідно розрахунку потенційна біологічна цінність білків ікри мойви та сазану складає 78,31 % і 76,69 %, відповідно, що свідчить про високий рівень балансу амінокислот. Відомо,

що організм людини використовує білок для біосинтезу в межах лімітованої амінокислоти, а весь надлишок не задіяних в пластичних процесах есенційних речовин йде на енергетичні потреби організму [5]. Саме тому для оцінки міри використання білка розраховано коефіцієнт розрізнення амінокислотного скору незамінних і лімітованої амінокислот — КРАС. За отриманими даними, потенційно у більшому обсязі можуть використовуватися білки ікри мойви, які мають менший КРАС (21,69 %) порівняно з білками ікри сазана, для яких КРАС складає 23,31 %. Коефіцієнт утилітарності амінокислотного складу (U), що становить для дослідних зразків (0,81 і 0,74) свідчить про високу можливість утилізації амінокислот цієї сировини організмом. Низькі показники порівнюваної надлишковості (σ_c) 0,09 г/100 г і 0,1 г/100 г білку показують, що білки ікри мойви та сазану максимально засвоюються організмом.

Для підтримання нормального обміну речовин необхідне надходження всіх амінокислот не лише у достатній кількості, але і в оптимальному співвідношенні. Співвідношення НАК до ЗАК для білків ікри мойви становить 0,64, а для білків ікри сазану даний показник складає 0,57, що перевищує рекомендовану норму 0,4.

Висновки. Ікра мойви та сазану за показниками амінокислотного складу характеризується присутністю усіх незамінних амінокислот, сума яких перевищує їх кількість у ідеальному білку. Однак, у білку мойви є лімітуюча амінокислота — ізолейцин, скор, якої складає 99 %, у білку сазану — валін, ізолейцин та триптофан (97 %, 94 % та 89 %, відповідно). Потенційна біологічна цінність білків мойви та сазану характеризується високими показниками — 78,31 % та 76,69 %, відповідно, які свідчать про високий рівень балансу амінокислот. Згідно з КРАС потенційно у більшому обсязі будуть використовуватися білки ікри мойви, які у порівнянні з білками ікри сазану мають менше значення цього показника: 21,6 % проти 23,31 %, відповідно. Коефіцієнт утилітарності амінокислотного складу, показник порівнюваної надлишковості та співвідношення НАК до ЗАК також підтверджують високу біологічну цінність ікри мойви та сазану і дозволяють рекомендувати цю сировину для формування харчових продуктів функціонального призначення.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Абрамова Л.С.* Поликомпонентные продукты питания на основе рыбного сырья / Л.С. Абрамова — М.: ВНИРО, 2005.— 175 с.
2. *Аминокислоты.* Заменяемые и незаменимые.[Электронный ресурс] — Режим доступа : <http://subscribe.ru/group/zdorove-bez-vrachej-i-lekarstv-/108228/>.
3. *Ахмерова Е.А.* Биологическая ценность липидов икры некоторых видов рыб / Е.А. Ахмерова, А.К. Хамзина // VI Московский международный конгресс «Биотехнология: состояние и перспективы развития». — М. 2011.— С. 160 — 161.
4. *Байдалинова Л.С.* Биохимия сырья водного происхождения / Л.С. Байдалинова, А.А. Яржомбек. — М.: Моркнига, 2012.— 506 с.
5. *Липатов Н.Н.* Организмизмические подходы к формированию интегральных критериев оценки объектов пищевых производств / Н.Н. Липатов, О.И. Башкиров // Технологические аспекты комплексной переработки сельскохозяйственного сырья при производстве экологически безопасных пищевых продуктов общего и специального назначения по направлению: Пищевые технологии будущего. Гипотезы. Теория. Эксперимент : научно-практ. конф. Россельхозакадемия, 10—14 сентября 2002.— Углич, 2002.— С. 265—270.
6. *Нечаев А. П.* Пищевая химия / А.П. Нечаев, С.Е. Траубенберг, А.А. Кочеткова — СПб.: ГИОРД, 2003.— 640 с.
7. *Особенности химического состава икры макруруса и возможность производства из нее деликатесной продукции* / Т.П. Калиниченко, Г.Н. Тимчишина, Е.В. Болтенков [и др.] // Известия ТИПРО-Центра, 2007. — Т. 149.— С.400 — 407.
8. *Рогов И.А.* Химия пищи / И.А. Рогов, Л.В. Антипова, Н.И. Дунченко — М.: Колос, 2007.— 853 с.
9. *Скурихин И.М.* Руководство по методам анализа качества и безопасности пищевых продуктов : под ред. И.М. Скурихин, В.А. Тутельян.— М.: Брандер-Медицина, 1998.— 380 с.
10. *Смирнюк Н.І.* Аналіз виробництва риби та рибної продукції в Україні на сучасному етапі встановлення ринкових відносин / Н.І. Смирнюк, І.В. Бурак, Л.В. Товстенко // Рибогосподарська наука України.— 213. — № 3.— С. 79 — 88.

БИОЛОГИЧЕСКАЯ ЦЕННОСТЬ БЕЛКОВ ИКРЫ МОЙВЫ И САЗАНА

А.А. Менчинская, Т.К. Лебская

Национальный университет биоресурсов і природопользования Украины

Исследован аминокислотный состав белков икры мойвы и сазана. Осуществлена оценка биологической ценности белков икры мойвы и сазана. Теоретически и экспериментально обоснована целесообразность создания биологически полноценной икорной продукции на основе морского и пресноводного сырья.

Ключевые слова: икра, мойва, сазан, аминокислота, аминокислотный скор, биологическая ценность.

THE USE OF SPECIALIZED SORBENTS FOR THE MICROELEMENTS CONTENT INCREASE IN AGRICULTURAL PRODUCTS

N. Mushynska, L. Stepanets, N. Bubliencko, I. Stepanets

National University for Food Technologies

L. Kupchuk

Institute of Sorption and problems Endoecology NAS of Ukraine

Key words:

organic agriculture, minerals, sorption, zeolite, activated carbon, productivity

Article history:

Received 20.03.2015

Received in revised form

8.05.2015

Accepted 10.05.2015

Corresponding author:

myshka1802@mail.ru

ABSTRACT

The article presents the results of the slow-release micronutrients research. Their production is aimed at the decreasing of solvability of soil-introduced micronutrients, that form the basis of the present organic farming. The recipe and technology of production of specialized sorbing feed additives have been worked out, one of their main components being a natural, environmentally safe material - zeolite, that is capable of enriching the soils with micro- and macronutrients and increasing their content in the plant production.

The effectiveness of the approach lies in: naturalness, availability, low cost, productivity, environmental friendliness, which meet international food safety requirements, directly affecting the health of generations. The test results showed that after the introduction of modified sorbents, there has been a statistically significant increase of zinc and copper in root crops and grains, as well as a significant increase in yield compared with the reference area.

ВИКОРИСТАННЯ СПЕЦІАЛІЗОВАНИХ СОРБЕНТІВ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ВМІСТУ МІКРОЕЛЕМЕНТІВ В ПРОДУКЦІЇ ЗЕМЛЕРОБСТВА

Н.М. Мушинська, магістрант

Л.Ф. Степанець, Н.О. Бублієнко, І.Ф. Степанець, канд. техн. наук

Національний університет харчових технологій

Л.А. Купчик, канд. техн. наук

Інститут сорбції та проблем ендоекології НАН України

В статті наведені результати наукових досліджень мікродобрив пролонгованої дії на основі природних сорбентів — цеолітів, які здатні збагачувати ґрунти мікро- та мікроелементами, підвищувати їх вміст у продукції рослинного походження та не завдавати шкоди навколишньому природному середовищу.

Ключові слова: органічне землеробство, мікроелементи, сорбція, сорбенти, цеоліт, активоване вугілля, врожайність.

Вступ. За результатами наукових досліджень фахівців та власними дослідженнями встановлено зниження врожайності, збіднення ґрунтів мікро- та макроелементами за рахунок внесення великої кількості хімічних мінеральних добрив і техногенного навантаження на навколишнє середовище.

Тому метою цієї роботи є створення та випробовування мікродобрив пролонгованої дії для використання їх в органічному сільському господарстві та виробництві дитячого харчування. В Інституті сорбції та проблем ендоекології НАН України, сумісно з Національним університетом харчових технологій проходять випробування сорбційні матеріали тривалого постачання мікронутрієнтів в органічному землеробстві.

В останні роки в суспільстві все частіше піднімається питання про поліпшення екологічного стану та продуктивності сільськогосподарських угідь. Одним із можливих шляхів поліпшення мікроелементного складу ґрунтів є використання сорбентів різного типу, в тому числі, і композиційних матеріалів з мікроелементними добавками.

Основними вимогами до таких сорбентів є: цінова доступність, простота технології виготовлення, застосування, екологічність і ефективність. Цим вимогам повною мірою відповідають спеціалізовані природні вуглецево-мінеральні сорбенти з вираженою здатністю регулювання мікроелементного складу рослинної продукції аграрного комплексу.

Головним компонентом одержуваних сорбентів є природний матеріал — цеоліт Сокиринського родовища (Закарпатська обл.). Низька вартість і простота застосування є основними причинами економічної ефективності технологічного використання цеоліту.

Цеоліти являють собою пористі кристалічні силікати алюмінію. Вони складаються з комбінованих оксидів кремнію, алюмінію і лужних або лужноземельних металів. Цеоліти також можуть включати в себе різні хімічні елементи і кристалічну воду. Властивості цеолітів визначають нано-канали і порожнини, які можуть містити сторонні іони і нейтральні молекули.

Відомо, що природні цеоліти широко використовуються в сільському господарстві, так як завдяки своїм унікальним властивостям вони покращують здатність утримувати вологу і знижують рухливості забруднюючих речовин. Ми використовували цеоліт з розміром зерен 3-10 мм, що має добре розвинену пористу структуру [2].

У дослідженнях використовували здатність цеолітів адсорбувати амонійні комплекси металів. Використання електронного парамагнітного резонансу ЕПР дозволило встановити механізм взаємодії аміакатів міді з алюмосилікатами типів аллофан і імоголіт (цеолітами) [1]. Було показано, що під час сорбції аміакатів на поверхні алюмосилікатів утворюються комплекси декількох типів.

У формуванні цих комплексів беруть участь функціональні групи силікатів алюмінію ($\equiv \text{Si-OH}$ і $\equiv \text{Al-OH}$).

Запропоновано використання цеолітів у вигляді аміакатних комплексів, що може допомогти збільшити вміст цинку і міді у сільськогосподарській продукції та продовжити присутність мікроелементів у ґрунті за рахунок зниження їх рухливості.

Матеріали і методи

У даній роботі як основний матеріал дослідження були:

1. Вугілля активоване кісткове КАУ ТУ У05398131—020—09.
2. Цеоліт Сокиринського родовища ТУ У 14.5—00292540.001—2001.
3. Аміакати міді та цинку.

Об'єктом дослідження є отриманні нами композиційні спеціалізовані вуглецево-мінеральні сорбенти виготовлені із перерахованих вище складових в різних пропорціях.

Дослідження проводились за допомогою хімічних, структурно-сорбційних, спектрофотометричних, іонообмінних методів, а також атомно-абсорбційної спектроскопії.

При проведенні досліджень визначені наступні показники: величина рН (ГОСТ 21001—07); адсорбційні характеристики по відношенню до іонів важких металів (атомно-абсорбційна спектроскопія), статична обмінна ємність (СОЕ).

Результати та обговорення

Кількість мікроелементів, що використовуються для просочення цеоліту, була оцінено на основі його сорбційних властивостей (рис.1).

Кінетичні характеристики сорбції аміакатів цинку і міді цеолітом свідчать про те, що для максимального насичення мінеральної матриці іонами мікроелементів, тривалість просочення повинна становити не менше 10 годин. За розробленим способом цеоліт просочується розчином аміакату міді ($\text{Co} = 11,28 \text{ г / л}$), цинку ($\text{Co} = 2,2 \text{ г / л}$) протягом 14 годин.

Розроблені експериментальні зразки спеціалізованих сорбентів були випробувані в польових умовах на ділянках Інституту агроєкології і природокористування НААН України. Польові досліді проводилися на території Київської області відповідно до методики польово-

вого досвіду [4]. Ґрунти експериментальних ділянок були малогумусними (гумусу близько 2,74 %). Експеримент був повторений 3 рази. Площа кожного полігону склала 0,02 га. Зразки коренеплодів вибиралися за допомогою методу обвідної, урожай культур був зібраний з кожної ділянки окремо.

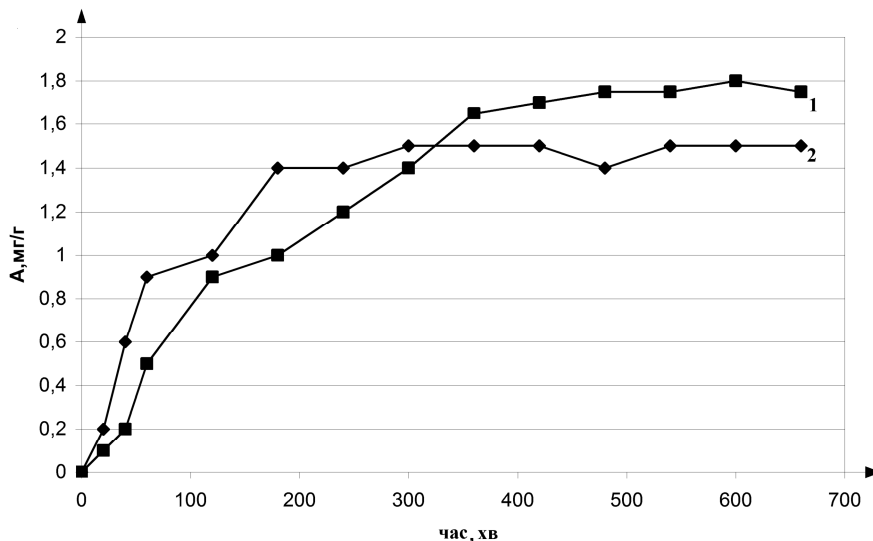


Рис. 1. Кінетичні криві сорбції іонів цинку (1), міді (2) цеолітом Сокирицького родовища

Визначення концентрації металу в зразках виробляли після їх мінералізації з використанням атомно-абсорбційного методу в пропан-повітряному полум'ї (спектрометра ААС–3, Carl Zeiss, Germany). Джерела випромінювання були лампи з порожнистим катодом, робочі довжини хвиль — 324,8 нм для міді та 213,9 нм для цинку.

Визначення концентрацій металів у коренеплодах повторювалися 3 рази відповідно до ГОСТ 30178–96 (найближчих аналогів — ISO 7952: 1994, ISO 6636–2: 1981, ISO 6869: 2000).

Кількість внесеного модифікованого мікроелементами сорбенту для вирощування овочевих культур на 0,02 га представлено в табл. 1

Таблиця 1. Кількість внесеного модифікованого мікроелементами сорбенту

Культура	Елемент	Кількість мікроелементів (4-х кратний надлишок для пролонгованої дії), г	Адсорбційна ємність сорбенту, мг/г	Маса сорбенту, кг
Буряк	Zn	$10 \cdot 4 = 40$	3	13
Буряк	Cu	$2 \cdot 4 = 8$	1,75	4
Морква	Zn	$10 \cdot 4 = 40$	3	13
Морква	Cu	$2 \cdot 4 = 8$	1,75	4

Схема проведення дослідів була однаковою для всіх культур:

1. Контрольний ділянку (внесений не модифікований цеоліт);
2. На ділянку був внесений модифікований аміакатами цеоліт;
3. На ділянку був внесений сорбент, що складається з модифікованого аміакатами цеоліту та активованого вугілля (1:1).

Результати першого року випробувань показали, що після внесення модифікованих сорбентів мало місце статистично достовірне збільшення вмісту цинку (у моркви на 17—19 %, в буряку на 28—30 %) і міді (у моркви на 13—23 %, в буряку на 17—19 %). Урожайність коренеплодів при цьому збільшилася на 13—15 % (моркви) і на 17—20 % (столового буряка) порівняно з контрольною ділянкою (табл. 2).

Таблиця 2. Урожайність коренеплодів

Параметр	Морква			Буряк		
	Контроль	Досліджув. ділянка	Ефект від використання	Контроль	Досліджув. ділянка	Ефект від використання
<i>Немодифікований цеоліт</i>						
Cu, мг/кг	0,46	0,50	+ 8,6	0,51	0,60	+ 19,4
Zn, мг/кг	1,52	1,53	+ 0,7	2,27	2,26	– 4,4
Урожайність, т/га	21,8	22,3	+ 2,3	17,0	19,9	+ 17,1
<i>Цеоліт модифікований аміакатами міді та цинку</i>						
Cu, мг/кг	0,46	0,57	+ 23,9	0,51	0,60	+ 17,6
Zn, мг/кг	1,52	2,09	+ 37,5	2,27	2,97	+ 30,8
Урожайність, т/га	21,8	22,9	+ 5,05	17,0	20,6	+ 21,1
<i>Суміш вугілля і модифікованого цеоліту</i>						
Cu, мг/кг	0,46	0,52	+ 13,0	0,51	0,60	+ 17,6
Zn, мг/кг	1,52	2,05	+ 34,8	2,27	2,91	+ 28,1
Урожайність, т/га	21,8	22,4	+ 2,7	17,0	20,3	+ 19,5

Висновки. Таким чином, запропонований екологічно безпечний спосіб підвищення якості ґрунтів і застосування спеціалізованих сорбентів на основі цеолітів і активованого вугілля, модифікованих аміакатами міді і цинку, що може бути рекомендованим для поліпшення якості ґрунтів, збільшення вмісту мікроелементів в продукції рослинництва, підвищення екологічності ґрунтів, сільськогосподарської продукції та продуктів харчування, що забезпечить випуск високоякісної конкурентоспроможної продукції, яка відповідає сучасним міжнародним вимогам якості.

ЛІТЕРАТУРА

1. Clark C.J. Chemisorptions of Cu(II) and Co(II) on Allophane and Imogolite / Clark C.J. and M.B. McBride // Clays and Clay Minerals. — 1984.32(4). — P. 300—310.
2. Тарасевич Ю.И. Физические и химические свойства Закарпатской цеолита и его применение в качестве фильтрующего материала в области очистки воды / Тарасевич Ю.И., Руденко Г.Г., Кравченко В.Е. // Химия и технология воды. — 1979. — № 1. — С. 66—69.
3. ГОСТ 30178–96:1996. Сырье и продукты пищевые. Атомно-абсорбционный метод определения токсичных элементов.
4. Доспехов Б.А. Методика полевых опытов (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б.А. Доспехов. — М.: Агропромиздат, 1985.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ СОРБЕНТОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В ПРОДУКЦИИ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

Н.М. Мушинская, Л.Ф. Степанец, Н.О. Бублиенко, И.Ф. Степанец

Национальный университет пищевых технологий

Л.А. Купчик

Институт сорбции та проблем ендозкологии НАН Украины

В статье приведены результаты научных исследований микроудобрений прологированного действия на основе природных сорбентов — цеолитов, которые способны обогащать почвы микро- и микроэлементами, повышать их содержание в продукции растительного происхождения и не наносят вреда окружающей среде.

Ключевые слова: органическое земледелие, микроэлементы, сорбция, сорбенты, цеолит, активированный уголь, урожайность.

INFLUENCE OF CULTIVATION CONDITIONS ON ANTIMICROBIAL PROPERTIES OF *ACINETOBACTER CALCOACETICUS* IMV B-7241 SURFACTANTS

I.V. Savenko, D.V. Andreyko

National University of Food Technologies

Key words:

Acinetobacter calcoaceticus IMV B-7241, microbial surfactants, biofilm, antimicrobial properties, minimum inhibitory concentration

Article history:

Received 10.04.2015

Received in revised form

6.06.2015

Accepted 9.06.2015

Corresponding author:

Inga_92@ukr.net

avm103@rambler.ru

ABSTRACT

The dependence of antimicrobial properties of *Acinetobacter calcoaceticus* IMV B-7241 surface-active agents (surfactants, SAS) on the nature of the carbon source in the cultivation medium (ethanol, glycerol, n-hexadecane), and the presence of a yeast autolysate and certain microelements was established. Exception of yeast autolysate and microelements mixtures from the medium with all substrates accompanied by decreasing antimicrobial properties of SAS synthesized by strain IMV B-7241. The minimum inhibitory concentration (MIC) of surfactants synthesized on ethanol in presence of yeast autolysate and microelements against bacteria (*Bacillus subtilis* БТ-2, *Escherichia coli* IEM-1) and yeast (*Candida albicans* Д-6) was lower and was 9–20 (µg/ml) than MIC of SAS, obtained on glycerol (9–68 µg/ml) and n-hexadecane (27–54 µg/ml)

ВПЛИВ УМОВ КУЛЬТИВУВАННЯ НА АНТИМІКРОБНІ ВЛАСТИВОСТІ ПОВЕРХНЕВО-АКТИВНИХ РЕЧОВИН *ACINETOBACTER CALCOACETICUS* IMV B-7241

І.В. Савенко, аспірант

Д.В. Андрейко, студент

Національний університет харчових технологій

Експериментально встановлено залежність антимікробних властивостей поверхнево-активних речовин (ПАР) *Acinetobacter calcoaceticus* IMV B-7241 від природи джерела вуглецю в середовищі культивування (етанол, гліцерин, н-гексадекан) та від наявності в ньому дріжджового автолізу та певних мікроелементів. За умов росту штаму IMV B-7241 на всіх досліджуваних субстратах виключення зі складу поживного середовища дріжджового автолізу і суміші мікроелементів супроводжувалося зниженням антимікробних властивостей синтезованих ПАР. Мінімальна інгібуюча концентрація (МІК) поверхнево-активних речовин, синтезованих на етанолі за присутності дріжджового автолізу і мікроелементів щодо бактерій (*Bacillus subtilis* БТ-2, *Escherichia coli* IEM-1) і дріжджів (*Candida albicans* Д-6) була нижчою і становила 9–20 мкг/мл, порівняно з МІК ПАР, синтезованих на гліцерині (9–68 мкг/мл) та н-гексадекані (27–54 мкг/мл).

Ключові слова: *Acinetobacter calcoaceticus* IMV B-7241, мікробні поверхнево-активні речовини, біоплівка, антимікробні властивості, мінімальна інгібуюча концентрація.

Вступ. Найбільш небезпечним явищем в харчовій промисловості є колонізація мікроорганізмами технологічного обладнання, що спричиняє не лише псування сировини, а й можливість отруєння мікробними токсинами споживачів готової продукції. Більшість мікроорганізмів здатні утворювати біоплівки, в складі яких є резистентними до існуючих біоцидів, що і зумовило пошук альтернативних антимікробних сполук [1]. З літератури [2] відомо, що такими препаратами можуть бути мікробні поверхнево-активні речовини (ПАР). Оскільки мікробні ПАР є безпечними для людини та навколишнього середовища, вони можуть знайти потенційне використання у харчовій промисловості, агропромисловому секторі та медицині.

Поверхнево-активні речовини мікробного походження є вторинними метаболітами і, як правило, синтезуються у вигляді комплексу подібних сполук (аміно-, гліко-, фосфо- і нейтральних ліпідів) [3]. У різних умовах культивування продуцентів співвідношення компонентів комплексу вторинних метаболітів може змінюватися, що супроводжується зміною їх біологічних властивостей [4]. Проте дані про вплив умов культивування на властивості мікробних ПАР досить обмежені і стосуються винятково антимікробної дії поверхнево-активних речовин. Так, в роботі [5] зазначено, що при культивуванні *Bacillus amylofaciens* AR2 на декстрозі, сахарозі або гліцерині синтезується суміш ліпопептидів (сурфактин, ітурин, фенгіцин), у той час як на мальтозі, лактозі і сорбітолі продукується тільки ітурин. Максимальні антифунгальні властивості щодо мікроміцетів родів *Fusarium*, *Cladosporium*, *Alternaria* проявляли ПАР, синтезовані на сахарозі і декстрозі [5].

Відомо лише поодинокі праці, присвячені дослідженням взаємозв'язку хімічного складу мікробних поверхнево-активних речовин та їх біологічних властивостей [5–7]. Однак у цих працях автори не вивчали зміну складу і властивостей ПАР в залежності від умов культивування продуцентів.

У попередніх дослідженнях [8] було показано залежність синтезу поверхнево-активних речовин від наявності у середовищі культивування *Acinetobacter calcoaceticus* IMB B-7241 факторів росту і певних мікроелементів, а також природи джерела вуглецевого живлення (етанол, гліцерин, *n*-гексадекан). Заміна дріжджового автолізу і суміші мікроелементів у складі етанол — і *n*-гексадеканвмісних середовищ на сульфат міді і сульфат заліза, а у середовищі з гліцерином — на хлорид калію, сульфат цинку і сульфат міді супроводжувалася підвищенням синтезу ПАР, проте зниженням їх антиадгезивних властивостей. Такі дані засвідчують вплив умов культивування на біологічні властивості цільового продукту.

Раніше [9] було встановлено, що поверхнево-активним речовинам, синтезованим *A. calcoaceticus* IMB B-7241 на етанолі, притаманні антимікробні властивості, у тому числі й щодо фітопатогенних бактерій.

Мета даної роботи — дослідити антимікробну дію поверхнево-активних речовин *A. calcoaceticus* IMB B-7241 залежно від наявності факторів росту і мікроелементів у складі етанол, *n*-гексадекан- і гліцеринвмісних середовищ.

Матеріали та методи. Продуцент ПАР *A. calcoaceticus* IMB B-7241 вирощували у рідкому мінеральному середовищі такого складу (г/л): $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ — 0,35, NaCl — 1,0, $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ — 0,6, KH_2PO_4 — 0,14, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ — 0,1, вода дистильована — до 1 л, pH 6,8–7,0. У середовище також додатково вносили дріжджовий автолізат — 0,5 % (об'ємна частка) і розчин мікроелементів — 0,1 % (об'ємна частка), що містив (г/100 мл): $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ — 1,1; $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ — 0,6; $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ — 0,1; $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ — 0,004; $\text{CoSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ — 0,03; H_3BO_3 — 0,006; KI — 0,0001; ЕДТА (Трилон Б) — 0,5 [8].

Як джерело вуглецю та енергії використовували етанол, *n*-гексадекан у концентрації 2 % (об'ємна частка), гліцерин — 1 % (об'ємна частка).

В одному з варіантів у середовище з етанолом і *n*-гексадеканом замість дріжджового автолізу і розчину мікроелементів вносили Cu^{2+} (0,16 мкмоль/л) і Fe^{2+} (3,6 мкмоль/л), а в середовище з гліцерином — Zn^{2+} (38 мкмоль/л), Cu^{2+} (0,16 мкмоль/л) і K^+ у концентрації 0,21 ммоль/л як описано у праці [8]. Культивування здійснювали у 750 мл колбах з 100 мл середовища на качалці (320 об./хв) при 30 °C упродовж 120 год.

У дослідженнях використовували поверхнево-активні речовини, екстраговані з сапернатанту культуральної рідини сумішшю Фолча (хлороформ і метанол, 2:1) як описано раніше [9].

Як тест-культури під час визначення антимікробних властивостей ПАР використовували бактерії (*Bacillus subtilis* БТ-2, *Escherichia coli* ІЕМ-1) і дріжджі (*Candida albicans* Д-6) з

колекції живих культур кафедри біотехнології і мікробіології Національного університету харчових технологій.

Антимікробні властивості поверхнево-активних речовин аналізували за показником мінімальної інгібуючої концентрації (МІК). Визначення мінімальної інгібуючої концентрації здійснювали методом двократних серійних розведень у м'ясо-пептонному бульйоні (МПБ) для бактерій і рідкому суслі для дріжджів як описано у роботі [10]. Результати оцінювали візуально по помутнінню середовища: (+) — пробірки, де спостерігалось помутніння середовища, (—) — помутніння було відсутнє. МІК розчину ПАР визначали як середнє значення між концентраціями ПАР в останній пробірці, де ріст був відсутній, і в першій, де він був наявний.

Результати та обговорення. У табл. 1 і 2 наведено мінімальні інгібуючі концентрації щодо тест-культур поверхнево-активних речовин, синтезованих *A. calcoaceticus* IMB B-7241 на етанолі.

Таблиця 1. Визначення мінімальної інгібуючої концентрації ПАР, синтезованих за умов росту *A. calcoaceticus* IMB B-7241 на етанолі за наявності дріжджового автолізу та мікроелементів

№ п/п	Розведення	ПАР, мг/мл	Ріст тест-культури			
			<i>B. subtilis</i> БТ-2 (вегетативні клітини)	<i>B. subtilis</i> БТ-2 (спори)	<i>E. coli</i> ІЕМ-1	<i>C. albicans</i> Д-6
1	1:1	850	—	—	—	—
2	1:2	430	—	—	—	—
3	1:4	210	—	—	—	—
4	1:8	100	—	—	—	—
5	1:16	50	—	—	—	—
6	1:32	25	—	—	—	—
7	1:64	12	—	—	+	—
8	1:128	6	+	+	+	+
9	1:256	3	+	+	+	+
МІК			9	9	20	9

Примітки: табл. 1—5: під час визначення мінімальної інгібуючої концентрації похибка не перевищувала 5 %; табл. 1 і 2: «—» ріст відсутній, «+» ріст наявний

Таблиця 2. Мінімальна інгібуюча концентрація ПАР, синтезованих на етанолі за додавання CuSO_4 і FeSO_4

№ п/п	Розведення	ПАР, мг/мл	Ріст тест-культури			
			<i>B. subtilis</i> БТ-2 (вегетативні клітини)	<i>B. subtilis</i> БТ-2 (спори)	<i>E. coli</i> ІЕМ-1	<i>C. albicans</i> Д-6
1	1:1	1400	—	—	—	—
2	1:2	700	—	—	—	—
3	1:4	350	—	—	—	—
4	1:8	180	—	—	—	—
5	1:16	90	—	—	—	—
6	1:32	45	—	—	+	—
7	1:64	23	—	—	+	+
8	1:128	12	+	+	+	+
9	1:256	6	+	+	+	+
10	1:512	3	+	+	+	+
МІК			18	18	70	34

Дані свідчать, що виключення із складу середовища для культивування продуцента дріжджового автолізу та суміші мікроелементів та заміна їх на сульфат міді і сульфат заліза супроводжувалися зниженням у 2,0—3,8 разів антимікробних властивостей ПАР штаму IMB B-7241.

Аналогічні закономірності спостерігали при дослідженні антимікробних властивостей ПАР, синтезованих за умов росту *A. calcoaceticus* IMB B-7241 на *n*-гексадекані (табл. 3). Мінімальна інгібуюча концентрація поверхнево-активних речовин, одержаних на середовищі із сульфатами міді та заліза, була вищою в 1,3—2,6 разів (МІК 36—71 мг/мл) порівняно з показником, встановленим для ПАР, синтезованих за наявності факторів росту.

Наступні дослідження показали, що заміна дріжджового автолізу та розчину мікроелементів на хлорид калію і сульфати міді та цинку в гліцеринвмісному середовищі культивування *A. calcoaceticus* IMB B-7241 також супроводжувалася значним зниженням антимікробної дії синтезованих ПАР (табл. 4).

Таблиця 3. Мінімальна інгібуєча концентрація ПАР, синтезованих *A. calcoaceticus* IMB B-7241 на *n*-гексадекані

Групи мікро-організмів	Назва мікроорганізмів	МІК (мкг/мл) за присутності ПАР, синтезованих за наявності у середовищі	
		дріжджового автолізу, мікроелементів	CuSO ₄ , FeSO ₄
Бактерії	<i>B. subtilis</i> БТ-2 (вегетативні клітини)	27	71
	<i>B. subtilis</i> БТ-2 (спори)	27	71
	<i>E. coli</i> ІЕМ-1	27	36
Дріжджі	<i>C. albicans</i> Д-6	54	71

Таблиця 4. Мінімальна інгібуєча концентрація ПАР штаму IMB B-7241, синтезованих на гліцерині

Групи мікро-організмів	Назва мікроорганізмів	МІК (мкг/мл) за присутності ПАР, синтезованих за наявності у середовищі	
		дріжджового автолізу, мікроелементів	CuSO ₄ , ZnSO ₄ , KCl
Бактерії	<i>B. subtilis</i> БТ-2 (вегетативні клітини)	9	38
	<i>B. subtilis</i> БТ-2 (спори)	34	75
	<i>E. coli</i> ІЕМ-1	34	75
Дріжджі	<i>C. albicans</i> Д-6	68	75

Зазначимо, що ефективність антимікробних властивостей ПАР залежала не тільки від наявності в середовищі культивування *A. calcoaceticus* IMB B-7241 факторів росту і певних мікроелементів, а й від природи джерела вуглецевого живлення (табл. 5). Так, найефективнішими антимікробними агентами виявилися поверхнево-активні речовини, синтезовані на етанолі за наявності дріжджового автолізу та мікроелементів (МІК 9—20 мкг/мл), у той час як ПАР, отримані в аналогічних умовах культивування на гліцерині і *n*-гексадекані, інгібували ріст досліджуваних бактерій та дріжджів у вищих (9—68 і 27—54 мкг/мл відповідно) концентраціях.

Таблиця 5. Вплив джерела вуглецю на антимікробні властивості розчину ПАР *A. calcoaceticus* IMB B-7241

Тест-культура	МІК (мкг/мл) за присутності ПАР, синтезованих на		
	етанолі	<i>n</i> -гексадекані	гліцерині
<i>B. subtilis</i> БТ-2 (вегетативні клітини)	9	27	9
<i>B. subtilis</i> БТ-2 (спори)	9	27	34
<i>E. coli</i> ІЕМ-1	20	27	34
<i>C. albicans</i> Д-6	9	54	68

Примітка. Середовище для культивування містило дріжджовий автолізат і мікроелементи.

Встановлені в даній роботі антимікробні властивості ПАР *A. calcoaceticus* IMB B-7241 є значно вищими, ніж визначені для відомих з літератури мікробних поверхнево-активних речовин [2, 11—13]. Мінімальні інгібуєчі концентрації ПАР *A. calcoaceticus* IMB B-7241 щодо бактерій родів *Escherichia* та *Bacillus* (9—75 мкг/мл) є значно нижчими, ніж МІК гліколіпідів *Pseudomonas aeruginosa* MR01 та *Pseudomonas aeruginosa* MASH1 (128 та 512 мкг/мл) [2], поверхнево-активних речовин *B. subtilis* LB5a (1050 мкг/мл) [11], а також рамноліпідів *Pseudomonas aeruginosa* RT32 (122 мкг/мл) та софороліпідів *Candida bombicola* D17 (320 мкг/мл) [12, 13].

Висновки. Таким чином, результати даної роботи свідчать про можливість використання низьких (9—75 мкг/мл) концентрацій поверхнево-активних речовин *A. calcoaceticus* IMB B-7241 як ефективних антимікробних агентів. Встановлено залежність антимікробної дії ПАР штаму IMB B-7405 від умов культивування продуцента. Доведено необхідність проведення таких досліджень для подальшого одержання ефективних антимікробних препаратів, адже не завж-

ди підвищення синтезу поверхнево-активних речовин супроводжується утворенням цільового продукту з необхідними біологічними властивостями. Припускаємо, що зміна антимікробних властивостей пояснюється різним співвідношенням гліко-, аміно- і нейтральних ліпідів у складі ПАР, синтезованих в різних умовах культивування *A. calcoaceticus* IMB B-7241.

ЛІТЕРАТУРА

1. Vasudevan R. Biofilms: microbial cities of scientific significance / R. Vasudevan // J. Microbiol. Exp. — 2014. — Vol. 1, N 3. — doi: 10.15406/jmen.2014.01.0014.
2. Lotfabad B. Assessment of antibacterial capability of rhamnolipids produced by two indigenous *Pseudomonas aeruginosa* strains / B. Lotfabad, F. Shahcheraghi, F. Shooraj // Jundishapur J. Microbiol. — 2013. — Vol. 6, N 1. — doi: 10.5812/jjm.2662.
3. Marchant R. Biosurfactants: a sustainable replacement for chemical surfactants / R. Marchant, M. Banat // Biotechnol. Lett. — 2012. — Vol. 34, N 9. — doi: 10.1007/s10529-012-0956-x.
4. Подгорский В.С. Интенсификация технологий микробного синтеза / В.С. Подгорский, Г.О. Иутинская, Т.П. Пирог // Киев: Наук. думка. — 2010. — 327 с.
5. Singh, A. Substrate dependent in vitro antifungal activity of *Bacillus* sp. strain AR2 / A. Singh, R. Rautela, S. Cameotra // Microb. Cell Fact. — 2014. — Vol. 13. — doi: 10.1186/1475-2859-13-67.
6. Lipopeptides as main ingredients for inhibition of fungal phytopathogens by *Bacillus subtilis*/amyloliquefaciens / H. Cawoy [et al.] // Microb. Biotechnol. — 2015. — Vol. 8, N 2. — doi: 10.1111/1751-7915.12238.
7. Mannosylerythritol lipids: production and applications / T. Morita [et al.] // J. Oleo. Sci. — 2015. — Vol. 64, N 2. — doi: 10.5650/jos.ess14185.
8. Влияние факторов роста и некоторых микроэлементов на синтез поверхностно-активных веществ *Acinetobacter calcoaceticus* IMB B-7241 / Т.П. Пирог [и др.] // Микробиол. журнал. — 2013. — Т. 75, № 5. — С. 19—27.
9. Effect of surface-active substances of *Acinetobacter calcoaceticus* IMV B-7241, *Rhodococcus erythropolis* IMV Ac-5017, and *Nocardia vaccinii* K-8 on phytopathogenic bacteria / T.P. Pirog [et al.] // Appl. Biochem. Microbiol. — 2013. — Vol. 49, № 4. — P. 360—367.
10. Minimal inhibitory concentration (MIC) determination of disinfectant and/or sterilizing agents / P. Mazzola [et al.] // Braz. J. Pharm. Sci. — 2009. — Vol. 45, N 2. — doi: org/10.1590/S1984-82502009002008.
11. Pereira de Quadros C. Biological activities of a mixture of biosurfactant from *Bacillus subtilis* and alkaline lipase from *Fusarium oxysporum* / C. Pereira de Quadros, M. Duarte, G. Pastore // Braz. J. Microbiol. — 2011. — Vol. 42, N 1. — P. 354—361.
12. Das P. Analysis of biosurfactants from industrially viable *Pseudomonas* strain isolated from crude oil suggests how rhamnolipids congeners affect emulsification property and antimicrobial activity / P. Das, X. Yang, L. Ma // Front. Microbiol. — 2014. doi: 10.3389/fmicb.2014.00696.
13. Antimicrobial and anti-adhesive potential of a biosurfactants produced by *Candida species* / R. Rufino [et al.] // Curr. Microbiol. — 2012. — Vol. 24, N 8. — doi: 10.5772/52578.

ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ НА АНТИМИКРОБНЫЕ СВОЙСТВА ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ *ACINETOBACTER CALCOACETICUS* ИМВ В-7241

И.В. Савенко, Д.В. Андрейко

Национальный университет пищевых технологий

Экспериментально установлена зависимость антимикробных свойств поверхностно-активных веществ (ПАВ) *Acinetobacter calcoaceticus* ИМВ В-7241 от природы источника

углерода в среде культивирования (этанол, глицерин, н-гексадекан) и от наличия в нем дрожжевого автолизата и определенных микроэлементов. При культивировании штамма ИМВ В-7241 на всех исследуемых субстратах исключение из состава питательной среды дрожжевого автолизата и смеси микроэлементов сопровождалось снижением антимикробных свойств синтезированных ПАВ. Минимальная ингибирующая концентрация (МИК) поверхностно-активных веществ, синтезированных на этаноле в присутствии дрожжевого автолизата и микроэлементов по отношению к бактериям (*Bacillus subtilis* БТ-2, *Escherichia coli* IEM-1) и дрожжей (*Candida albicans* Д-6) была ниже и составляла 9–20 мкг/мл, по сравнению с МИК ПАВ, синтезированных на глицерине (9–68 мкг/мл) и н-гексадекане (27–54 мкг/мл).

Ключевые слова: *Acinetobacter calcoaceticus* ИМВ В-7241, микробные поверхностно-активные вещества, биопленка, антимикробные свойства, минимальная ингибирующая концентрация.

THE USE OF AGAR-AGAR IN TECHNOLOGY OF SWEET DISHES FOR RESTAURANTS

O. Arpul, O. Usatiuk, A. Tsyhoniako
National University of Food Technologies

Key words:

molecular gastronomy,
spaghetti,
agar-agar,
quality polygon

Article history:

Received 30.05.2015
Received in revised form
2.09.2015
Accepted 5.09.2015

Corresponding author:

kseniya_arp@mail.ru
lленаusatiuk@gmail.com
anyatkatsygoniyako
@ukr.net

ABSTRACT

The possibility of using agar-agar as the gelling agents which allows changing the traditional appearance of the dish for consumer with preserving the nutritional and biological value in the technology of sweet dishes for the restaurants was viewed. The sweet dish such as fruit spaghetti based on fruit and berry materials was developed. The spaghetti was created by injecting the hot liquid with agar-agar into a silicone tube using a syringe. The agar preparation had a concentration of agar of about 0,5 % to obtain a very firm jelly that is flexible but at the same time strong enough to hold its spaghetti shape without breaking when handled carefully. The fruit spaghetti with agar-agar was served cold. The results of organoleptic evaluation of the finished dish in the form of quality polygons were presented. The fruit spaghetti with agar-agar can be used as decoration for the sweet dishes.

ВИКОРИСТАННЯ АГАР-АГАРУ У ТЕХНОЛОГІЇ СОЛОДКИХ СТРАВ ДЛЯ ЗАКЛАДІВ РЕСТОРАННОГО ГОСПОДАРСТВА

О.В. Арпуль, канд. техн. наук
О.М. Усатюк, асистент
А.М. Цигоняко, магістр

Національний університет харчових технологій, м Київ, Україна

Розглянуто можливість використання у технології солодких страв для закладів ресторанного господарства агар-агару як драглеутворювача, який дозволяє змінювати традиційний для споживача зовнішній вигляд страви зі збереженням харчової та біологічної цінності. Розроблено солодку страву, фруктові спагеті, на основі плодово-ягідної сировини. Представлено результати органолептичного оцінювання готової страви у вигляді багатокутників якості.

Ключові слова: молекулярна гастрономія, спагеті, агар-агар, багатокутник якості.

Вступ. Наприкінці ХХ століття з'явилася нова галузь — молекулярна гастрономія, яка почала застосовувати знання з області хімії та фізики до процесу приготування їжі. Основоположниками молекулярної гастрономії були французький вчений Ерве Тис (Herve This) і професор фізики з Оксфорда Ніколас Курті (Nicholas Kurti).

Молекулярна гастрономія — це високі технології на кухні. Здавалося б, все, що можна, вже приготовано і випробувано, але кулінарія продовжує розвиватися. На зміну стилю ф'южн приходить молекулярна кухня, яка змінює консистенцію і зовнішній вигляд страв до невпізнання [1].

На основі аналізу інформації зарубіжних джерел можна виділити ряд методів молекулярної кулінарії, зокрема і драглеутворення з агар-агаром для презентації традиційних

страв у незвичному вигляді. З використанням цього драглеутворювача було розроблено спагеті не як борошняні кулінарні вироби, а як солоді страви. Їх отримують з плодово-ягідної сировини (варення, джеми, протерті плоди та ягоди). Готова страва — це спагеті товщиною близько 3,5 мм і довжиною до 2 м. Такий зовнішній вигляд забезпечують використанням системи, яка складається з силіконових трубок різної довжини і товщини, а також шприца для введення підготовленої маси [2].

Перспективність технології спагеті на основі плодово-ягідної сировини з використанням агар-агару в отриманні страв з підвищеним вмістом мікронутрієнтів, включення яких до харчового раціону сприятиме зміцненню здоров'я людини. Впровадження цієї технології у вітчизняних закладах ресторанного господарства змінить звичне уявлення про спагеті як борошняні кулінарні вироби. До уваги гостей у меню буде представлено десертну страву високої харчової цінності (це вже не борошняні вироби, а драглеподібні фруктові джуги), а споживання такої страви дозволить активізувати всі органи відчуттів людини і одержати гастрономічну насолоду.

Мета досліджень. Метою наукових досліджень було обґрунтування перспективності впровадження спагеті з агар-агару як солодкої страви молекулярної кулінарії у вітчизняних закладах ресторанного господарства.

Для реалізації поставленої мети необхідно було розв'язати такі завдання: розглянути використання агар-агару як драглеутворювача; розробити рецептуру спагеті з апробацією в умовах лабораторії технології продукції ресторанного господарства кафедри молекулярної та авангардної гастрономії; дослідити спагеті за органолептичними показниками, визначивши пріоритетність кожного; порівняти отримані результати із загальноприйнятими вимогами якості; зробити висновок про перспективність впровадження фруктових спагеті як солодкої страви у закладах ресторанного господарства.

Матеріали та методи. Спагеті з агар-агаром є одним із творінь шеф-кухаря молекулярної гастрономії Феррана Адрія і команди ресторану «*El Bulli*». Спеціального обладнання для приготування молекулярних спагеті не потрібно. Отримують їх введенням гарячої підготовленої рідини з розчиненим агар-агаром у силіконову трубку за допомогою шприца.

Рекомендують для зручності та швидкості приготування спагеті використовувати нові трубки для кожної порції, так як процес приготування потребує певної швидкості.

Шприц у цьому методі виконує подвійну функцію: пристрою, за допомогою якого здійснюють введення суміші у трубку, а також пристрою, за допомогою якого здійснюють виштовхування драглеподібних спагеті з силіконової трубки за рахунок надлишкового тиску, що утворюється всередині шприца.

Агар-агар є дуже універсальним драглеутворювачем і може бути використаний для харчових основ з високою концентрацією солі, цукру, спирту, кислот.

Створення спагеті з агар-агару здійснюють у такій послідовності. Посуд наповнюють холодною водою із додаванням кубиків льоду. В іншому посуді змішують агар-агар з розчином одного або суміші харчових інгредієнтів, з яких готують спагеті. Отриманий розчин нагрівають за температури 80...90 °С до закипання, постійно перемішують, проціджують. Наповнюють силіконову трубку підготовленою сумішшю за допомогою шприца з наступним від'єднанням шприца від трубки. Розміщують силіконову трубку із сумішшю у воді з кубиками льоду на 1...2 хв, потім наповнюють шприц повітрям та з'єднують знову з трубкою. Натикають на шприцевий поршень і витискають спагеті з трубки (безпосередньо на порційний посуд для сервірування) [2, 3].

Під час практичної реалізації обраного методу нами було розроблено страву «Чорнична спокуса», до складу якої входило пюре із замороженої чорниці (у весняно-літній період для приготування будуть використовувати свіжу сировину), очищена вода та агар-агар. Як харчову основу було обрано свіжоприготоване пюре, оскільки це дозволить отримати продукт з вираженими смако-ароматичними характеристиками, а також ніжною, м'якою консистенцією, на відміну від драглю, отриманого на основі соків.

Агар-агар (від малайського «агар» — желе) — продукт, суміш полісахаридів агарози і агаропектину, який одержують екстрагуванням з червоних (філофора) і бурих водоростей (*Gracilaria*, *Gelidium*, *Ceramium* тощо), що ростуть у Чорному, Білому морях і Тихому океані. Він є рослинним замінником желатину. У класифікаторі харчових добавок має номер Е 406. Містить близько 1,5...4 % мінеральних солей, 10...20 % води і 70...80 % полісахаридів, не має смаку, на відміну від желатину, якому притаманний м'ясний присмак, що і зумовлює його переваги для використання у технологіях драглеподібних десертів.

Агар використовують у кондитерській промисловості, у виробництві мармеладу, желе, морозива, для отримання м'ясних і рибних холодців, а також під час освітлення соків тощо [4].

Чорниця містять цукру до 8 %, органічних кислот — до 2,7 %, пектинових речовин — до 0,6 %, білка — до 1 %, клітковини — до 1,6 %, вітамінів: С — до 63 мг%, В₁ — до 0,02 мг%, РР — до 550 мг%, каротину — до 0,25 мг% [5]. Ягоди збуджують апетит, посилюють виділення шлункового соку і соку підшлункової залози, стимулюють перистальтику кишечника. Вміст в ягодах чорниці пектинових речовин дозволяє використовувати їх для лікування шлункових захворювань і як профілактичний засіб для працівників шкідливих виробництв, пов'язаних з можливістю потрапляння в організм людини радіоактивних елементів і важких металів [6].

Результати досліджень. Під час приготування солодкої страви здійснювали підбір кількості внесення агар-агару (0,5; 1,0 та 1,5 г на 100 г продукту), з різною міцністю драглю (1200 г/см² і 900 г/см²), а також підбір розведення пюре з водою для одержання фруктових спагеті бажаної консистенції, яка буде відповідати встановленим органолептичним вимогам.

Для проведення органолептичного оцінювання використовували такі зразки: зразок 1 — чисте фруктове пюре; зразок 2 — суміш пюре з водою у співвідношенні 1:0,5; зразок 3 — суміш пюре з водою у співвідношенні 1:1; зразок 4 — суміш пюре з водою у співвідношенні 1:1,5.

Розроблені багатокутники якості [7] представлені на прикладі страви «Чорнична спокуса» (рис. 1, 2).

З рис.1 видно, що за використання молекулярної текстури агар-агар такі параметри, як зовнішній вигляд та колір, залишаються незмінними, а запах, смак та консистенція змінюються в залежності від внесеної кількості агар-агару та розведення пюре з водою.

З багатокутників ми бачимо, що страва з використанням агар-агару у кількості 0,5 г на 100 г пюре та співвідношенням 1:1 (пюре:вода) отримала найвищі бали за всіма показниками.

Приготовані спагеті були довжиною 50 см, однорідного забарвлення, притаманного основному продукту, з гладкою еластичною поверхнею. Без вираженого характерного запаху. Смак притаманний інгредієнтам, без додаткового присмаку текстури (агар-агар). Консистенція драглеподібна, ніжна.

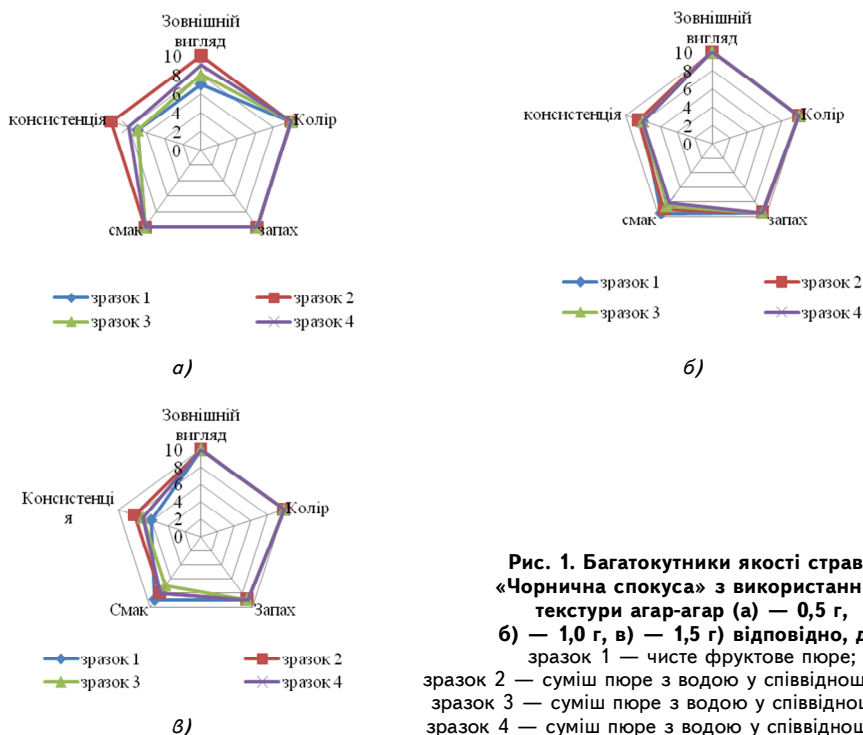


Рис. 1. Багатокутники якості страви «Чорнична спокуса» з використанням текстури агар-агар (а) — 0,5 г,

б) — 1,0 г, в) — 1,5 г) відповідно, де:

зразок 1 — чисте фруктове пюре;

зразок 2 — суміш пюре з водою у співвідношенні 1:0,5;

зразок 3 — суміш пюре з водою у співвідношенні 1:1;

зразок 4 — суміш пюре з водою у співвідношенні 1:1,5

Слід відзначити, що для цих солодких став, фруктових спагеті, серед органолептичних показників вагоме значення набуває консистенція, оскільки під час збільшення чи зменшення кількості внесеної текстури і розведення з водою її показники коливаються від не застиглої драглеподібної, рихлої маси до пружних драглів, які набували крихкості і призводили до незручностей, неможливого безпосереднього сервірування страви (спагеті) на підготовлену тарілку.

Важливо використовувати агар-агар з міцністю драглю 1200 г/см^2 , у разі використання агару з нижчою міцністю (900 г/см^2) драглів спостерігалися значні відхилення органолептичних показників від встановлених вимог (рис. 2).

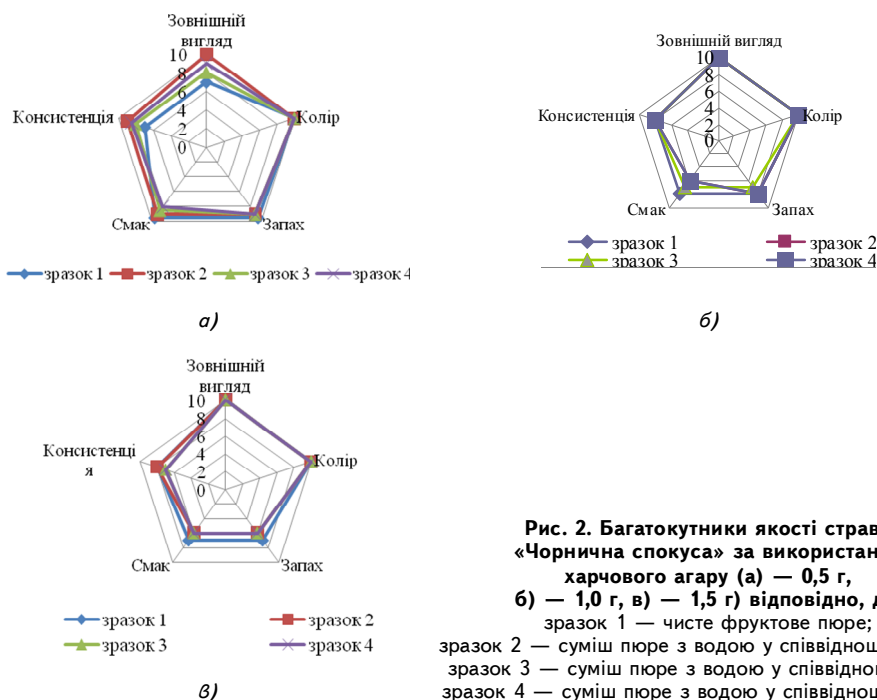


Рис. 2. Багатокутники якості страви «Чорнична спокуса» за використання харчового агару (а) — 0,5 г, б) — 1,0 г, в) — 1,5 г) відповідно, де:

зразок 1 — чисте фруктове пюре;
зразок 2 — суміш пюре з водою у співвідношенні 1:0,5;
зразок 3 — суміш пюре з водою у співвідношенні 1:1;
зразок 4 — суміш пюре з водою у співвідношенні 1:1,5

З рис. 2 видно, що при додаванні агар-агару, що утворює менш міцні драгли, консистенція змінюється в залежності від внесеної кількості агар-агару та розведення пюре з водою. Жоден із зразків не набув бажаної консистенції.

Висновки. Проведені дослідження підтверджують, що розроблена солодка страва (фруктові спагеті з агар-агаром), отримана методом молекулярної гастрономії, має специфічний зовнішній вигляд, неочікуваний для гостей закладів ресторанного господарства. Приготовані з свіжопротертого чорничного пюре спагеті з внесеним у кількості 0,5 % агар-агаром були однорідного кольору, притаманного основному інгредієнту, з гладкою еластичною поверхнею, без вираженого характерного запаху. Смак був притаманний вихідній сировині без додаткового присмаку текстури (агар-агар), а консистенція — драглеподібна, ніжна. Отримано еластичні (не крихкі) спагеті, що зберігають форму під час оформлення та подавання страви.

Включення розробленої солодкої страв до меню закладів ресторанного господарства сприятиме розширенню асортименту ресторанної продукції, а споживання таких фруктових спагеті буде пов'язано з естетичним та гастрономічним задоволенням.

ЛІТЕРАТУРА

1. Алексеев Д. Молекулярная кухня / Д. Алексеев // Взгляд; Деловая газета. — 2007. — №38. — С. 22 — 27.
2. Agar Agar Spaghetti [Електронний ресурс] — Режим доступу до ресурсу: <http://www.molecularrecipes.com/gelification/agar-agar-spaghetti/>.

3. Hill, Brendan. Molecular gastronomy: research and experience / Brendan Hill. — Melbourne: ISS Institute, 2009. — 138 p.
4. Аймесон А. Пищевые загустители, стабилизаторы, гелеобразователи: пер. с англ. / А. Аймесон. — СПб.: Профессия, 2012. — 408 с.
5. Skupie K. Evaluation of chemical composition of fresh and frozen blueberry fruit / Katarzyna Skupie // Acta Sci. Pol., Hortorum Cultus. — 2006. — №5. — P. 19 — 25.
6. Bioactive Properties of Wild Blueberry Fruits / M. A. L. Smith¹, K.A. Marley¹, D. Seigler etc. // Journal of Food Science. — 2000. — Volume 65, Issue 2. — P. 352—356.
7. Корецька І.Л. Оцінювання нових харчових виробів за допомогою критерію «Багатокутник якості» / І. Л. Корецька, Т. В. Зінченко // Наукові праці НУХТ. — 2003. — №14. — С. 64 — 65.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АГАР-АГАРА В ТЕХНОЛОГИИ СЛАДКИХ БЛЮД ДЛЯ ЗАВЕДЕНИЙ РЕСТОРАННОГО ХОЗЯЙСТВА

О.В. Арпуль, Е.М. Усатюк, А.М. Цигоняко

Национальный университет пищевых технологий

Рассмотрена возможность использования в технологии сладких блюд для заведений ресторанного хозяйства агар-агара как студнеобразователя, который позволяет изменить традиционный для потребителя внешний вид блюда с сохранением пищевой и биологической ценности. Разработано сладкое блюдо, фруктовые спагетти, на основе плодово-ягодного сырья. Представлены результаты органолептического оценивания готового блюда в виде многоугольников качества.

Ключевые слова: молекулярная гастрономия, спагетти, агар-агар, многоугольник качества.

TECHNOLOGY OF MILK ICE-CREAM WITH THE PRODUCTS OF A PUMPKIN PROCESSING

A. Zgurskyu

National University of Food Technologies

Key words:

products of processed pumpkin, milk vegetable mixtures, freezing, ice-cream

Article history:

Received 6.04.15

Received in revised form 6.06.2015

Accepted 9.06.2015

Corresponding author:

andrey_zgurskiy@mail.ru

ABSTRACT

The article presents the results of research use of products pumpkin processed products — pumpkin puree of fresh pumpkin and pumpkin powder in milk ice cream technology.

The research aimed at developing technologies of milk ice cream using pectin-containing domestic raw materials that contain natural structuring and biologically active substances. The rational processing modes of freezing mixtures for milky-vegetable ice cream. The optimum content of dry matter of pumpkin compared to traditionally used stabilization systems that ensure the formation of high physical and chemical parameters of soft ice cream are determined.

Confirmed the applicability of standard devices of periodic action for freezing milk-pumpkin mixture. Determined the nutritional value of ice cream

ВИКОРИСТАННЯ ПРОДУКТІВ ПЕРЕРОБЛЕННЯ ГАРБУЗА ПРИ ВИРОБНИЦТВІ МОЛОЧНОГО МОРОЗИВА

А.В. Згурський, асистент

Національний університет харчових технологій

В статті наведено результати дослідження застосування продуктів перероблення гарбуза — пюре зі свіжого гарбуза та порошку з гарбуза в технології молочного морозива. Дослідження спрямовані на розроблення технології молочного морозива з використанням вітчизняної пектиновмісної сировини, що містить натуральні структуруючі та біологічно-активні речовини. Визначено раціональні режими фризирования сумішей для молочно-овочевого морозива. Встановлено оптимальний вміст сухих речовин гарбуза порівняно з традиційно використовуваними стабілізаційними системами, що забезпечують формування високих фізико-хімічних показників м'якого морозива.

Ключові слова: продукти перероблення гарбуза, молочно-овочеві суміші, фризирования, морозиво.

Вступ. На сьогодні серед технологів-виробників морозива та науковців слід відзначити відсутність універсальних розробок, щодо комбінування молочної та овочевої сировини. Більшість вчених обмежують коло наукових інтересів лише комбінуванням молочної сировини з сировиною на основі томатів, буряку, моркви, капусти, топінамбуру [1—3]. При цьому в науковій літературі відсутні ґрунтовні і систематизовані дослідження щодо комбінування молочної та овочевої сировини та впливу технологічних чинників на функціонально-технологічні властивості останньої.

Високий вміст води у тканинах овочів зумовлює обмеження кількості їх внесення у суміші без попередньої підготовки, під час якої відбувається концентрування сухих речовин (наприклад, порошки, пасти, концентрати, підварки та ін.). Свіжі овочі можна застосовувати лише в технологіях продуктів, до складу яких у достатній кількості входить вода питна. Саме такою групою продуктів є морозиво з овочами.

З аналізу технології морозива з овочами на молочній основі можна відмітити наступне [1, 4]:

- в якості овочевої сировини у складі морозива переважно застосовують попередньо виготовлені напівфабрикати або продукти переробки: соки, порошки, пасти;
- типові рецептури морозива з овочами обмежуються лише групою морозива вершкового;
- наявність овочевої сировини, що містить значну кількість пектинових речовин, не знижує стандартну закладку стабілізаторів структури. Розробники рецептур не враховують можливу технологічно-функціональну стабілізуючу дію окремих сполук овочевої сировини, зокрема пектину;
- пектиновмісна овочева сировина вітчизняного виробництва може застосовуватись у складі морозива значно ширше;
- подвійне теплове оброблення овочевої сировини суттєво знижує її біологічну цінність.

Враховуючи вищезазначене авторами було розроблено технологію морозива з комбінованим складом на основі використання продуктів перероблення гарбуза та доведено можливість виробництва морозива молочного без додаткового застосування стабілізаторів структури, використовуючи пектиновмісну овочеву сировину, яка володіє структуруючими, емульгуючими, стабілізуючими та збагачувальними властивостями.

Метою науково-дослідної роботи є розроблення нових видів морозива з натуральними компонентами на основі овочевої сировини.

Матеріали і методи досліджень. Для досліджень було обрано гарбуз сорту Мускатний, який відрізняється високим вмістом каротиноїдів, пектинових речовин та має стабільну, високу урожайність географічних регіонах України [5]. Гарбуз свіжий вказаного сорту містить 8...14 % сухих речовин залежно від пори року та способу зберігання, що відповідає вимогам ДСТУ 3190–95 «Гарбузи продовольчі свіжі. Технічні умови». Враховуючи, що гарбуз є сезонною сировиною з високим вмістом води та зберігання якого у свіжому вигляді протягом тривалого часу потребує додаткових площ та енерговитрат, окрім гарбуза свіжого авторами було також запропоновано як альтернативний вид овочевої сировини порошок з гарбуза, отриманий за допомогою конвективно-вакуумного сушіння, масова частка вологи якого становить 6...8 % відповідно до ТУ У 15.3-05417118.024–2002.

Під час виконання науково-дослідної роботи використовували стандартні, , удосконалені та спеціальні методи досліджень: фізичні (кріоскопічна температура та збитість і опір таненню морозива, температура сумішей і морозива, мікроструктурний аналіз харчових дисперсних систем); фізико-хімічні (визначення масової частки жиру, загального вмісту сухих речовин, вмісту β -каротину); органолептичні; мікробіологічні та математично-статистичні (для математичного моделювання й статистичного оброблення експериментальних даних).

Результати досліджень. Попередньо авторами було доведено здатність сировини з гарбуза виконувати структуруючу та емульгуючу дії в молочно-овочевих системах [6, 7].

Особливість розробленої технології виробництва молочного морозива полягає в використанні пюре зі свіжого гарбуза та порошку з гарбуза у кількості 4...5 % за сухими речовинами гарбуза від загальної маси суміші, що досягається шляхом виключення частини води з її складу. Застосування 5 % сухих речовин гарбуза забезпечує отримання морозива молочного з якісними показниками, характерними для продукту, виготовленому на основі сучасних стабілізаційних систем.

Технологія морозива з продуктами перероблення гарбуза передбачає: пастеризацію сумішей при температурі 85 °C протягом 5-60 с та їхню гомогенізацію за тиску не нижче 15 МПа, що забезпечує активацію технологічних властивостей овочевої сировини. Також виключено подвійну теплову обробку овочевої сировини, що дозволяє знизити енергетичні витрати, підвищити біологічну цінність продукту та в цілому спростити технологічну схему виробництва морозива даного виду. Відмінність технології морозива на основі пюре зі свіжого гарбуза та порошку з гарбуза полягає в особливостях підготовки овочевої сировини. У разі використання свіжого гарбуза плоди очищують від шкірки та насіння та подрібнюють до розміру часток 0,5...3,0 мм. Порошок з гарбуза попередньо просіюють, змішують з частиною цукру та гідратують. Процес гідратації можна проводити як під час відновлення сухих речовин молока, так і окремо, використовуючи частину води чи/або молока за рецептурою. Підготовлену овочеву сировину вносять у молочну основу та направляють на пастеризацію. Апаратурно-технологічну схему одержання молочного морозива з продуктами перероблення гарбуза наведено на рис. 1.

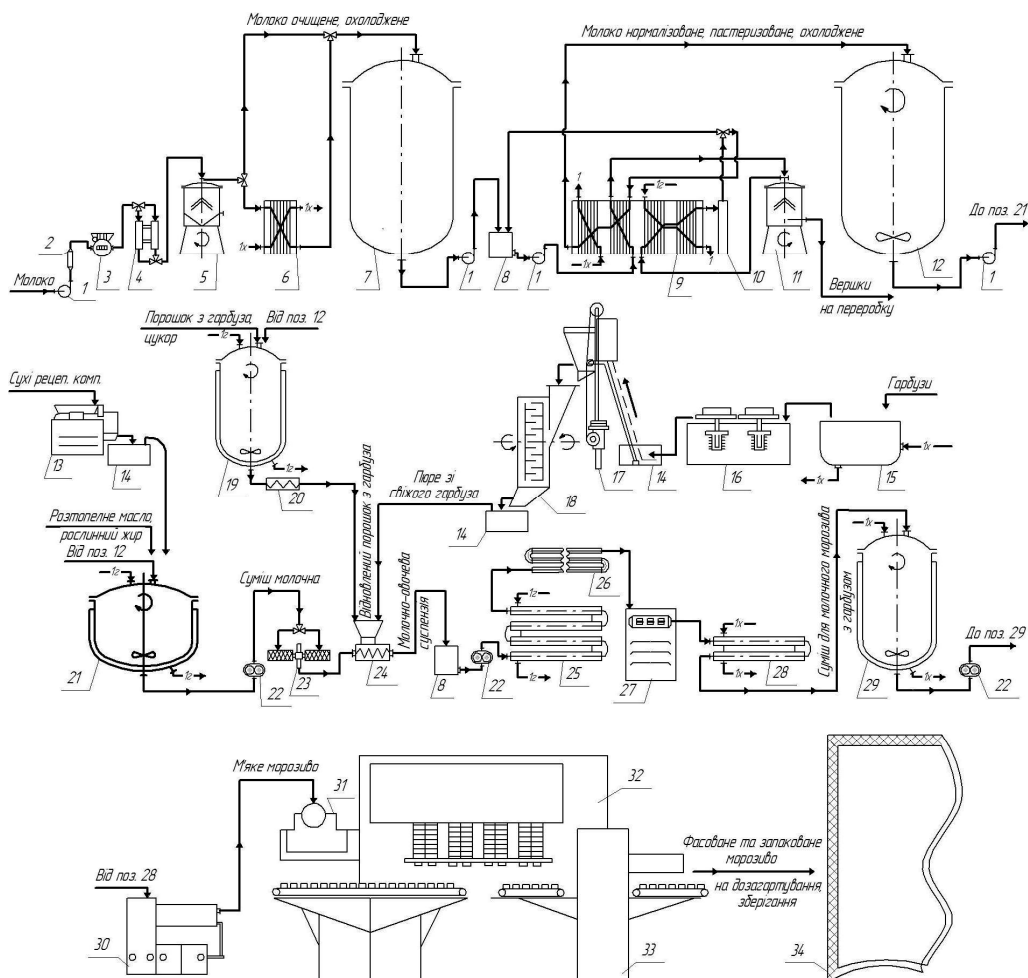


Рис. 1 Апаратурно-технологічна схема

виробництва морозива молочного з продуктами перероблення гарбуза:

- 1 — насос; 2 — деаератор; 3 — лічильник; 4 — фільтр; 5 — сепаратор-молокоочишник;
 6 — пластинчастий теплообмінник; 7 — збірник для зберігання молока; 8 — зрівноважувальний бачок; 9 — пластинчаста ПОУ; 10 — пульт керування; 11 — сепаратор-нормалізатор;
 12 — збірник для пастеризованого молока; 13 — просіювальна машина; 14 — візок;
 15 — ванна; 16 — машина для очищення гарбузів; 17 — підйомник; 18 — протиручна машина;
 19 — збірник для відновлення порошку з гарбуза; 20 — насос одновинтовий; 21 — збірник для приготування суміші; 22 — насос шестерний; 23 — фільтр; 24 — потоковий змішувач;
 25 — трубчастий пастеризатор; 26 — витримувач; 27 — гомогенізатор; 28 — трубчастий охолоджувач; 29 — збірник для визрівання суміші; 30 — фризери; 31 — фасувальний автомат;
 32 — камера загартування; 33 — пакувальний автомат; 34 — морозильна камера.

В ході виконання поставлених задач досліджено динаміку збивання сумішей та диспергування повітряної фази морозива з продуктами перероблення гарбуза під час фризирования (рис. 2), порівняно з морозивом молочним, що містить стабілізаційну систему Cremodan SE 406 у кількості 0,6 %. Дослідні виробки проводили на фризери періодичної дії «Ельбрус-400».

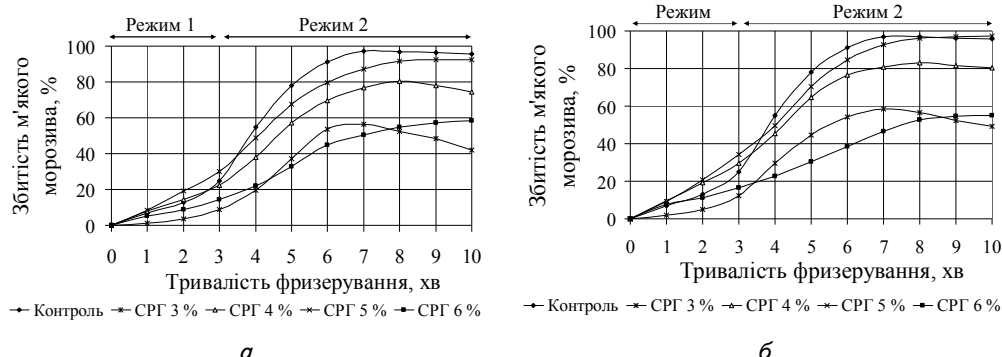


Рис. 2. Динаміка зміни збитості в процесі фризювання морозива молочного з пюре зі свіжого гарбуза (а) та з порошком із гарбуза (б)

Визначено рекомендовану тривалість фризювання молочно-гарбузових сумішей з вмістом сухих речовин гарбуза 4...5 % яка становить 7-60 с, що забезпечує високий ступінь дисперсності повітряної фази (50,8... 43,6 мкм) та достатньо високу збитість (80,9...87,3 %).

Подовження фризювання для систем, що містять сухих речовин гарбуза (СРГ) 5 % на (1...2)·60 с підвищує збитість, яка досягає рівня контрольної суміші (92,3 %). Проведені контрольні виробки морозива підтверджено можливість застосування типових апаратів періодичної дії для фризювання молочно-гарбузових сумішей без додаткового переоснащення технологічних ліній.

Формування структури морозива з продуктами перероблення гарбуза з вмістом СРГ 5 % проходить довше, порівняно з морозивом із стабілізаційною системою, що сприятиме збереженню структурних властивостей м'якого морозива за необхідності його тимчасового зберігання в циліндрі фризера. Встановлено, що дисперсність повітряної фази у молочних сумішах на основі гарбуза в середньому на 20...25 % вища порівняно з сумішшю на основі стабілізаційної системи, проте збитість цих сумішей менша на 12...17 %. Опір таненню для сумішей з вмістом СРГ 4 та 5 % становить 47,8-60 с та 55,4-60 с, відповідно, за середнього діаметра повітряних бульбашок 50,8...43,6 мкм.

Зразки сумішей для морозива молочно-овочевого, порівняно з молочною сумішшю, характеризуються більшим мікробіологічним обміненням за рахунок застосування овочевої сировини, яка в процесі підготовки безпосередньо контактує з обладнанням, повітрям, руками робочих та ін. Встановлено, що обрані технологічні режими теплового оброблення сумішей (пастеризація при температурі 85 °С з витримкою 5-60 с) забезпечують одержання морозива, яке відповідає нормативним вимогам ДСТУ 4733:2007 щодо мікробіологічних показників для даного виду продукції.

Враховуючи високий вміст каротиноїдів у складі застосовуваної сировини з гарбуза, досліджено зміну вмісту β -каротину в морозиві молочному з продуктами перероблення гарбуза в процесі виробництва та впродовж зберігання.

Таблиця. Зміна вмісту β -каротину в морозиві молочному з продуктами перероблення гарбуза при зберіганні

Зразок	Тривалість зберігання, міс.	Масова частка β -каротину			
		На основі пюре зі свіжого гарбуза (5 % СРГ)		На основі порошку з гарбуза (5 % СРГ)	
		мг %	% до початкового	мг %	% до початкового
Суміш до теплового та механічного оброблення	—	4,10 $\pm$ 0,18	100	2,84 $\pm$ 0,13	100
Суміш після теплового та механічного оброблення	—	3,96 $\pm$ 0,17	96,6	2,75 $\pm$ 0,12	96,8
Морозиво м'яке	0	3,92 $\pm$ 0,15	95,6	2,73 $\pm$ 0,11	96,1
Морозиво загартоване	2	3,91 $\pm$ 0,14	95,4	2,71 $\pm$ 0,12	95,4
	4	3,91 $\pm$ 0,16	95,4	2,70 $\pm$ 0,12	95,1
	6	3,90 $\pm$ 0,15	95,2	2,70 $\pm$ 0,10	95,1
	8	3,89 $\pm$ 0,13	95,0	2,65 $\pm$ 0,11	93,3

Встановлено, що під час виробництва та зберігання морозива молочного з продуктами перероблення гарбуза — $(24 \pm 2)^\circ\text{C}$ впродовж 12 місяців загальні втрати β -каротину складають 9,7 та 10,2 % для морозива, виготовленого на основі пюре зі свіжого гарбуза та порошку з гарбуза, відповідно. До 38...45 % від усіх втрат припадає на процес виробництва морозива, а 62...55 % на його зберігання.

Встановлено, що морозиво молочне, виготовлене на основі пюре зі свіжого гарбуза, за такими показниками якості, як збитість, опір таненню, дисперсність повітряної фази практично не поступається (5...7 % від абсолютного значення) за показниками якості морозиву, виготовленому на основі порошку з гарбуза (рис. 3).

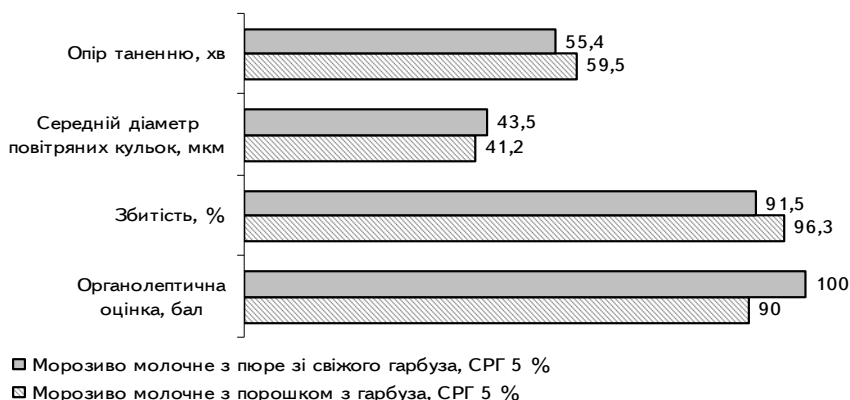


Рис. 3. Показники якості молочного морозива виготовленого на основі різної сировини з гарбуза

Проте воно характеризується кращою органолептичною оцінкою, різниця складає 10 балів. Морозиво, виготовлене на основі порошку, за рахунок попереднього теплового впливу під час сушіння гарбуза набуває присмаку карамелізації, який може бути прихований за допомогою харчосмакових наповнювачів.

Висновки. В результаті проведеної науково-дослідної роботи розробленню технології молочного морозива з використанням сировини, що містить натуральні структуроутворювачі та біологічно-активні речовини та спрямована на реалізацію нових технологічних рішень щодо формування та стабілізації його структури й підвищення харчової цінності шляхом застосування технологічно-функціональної овочевої сировини — пюре зі свіжого гарбуза та порошку з гарбуза.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Справочник по производству мороженого* / [Оленев Ю.А., Творогова А.А., Казакова Н.В., Соловьева Л.Н.]. — М.: ДеЛи Принт, 2004. — 798 с.
2. *Кулиев Н.Ш.* Мороженое с фруктово-овощными стабилизаторами / Н.Ш. Кулиев, Б.Х. Саломов, М.З. Ашурова // *Пищевая промышленность*. — 2008. — № 3. — С. 38—39.
3. *Marshall R.T.* Ice Cream / Marshall R.T., Goff H.D., Hartel R.W. — [6th Edn.] — N. Y. : Kluwer Academic, 2003. — 371 p.
4. *Типова технологічна інструкція з виробництва морозива молочного, вершкового, пломбіру; плодово-ягідного, ароматичного, щербету, льоду; морозива з комбінованим складом сировини* : ТТІ 31748658—1—2007. — [Чинна від 2008—01—01]. — К.: Асоціація українських виробників «Українське морозиво та заморожені продукти», 2007. — 100 с.
5. *Садыгов К.Д.* Использование и переработка тыквы / [Садыгов К.Д., Дажикаев Ю.М., Сарыев Э.Г., Остапчук Н.В.]. — Одесса, 1993. — 90 с.

6. Дослідження реологічних характеристик молочно-овочевих сумішей для виробництва морозива / А.В. Згурський, Г.Є. Поліщук, Є.І. Ковалевська, І.О. Крапивницька // Щоквартальний науково-виробничий журнал Одеської нац. ак. харч. техн. «Харчова наука і технологія». — 2011. — №2. — С. 115-118.

7. Диспергування жирової фази при виробництві молочно-овочового морозива / [А.В. Згурський, Г.Є. Поліщук, Н.І. Вовкодав, Н.М. Бреус] // Наука та інновації. — 2012. — Т. 8, № 4, — С. 40—44.

ТЕХНОЛОГИЯ МОЛОЧНОГО МОРОЖЕНОГО С ПРОДУКТАМИ ПЕРЕРАБОТКИ ТЫКВЫ

А.В. Згурский

Национальный университет пищевых технологий

В статье приведены результаты исследования применения продуктов переработки тыквы — пюре из свежей тыквы и порошка из тыквы в технологии молочного мороженого. Исследования направлены на разработку технологии молочного мороженого с использованием отечественного пектиносодержащего сырья, содержащего натуральные структурирующие и биологически активные вещества. Определены рациональные режимы фризирования смесей для молочно-овощного мороженого. В сравнении с традиционно используемыми стабилизационными системами установлено оптимальное содержание сухих веществ тыквы, которые обеспечивают формирование высоких физико-химических показателей мягкого мороженого.

Ключевые слова: продукты переработки тыквы, молочно-овощные смеси, фризирование, мороженое.

LINEN EXTRACT EFFECT ON CHEMICAL COMPOSITION OF GRANULATED FEED MIXTURES

O. Shapovalenko, T. Yaniuk, O. Yevtushenko, T. Trakalo

National University of Food Technologies

Key words:

feed mixture, granulation,
crude protein

Article history:

Received 24.05.2015
Received in revised form
10.06.2015
Accepted 15.06.2015

Corresponding author:

tmipt_xp@ukr.net

ABSTRACT

The article presents the results of the study of the chemical composition of feed mixtures before and after granulation.

To organize feeding animals can only be a detailed account of the needs of age groups for energy, nutrients, knowing the composition and nutritional value of feed. To increase the efficiency of animal feed and feed mixtures of granulated.

Analysis of the data presented in the paper shows that the introduction of flaxseed extract leads to changes in the state of biopolymers, starch, protein, fat and significantly improves the feeding value of feed mixtures. Relevance of the article is because the introduction of linen water-based extract of the cereal mixes will dramatically increase the feeding value due to high content of starch and protein, and promotes energy value and improves the digestibility of feed.

ВПЛИВ ЛЛЯНОГО ЕКСТРАКТУ НА ХІМІЧНИЙ СКЛАД ГРАНУЛЬОВАНИХ КОРМОВИХ СУМІШЕЙ

О.І. Шаповаленко, д-р техн. наук

Т.І. Янюк, О.О. Євтушенко, канд. техн. наук

Т.О. Тракало, аспірант

Національний університет харчових технологій

В статті наведено результати дослідження хімічного складу кормових сумішей до та після гранулювання. Аналіз даних представлених в роботі показує, що введення лляного екстракту приводить до зміни стану біополімерів: крохмалю, білків, жирів і значно покращує кормову цінність кормових сумішей.

Ключові слова: кормові суміші, гранулювання, сирий протеїн.

Вступ. Розвиток в Україні ринкових відносин потребує реального прогнозування основних шляхів розвитку галузей агропромислового комплексу серед яких однією з найважливіших, що формують ринок продовольства, є тваринництво. Комбікормове виробництво відіграє важливу роль в розвитку тваринництва. Виготовлення комбікормів, які застосовуються для балансування кормових раціонів сільськогосподарських тварин, органічно пов'язане зі станом тваринництва у країні, підвищення ефективності якого нерозривно пов'язане з розвитком кормовиробництва.

Розвиток вітчизняного ринку комбікормів та ефективного функціонування комбікормової галузі потребує опрацювання і введення в дію нормативно-правових актів та нормативних документів ринкового характеру.

Однією з головних проблем розвитку комбікормової галузі є формування сировинної бази та її використання. Завантаження виробничих потужностей потребує розширення та ефективного використання сировини.

Співставлення прогнозів потреби з наявними ресурсами комбікормової сировини вказує на її значний дефіцит як зернової, так і високобілкової. Виробництво повноцінних комбікормів передбачає використання кормових відходів різних галузей [1].

З всіх факторів навколишнього середовища найбільший вплив на продуктивність тварин має годування. З корму тварина отримує структурний матеріал для побудови тканини, енергію і речовини, що регулюють обмін речовин. Хороша кормова база — головна умова успішного розвитку тваринництва. Для тваринництва важливо не тільки кількість, але і якість кормів, яке визначається вмістом в них поживних речовин [2].

Правильно організувати годівлю тварин, можна тільки при детальному врахуванні потреб вікових груп в енергії, поживних речовинах, знаючи склад і поживну цінність кормів.

Для підвищення ефективності використання комбікормів та кормових сумішей їх гранулюють. Мета процесу гранулювання полягає в механічній обробці сипких компонентів під тиском. В процесі пресування комбікормам та кормовим сумішам надають форму і розміри, які були б зручні для годування сільськогосподарських тварин [3].

Процес гранулювання потрібний в першу чергу для консервування корму. Крім того, гранулювання зменшує об'єм, перешкоджає розшаруванню суміші та зменшує поверхню, яка може бути пошкоджена мікробіологічними організмами. З'являється можливість точно контролювати пропорції інгредієнтів [4].

Гранульований комбікорм широко використовується для відгодівлі тварин як у фермерських господарствах так і в приватних господарствах населення. Зазвичай перед гранулюванням сировина проходить гідротермічну обробку, завдяки їй комбікорм піддається структурно-механічним та біохімічним змінам. В результаті цього продукт набуває необхідну для пресування в'язкість.

Усі шматочки корму виглядають однаково, і мають спільний склад. В результаті цього тварини не мають можливості обирати окремі компоненти корму і харчуються збалансовано.

Мета роботи. Дослідження хімічного складу кормових сумішей, до та після гранулювання.

Об'єкти та методи дослідження. До складу сумішей входили: кукурудза, пшениця та лляний екстракт на основі води, що використовували в якості пластифікатору. Лляний екстракт на основі води отримували шляхом обробки в пульсаційному диспергаторі за рахунок дії процесу кавітації на продукт. Екстракт вводили в зернову суміш у кількості 20, 15 та 10 %. Зернові компоненти суміші були подрібнені до розмірів 1 мм. Показники хімічного складу суміші до гранулювання (на суху речовину) наведені у табл. 1.

Таблиця 1. Хімічний склад зернової суміші з додаванням лляного екстракту на основі води

Показник	Кукурудза — 40 % Пшениця — 40 % Лляний екстракт на основі води — 20 %	Кукурудза — 45 % Пшениця — 40 % Лляний екстракт на основі води — 15 %	Кукурудза — 45 % Пшениця — 45 % Лляний екстракт на основі води — 10 %
Вологість, %	20,9	19,9	18,6
Крохмаль, %	76,83	75,58	71,53
Декстрини, %	7,5	7,2	7,6
Сирий протеїн, %	29,3	28,7	28,1
Сирий жир, %	6,00	5,30	4,87
Сира клітковина, %	4,8	5,0	5,1
Сира зола, %	6,00	5,87	5,70

Аналіз результатів. З даних наведених у табл. 1, видно, що вологість сумішей до гранулювання становила 18,6 — 20,9 % на суху речовину, що дає змогу гранулювати їх без попереднього зволоження. Кількість крохмалю знаходиться в межах 71,53 — 76,83, а кількість сирого протеїну становила — 28,1 — 29,3 %.

Показники хімічного складу суміші (на суху речовину) після гранулювання наведені у табл. 2.

В результаті проведених досліджень були встановлені режими гранулювання для створених сумішей, та визначені хімічні показники якості гранульованих сумішей кукурудзи, пшениці та лляного екстракту на основі води.

Вологість сумішей на суху речовину після гранулювання, знаходилась в межах 15,3 — 15,6 % або 13,3 — 13,5 % на загальну масу, що відповідає встановленим нормам.

Таблиця 2. Хімічний склад гранульованих сумішей

Показник	Кукурудза — 40 % Пшениця — 40 % Лляний екстракт на основі води — 20 %	Кукурудза — 45 % Пшениця — 40 % Лляний екстракт на основі води — 15 %	Кукурудза — 45 % Пшениця — 45 % Лляний екстракт на основі води — 10 %
Вологість, %	15,6	15,5	15,3
Крохмаль, %	56,41	57,86	55,06
Декстрини, %	21,04	20,09	19,6
Сирий протеїн, %	24,3	23,4	22,9
Сирий жир, %	5,10	4,61	4,50
Сира клітковина, %	4,06	4,28	4,38
Сира зола, %	4,04	3,46	3,28

Під час гранулювання внаслідок прогрівання суміші змінюється стан біополімерів: крохмалю, білків, жирів тощо. Це сприяє їх гідролітичному розкладу, особливо при температурі, оптимальній для дії ферментів.

В результаті проведених досліджень встановлено, що в процесі гранулювання зернових сумішей зменшується кількість крохмалю з 71,53...76,83 до 55,06...56,41 %. Клейстеризація крохмалю сприяє активній деполімеризації його молекул під дією амілаз з утворенням декстринів і цукрів, що підвищує доступність поживних речовин для організму тварини.

Гідротермічна обробка викликає денатурацію білка, впливає на розчинність його фракцій та їх співвідношення. Порівнюючи суміші до гранулювання вміст білку був у межах 28,1 — 29,3 %, а після гранулювання показник дещо зменшився і становив 22,9 — 24,3 %. Проте слід відмітити і позитивний результат денатурації білків — здатність до ферментативного розпаду білків, що значно покращує перетравлюваність корму.

Зернові культури, що використовуються для виробництва корму відрізняються одна від одної за вмістом сирого жиру, та не завжди містять потрібну кількість для забезпечення потреб тварини. Використання лляного екстракту на основі води, що містить у своєму складі значну кількість жиру, сприяє підвищенню загального вмісту жиру в кормі.

Проте в процесі гранулювання спостерігається зменшення кількості жиру у сумішах. Кількість сирого жиру становить 4,50...5,10 %. Це пояснюється тим, що під дією температури та тиску відбувається утворення комплексних сполук жиру з вуглеводами та білками, що перешкоджає повному виділенню жиру, так як він знаходиться у зв'язаній формі.

Теплова обробка практично не впливає на вміст мінеральних компонентів в кормі, проте іноді можливі зміни в їх засвоєнні тваринами.

Висновки. Таким чином, на основі проведених досліджень, можна сказати наступне:

1. Досліджено хімічні показники кормових сумішей до та після гранулювання.
2. Введення лляного екстракту на основі води до складу зернових сумішей дозволить значно підвищити кормову цінність завдяки значному вмісту крохмалю, жиру та білку, а також сприяє підвищенню енергетичної цінності і покращує перетравність корму.
3. Оптимальна кількість лляного екстракту на основі води, який вводиться в зернову суміш, становить 20%.

ЛІТЕРАТУРА

1. Козаченко О.І. Цінова політика в діяльності комбікормових підприємств / О.І. Козаченко // Агроінком. — 2007. — № 11 — 12. — С. 50 — 53.
2. Електронний ресурс. — Режим доступу: <http://webfermer.org.ua>, 22.09.2015
3. Правила організації і ведення технологічних процесів на комбікормових виробництвах. — К.: Віпол, 1998. — С. 219.
4. Афанасьев В.А. Теория и практика специальной обработки зерновых компонентов в технологи комбикормов. / В.А. Афанасьев — Воронеж: Воронежский государственный университет, 2002 — 296 с.

ВЛИЯНИЕ ЛЬНЯНОГО ЭКСТРАКТА НА ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ГРАНУЛИРОВАННЫХ КОРМОВЫХ СМЕСЕЙ

О.И. Шаповаленко, Т.И. Янюк, О.А. Евтушенко, Т.А. Тракало

Национальный университет пищевых технологий

В статье приведены результаты исследований определения химического состава кормовых смесей до и после гранулированных. Анализ данных представленных в работе показывает, что введение льняного экстракта приводит к изменению состояния биополимеров: крахмала, белков, жиров и значительно улучшает кормовую ценность кормовых смесей.

Ключевые слова: кормовые смеси, гранулирование, сырой протеин.

INFLUENCE OF SURFACE ACTIVE SUBSTANCES ON THE RHEOLOGICAL PROPERTIES OF CHOCOLATE FROST

M.L. Zemelko, O.V. Chervakov

Ukrainian State University of Chemical Technology

V.V. Mank

National University of Food Technologies

Key words:

surface active substances, viscosity, chocolate frosts.

Article history:

Received 7.03.2015

Received in revised form 15.05.2015

Accepted 20.05.2015

Corresponding author:

tmipt_xp@ukr.net

ABSTRACT

The rheological properties of chocolate frosts which contains in their structure a cocoa oil, cocoa substrate, sugar and surface active substances was investigated.

In towards of chocolate frost thinning cocoa oil reducing in the frosts formula the next surface active substances was used: soy lecithin, monoglycerides and the mixture of mono-, di- and triglycerides of palm oil.

The dependence of viscosity changes of chocolate frosts on the concentration of surfactants was analyzed.

It was established that the mixture of mono-, di- and triglycerides addition in qt. of 0.4–0.6 wt. % provide to viscosity reducing up to 3,2–2,3 Pa · sec.

Also determined the affectivity of surface active substances in their ability to diluting. For the mixture of mono-, di- and triglycerides, it was 0.8 wt. %.

The results data shows that mixture of mono-, di- and triglycerides of palm oil can be recommended as a frosts component.

ВПЛИВ ПОВЕРХНЕВО-АКТИВНИХ РЕЧОВИН НА РЕОЛОГІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ШОКОЛАДНИХ ГЛАЗУРЕЙ

М.Л. Земелько, д-р хім. наук, О.В. Черваков, д-р техн. наук

Український державний хіміко-технологічний університет

В.В. Манк, д-р хім. наук

Національний університет харчових технологій

Проведено дослідження реологічних властивостей шоколадних глазурей, які містять у своєму складі какао-масло, какао терте, цукор та поверхнево-активні речовини. Проаналізовано залежність зміни в'язкості від концентрації поверхнево-активних речовин. Визначено, що додавання суміші моно-, ди- і тригліцеридів, синтезованих методом гліцеролізу, в концентрації 0,4–0,6 % знижує в'язкість до 3,2–2,3 Па · с.

Ключові слова: поверхнево-активні речовини, в'язкість, шоколадна глазур.

Вступ. Серед кондитерських виробів особливе місце займають глазуровані кондитерські вироби та шоколад, основними компонентами яких є какао-масло і какао терте, які одержують з імпортової сировини — какао бобів. При виробництві шоколадних глазурей особливу увагу приділяють зниженню в'язкості композицій і зменшенню витрати какао продуктів і, в першу чергу, какао-масла. Глазур уповільнює процеси окислення, черствіння, попадання води, тим самим подовжуючи терміни придатності виробу, а також забезпечує зовнішню привабливість, композиційну завершеність і смакову палітру продукту [1].

Шоколадні глазурі є багатокомпонентними сумішами. В розплавленому стані, при якому здійснюються всі технологічні процеси, вони являють собою дисперсні системи. Однією з основних технологічних проблем є необхідність зниження в'язкості цих систем.

Актуальною є розробка способу зниження в'язкості за рахунок введення поверхнево-активних речовин (ПАР), що дає можливість підбирати необхідну в'язкість для певного призначення шоколадної композиції. Найчастіше як таку речовину при виробництві кондитерських виробів використовують лецитин, вміст якого в шоколадних композиціях складає 0,4—0,6 % [2]. Однак, на сьогоднішній день спостерігається скорочення випуску вітчизняних фосфатидних концентратів [3].

Мета досліджень. Метою даної роботи є пошук, визначення впливу і порівняння ефективності альтернативних ПАР і стандартного лецитину на реологічні властивості композицій на основі какао-масла, зокрема на шоколадні глазурі. Як альтернативну ПАР запропоновано використовувати суміш моно- (МГ), ди- (ДГ) і тригліцеридів (ТГ), синтезовану методом гліцеролізу з відпрацьованої пальмової олії. Ефективність дії ПАР оцінено за їх розріджувальною здатністю і зміною в'язкості глазурей.

Матеріали та методи. Визначення в'язкості глазурі при додаванні поверхнево-активних речовин проведено на віскозиметрі Брукфільда. Як вихідну речовину для синтезу поверхнево-активних речовин використано пальмову олію, аналіз фізико-хімічних показників якої наведено у таблиці 1.

Таблиця 1. Фізико-хімічні властивості пальмової олії

Сировина	КЧ, мгКОН/г	Вміст води, %	Т заст., °С	Т пл., °С	ПЧ, S O ммоль/кг
Відпрацьована пальмова олія	0,2	0,01	27,4	33,0	5,0

Для аналізу використано отриману суміш моно-, ди-, тригліцеридів жирних кислот, а також екстраговані моногліцериди та суміш ди- і тригліцеридів [4].

Вихід суміші МГ, ДГ, ТГ жирних кислот пальмової олії наведено у таблиці 2.

Таблиця 2. Вихід суміші МГ, ДГ, ТГ жирних кислот пальмової олії у процесі гліцеролізу.

Кількість гліцерину, г	Кількість МГ, %	Кількість ДГ,ТГ, %	Кількість гліцерину, %
25	30,96	56,5	12,54

Примітка: 1) МГ екстраговано ізопропіловим спиртом (двократне екстрагування) у співвідношенні 1:2 при 50 °С. 2) синтез МГ проведено при $t = 180\text{ }^{\circ}\text{C}$, при перемішуванні протягом 4 годин і співвідношенні жир:гліцерин 4:1.

Для дослідження використано шоколадну глазур зі складом, який наведено в таблиці 3.

Таблиця 3. Склад шоколадної глазурі

Складові компоненти	Вміст, %
Какао-масло	17,42—18,42
Какао-терте	42,48
Цукрова пудра	39,1
Поверхнево-активні речовини	0—1

Фізико-хімічні показники какао-масла, яке використано для розробки шоколадної композиції, представлені в таблиці 4.

Таблиця 4. Властивості какао-масла

Сировина	КЧ, мг КОН/г	Кислотність, %	Вміст води, %	Т заст., °С	Т пл., °С
Какао-масло	3,09	1,24	0,114	25,2	30,5

Результати досліджень. Як базову поверхнево-активну речовину використано соєвий лецитин, який найчастіше використовується при виробництві шоколаду та шоколадних глазурей.

Для аналізу реологічних кривих плин розплавленої шоколадної глазурі з температурою 45 °С при введенні лецитину (контрольна проба) та синтезованих ПАР визначено залежність зміни в'язкості композицій від концентрації ПАР при градієнті швидкості 30 c^{-1} (рисунок 1).

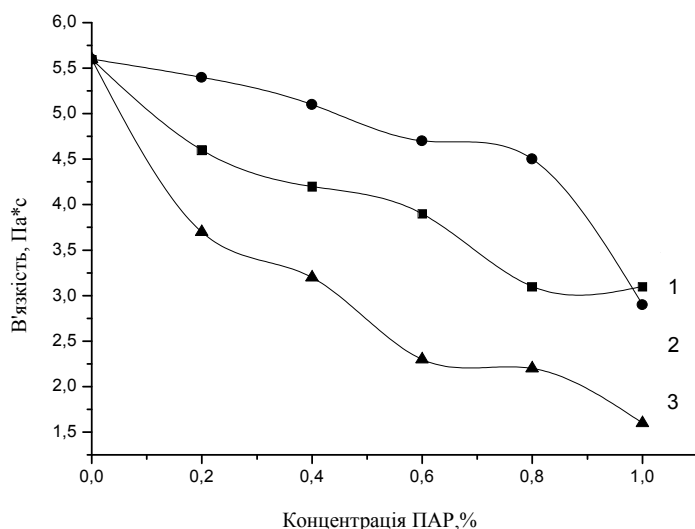


Рис. 1. Залежність в'язкості глазури від концентрації ПАР при 45 °С:

1 — лецитин; 2 — моногліцериди; 3 — суміш моно-, ди- і тригліцеридів при 45 °С

З рис. 1 видно, що при додаванні 0,2 % поверхнево-активних речовин в'язкість зменшується недостатньо, а вже при введенні 0,4 % суміші моно-, ди-, тригліцеридів в'язкість знижується до 3,2 Па·с. Така ж в'язкість досягається при додаванні соєвого лецитину лише у кількості 0,8%. Подальше збільшення кількості суміші МГ, ДГ і ТГ знижує в'язкість, але є недоцільним, тому що отримані показники при концентрації 0,4—0,6 % достатні для подальших технологічних операцій.

На рис. 2 та рис. 3 наведено залежності в'язкості шоколадної глазури від градієнту швидкості при введенні ПАР у концентраціях 0,4 та 0,6%, відповідно.

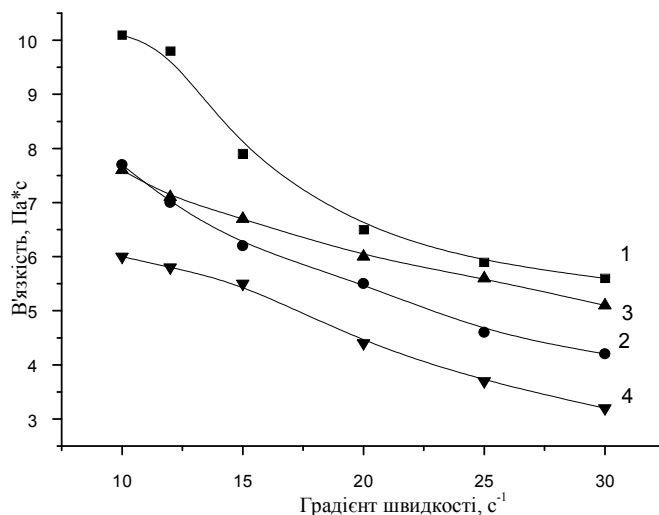


Рис. 2. Залежність в'язкості шоколадної глазури від градієнту швидкості при 45 °С без ПАР (1) та при введенні 0,4% наступних ПАР: лецитин (2), моногліцериди (3), суміш моно-, ди- і тригліцеридів при 45 °С (4).

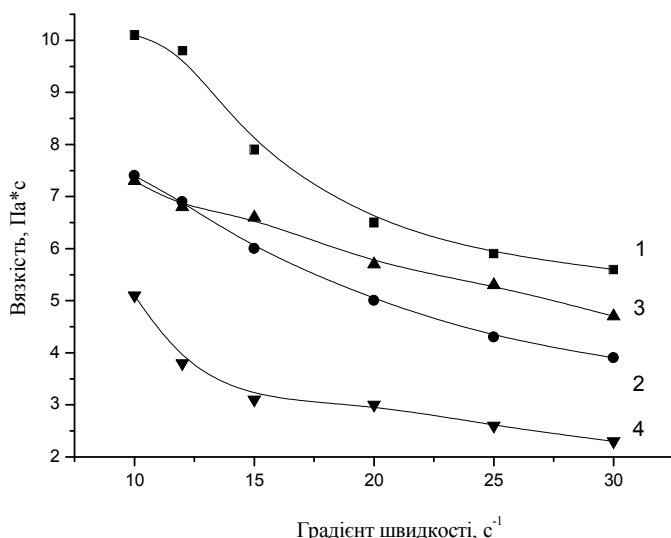


Рис. 3. Залежність в'язкості шоколадної глазурі від градієнту швидкості при 45 °C без ПАР (1) та при введенні 0,6% наступних ПАР: лецитин (2), моногліцериди (3), суміш моно-, ди- і тригліцеридів при 45 °C (4).

З отриманих даних видно, що використання суміші МГ, ДГ, ТГ отриманої з пальмової олії в кількості 0,6% призводить до значної зміни характеру деформаційної поведінки шоколадної глазурі, тобто дозволяє знизити градієнт швидкості у 2 рази.

Ефективність дії поверхнево-активних речовин при виробництві шоколадних глазурей прийнято характеризувати за їх розріджувальною здатністю. Визначають її за кількістю какао-масла, яка знижує в'язкість композиції до такого значення, яке досягається при додаванні 0,4% поверхнево-активних речовин [5].

Порівняльні дані розріджувальної здатності використаних ПАР наведено на рис. 4

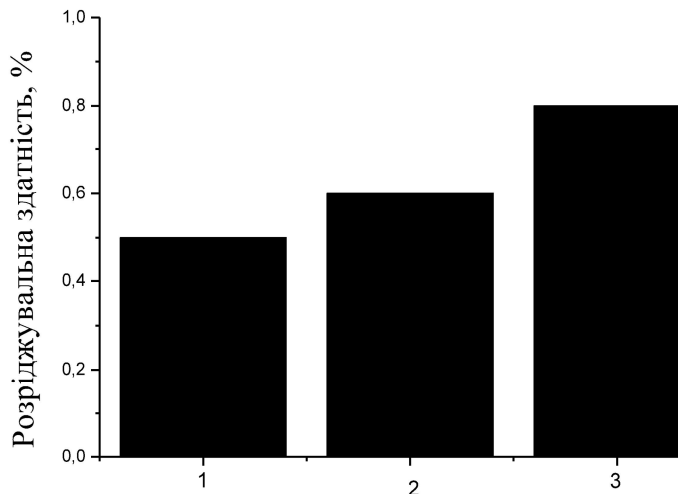


Рис. 4. Розріджувальна здатність ПАР:
1 — лецитин; 2 — моногліцериди; 3 — суміш моно-, ди- і тригліцеридів

З проведених досліджень видно, що розріджувальна здатність суміші моно-, ди-, тригліцеридів склала 0,8% в той час, як для лецитину — 0,5%.

Висновки. Результати дослідження показали, що введення рекомендованої нами суміші моно-, ди- і тригліцеридів, отриманої із відпрацьованої пальмової олії в концентрації 0,4-0,6% ефективно знижує в'язкість глазурі до 3,2-2,3 Па*с, що дає можливість рекомендувати її для заміни лецитину при виробництві глазурованих кондитерських виробів з отриманням додаткового економічного ефекту.

ЛІТЕРАТУРА

1. Кузнецов О.А. Реология пищевых масс / О.А. Кузнецов. — Оренбург, 2005. — 106 с.
2. Бернард М. Шоколад, конфеты, карамель, кондитерские смеси / М. Бернард. — Профессия, Санкт-Петербург, 2008.
3. Ханаху З.Р. Влияние фосфолипидных продуктов на реологические свойства шоколадных масс / Ханаху З.Р. // Известия ВУЗов. «Пищевая технология». — № 2 — 3. — С. 14—15.
4. Горяев М.И. Синтез и применение моноглицеридов / М.И. Горяев. — Алма-Ата, «Наука» КазССР, 1975. — 137с.
5. Зубченко А.В. Технология кондитерского производства / А.В. Зубченко. — Воронеж, 1999. — 432 с.

ВЛИЯНИЕ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ НА РЕОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ШОКОЛАДНЫХ ГЛАЗУРЕЙ

М.Л. Земелько, О.В. Черваков

Украинский государственный химико-технологический университет

В.В. Манк

Национальный университет пищевых технологий

Проведены исследования реологических свойств шоколадных глазузей, которые содержат в своем составе какао-масло, какао тертое, сахар и поверхностно-активные вещества. Проанализирована зависимость изменения вязкости от концентрации поверхностно-активных веществ. Определено, что добавление смеси моно-, ди- и триглицеридов, синтезируемых методом глицеролиза, в концентрации 0,4—0,6 % снижает вязкость до 3,2—2,3 Па · с.

Ключевые слова: поверхностно-активные вещества, вязкость, шоколадная глазурь.

THE COMPOSITIONAL MIXTURE OF NON-TRADITIONAL RAW MATERIALS IN PRODUCTION OF FOODSTUFFS FOR MILITARY PERSONNEL

G.O. Simakhina, K.O. Yarosh

National University of Food Technologies

Key words:

nutritive needs,
military personnel,
diet, biocomponents,
extreme conditions,
life provision, bread

Article history:

Received 15.04.15
Received in revised form
25.05.2015
Accepted 4.06.2015

Corresponding author:

lyutik.0101@gmail.com

ABSTRACT

The authors of the article have shown the expedience of using the green mass of curative plants and the cultivated roots in production of the new sorts of bread. Therefore, the plantain leaves and green mass of red beet were chosen as the subjects for our studies. Using the methods of organoleptic, physicochemical and microbiological research, the authors have found out that the abilities of obtained powders (mineral content, amino acid amounts, amino acid score etc.) depend on the season of cropping (the best time is September).

The protein component and the sufficient quantities of food cellulose are extremely important in a diet for military personnel. The green mass of curative plants and cultivated roots would become the new effective sources of proteins, and this hypothesis has been confirmed in this article, based on creation of a compositional mixture of red beet and plantain powders. They will gain the amount of proteins in a final product (wheat-and-buckwheat bread), increase the coefficient of protein utility, and lower the coefficient of its surplus

КОМПОЗИЦІЙНА СУМІШ ІЗ НЕТРАДИЦІЙНОЇ СИРОВИНИ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ПРОДУКТІВ ДЛЯ ВІЙСЬКОВОСЛУЖБОВЦІВ

Г.О. Сімахіна, д-р техн. наук, проф.

К.О. Ярош, магістрант

Національний університет харчових технологій

Однією з основних вимог до харчування військовослужбовців є відповідність його компонентного складу нутритивним потребам у складних умовах життєдіяльності. Особливу увагу необхідно приділяти білковій складовій, яка забезпечує різномісний вплив на організм військовослужбовця. У роботі показано доцільність використання в якості джерел нетрадиційних білків зеленої маси лікарських рослин та коренеплідних культур при виробництві нових видів хліба.

Ключові слова: нутритивні потреби, військовослужбовці, харчовий раціон, біокомпоненти, екстремальні умови, життєзабезпечення, хліб.

Постановка проблеми. Нинішні умови, в яких перебувають українські військовослужбовці в зоні АТО, можна без перебільшення віднести до екстремальних. Це визначення повною мірою відповідає недавню створеній фактично новій галузі медичних знань —

екології людини небезпечних професій, започаткованій ученими Російської академії медичних наук та Воєнно-медичної академії.

Вивчення умов життєдіяльності військовослужбовців у зоні АТО має поєднувати не лише вплив чинників середовища на організм, а й більшою мірою його біологічну та медико-соціальну інтеграцію в системі *людина — екстремальне середовище* і ті умови, які сприяють підвищенню такої здатності. Відомо, що людина живе у тісній взаємодії з довкіллям, і найбільш вираженим видом такого зв'язку є харчування. Тому саме структура та раціон харчування можуть істотно впливати на здатність організму адаптуватись до умов середовища, враховуючи ступінь індивідуального ризику, який поєднується з максимальним напруженням фізіологічних і психічних сил людини у стресових ситуаціях, особливо під час бойових дій.

Не викликає сумніву і твердження, що оптимально підібраний раціон харчування військовослужбовців забезпечує і функціональну надійність усіх систем організму, тобто ту динамічну компоненту функціональних станів, яка відображає стійкість і резервні можливості систем організму для забезпечення високої професійної працездатності в будь-яких, у тому числі екстремальних, професійних умовах [1].

Тому розроблення складу раціонів харчування та нових видів біологічно повноцінних і збалансованих за основними нутрієнтами продуктів є важливим завданням для науковців та практиків у цій новій сфері діяльності.

Аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких започатковано розв'язання певної проблеми. Розроблення та вдосконалення раціонів харчування для різних категорій споживачів обов'язково має враховувати принципи енергетичної, пластичної, ензиматичної, біотичної адекватності та відповідності структури харчування біосоціальним ритмам життєдіяльності [2].

Існуючі медико-біологічні вимоги саме до харчування військових базуються на наступних принципах [3]: відповідності енергетичної цінності раціонів харчування енергетичним витратам і метаболічним потребам військових; збалансованості військових пайків за вмістом і співвідношенням білків, жирів, вуглеводів, вітамінів і мінералів відповідно до фізіологічних рекомендацій; відповідності режиму харчування функціональному станові організму; достатньої кількості їжі для всіх військовослужбовців під час навчальної та бойової діяльності; гарантованого забезпечення продуктовим набором відповідно до встановлених норм харчування для людей, зайнятих особливо важкою роботою.

Раціон харчування повинен також протидіяти виснаженню організму військовослужбовців, яке є частим супутником діяльності людини небезпечних професій. Запорукою цього є наявність у харчових продуктах натуральних біологічно активних речовин, які справляють різнобічний вплив на нормалізацію функціонування живого організму. Широкий спектр таких необхідних нутрієнтів містить зелена маса рослин — сільськогосподарських та дикорослих, а також коренеплоди буряків.

Формулювання цілей статті. Відповідно до поставленої мети, в роботі науково обґрунтовано вибір зеленої маси подорожника та коренеплоду столового буряку для створення композиційних сумішей — збагачувачів харчових основ; здійснено оцінку їхньої харчової цінності; встановлено співвідношення замінних і незамінних амінокислот як основного критерію біологічної цінності білків.

В якості предметів дослідження обрано зелену масу подорожника та столовий буряк. В літературі недостатньо відомостей про біологічну цінність цих культур та перспективність їх використання при виробництві нових харчових продуктів, зокрема для раціонів військовослужбовців.

Зібрану зелену масу подорожника відразу сушили при різних температурах (35 °С, 45 °С, 55 °С). Встановлено, що в період постійної швидкості сушіння видалення вологи не значно залежить від температури процесу — протягом 180 хв. залишкова вологість становить 58% при 35 °С, 46% — при 45 °С, 44 % — при 55 °С. В період спадаючої швидкості (через 210 хв. після початку процесу) ефект видалення вологи вже істотно залежить від температури: через 260 хв. сушіння при 55 °С вологість становить 10 %, при температурі 35 °С — 48 %, а при 45 °С — 33 % і лише через 600 хв. вологість досягає рівня 10 %. Отже, для інтенсифікації процесу сушіння зеленої маси рослин більш доцільною є температура 55 °С. Криві сушіння подорожника при температурах 35 °С, 45 °С, 55 °С наведено на рис. 1.

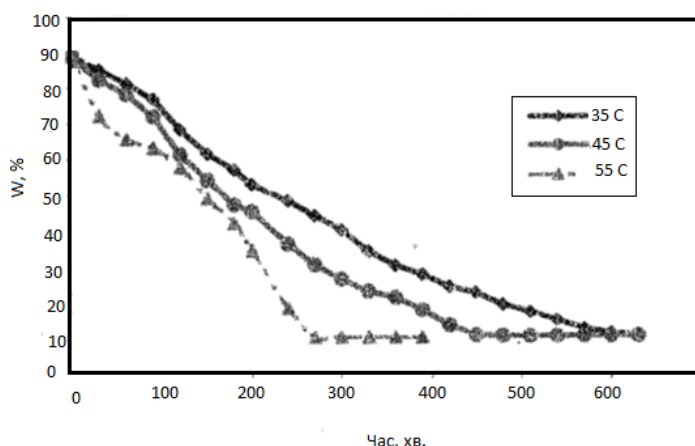


Рис. 1. Криві сушіння подорожника при температурах 35 °C, 45 °C, 55 °C.

Столові буряки для сушіння вибирають з інтенсивно забарвленою м'якоттю. Після миття, сортування та бланшування їх ріжуть на стовпчики і сушать конвективним способом спочатку при температурі 75 °C, поступово знижуючи її до 45...50 °C. Висушені буряки подрібнюють для подальшого використання у складі композиційної суміші.

Наступним етапом дослідження є визначення основних фізико-хімічних, органолептичних, мікробіологічних показників отриманих порошків. У таблиці 1 наведено мінеральний склад порошку столового буряку.

Таблиця 1. Мінеральний склад порошку столового буряку, мг/100 г

Вид матеріалу	Макро- та мікроелементи						
	K	Na	Ca	Mg	Fe	Zn	Mn
порошок столового буряку	5632,5	906,8	86,3	186,2	3,13	0,897	0,595

Аналіз таблиці 1 показує, що порошок столового буряку багатий магнієм, цинком, кальцієм, марганцем, залізом, що дозволить при відповідних дозуваннях отримувати збагачені мінеральною складовою хлібобулочні вироби. Причому порошок столового буряку доцільно використовувати при виробництві хліба з пшенично-гречаного борошна, оскільки у цьому разі маскуватиметься в готовому продукті червоний буряковий колір.

У таблицях 2 і 3 наведено вміст незамінних (НАК) і замінних амінокислот у порошку столового буряку, мг / 100 г білку.

Таблиця 2. Вміст незамінних амінокислот у порошку столового буряку, мг / 100 г білку

Амінокислота	Концентрація
ізолейцин	3,22
лейцин	11,09
лізин	6,22
фенілаланін + тирозин	6,84
метіонін + цистин	2,54
триптофан	1,36
треонін	4,53
валін	5,52
РАЗОМ, НАК	41,32

Таблиця 3. Вміст замінних амінокислот у порошку столового буряку, мг / 100 г білку

Амінокислота	Концентрація
аланін	6,2
аргінін	6,65
аспарагінова к-та	8,05
гістидин	2,47
гліцин	6,31
глутамінова к-та	11,69
пролін	6,57
серин	4,54
РАЗОМ, замінні АК	52,48

У таблиці 4 наведено результати визначення вмісту незамінних амінокислот у листі подорожника, зібраного в різний період, порівняно з амінокислотним складом порошку столового буряку.

Таблиця 4. Вміст незамінних амінокислот у порошках із листя подорожника та столового буряку, г / 100 г білку

Матеріал	Заг. вміст білку, %	Незамінні амінокислоти, г / 100 г білку								Сума НАК
		ва-лін	ізо-лейцин	лей-цин	лі-зин	Мет + цис	трео-нін	трип-тофан	фенілал + тироз	
порошок листя подорожника (вересень)	2,82	4,43	3,69	6,99	3,62	2,91	4,04	0,99	7,02	33,69
порошок листя подорожника (жовтень)	2,98	4,23	3,22	6,04	2,89	2,21	3,42	0,94	6,04	28,99
порошок листя подорожника (листопад)	2,84	4,30	3,59	5,77	3,10	2,11	3,03	0,70	5,77	28,38
порошок столового буряку	9	5,52	3,22	11,09	6,22	3,56	4,53	1,36	12,01	47,51
Білок ФАО/ВООЗ		5	4	7	5,5	3,5	4	1	6	36,00

У таблиці 5 наведено результати розрахунків амінокислотного скору незамінних амінокислот у досліджених матеріалах. Наведено також розрахункові дані коефіцієнтів утилітарності та надлишковості, які характеризують цінність білків та ступінь їх засвоєння організмом людини.

Таблиця 5. Амінокислотний скор незамінних амінокислот порошків листя подорожника та столового буряку, %

Матеріал	заг. вміст білку, %	Амінокислотний скор, %								C min	Коеф. утил.	Коеф. надл.
		ва-лін	ізо-лейцин	лей-цин	лі-зин	Мет + цис	трео-нін	трип-тофан	фенілал + тироз			
порошок листя подорожника (вересень)	2,82	0,89	0,92	1,00	0,66	0,83	1,01	0,99	1,17	0,66	0,70	15,23
порошок листя подорожника (жовтень)	2,98	0,85	0,81	0,86	0,52	0,63	0,86	0,94	1,01	0,52	0,65	19,26
порошок листя подорожника (листопад)	2,84	0,86	0,90	0,82	0,56	0,60	0,76	0,70	0,96	0,56	0,71	14,38
порошок столового буряку	9	1,10	0,81	1,58	1,13	1,02	1,13	1,36	2,00	0,81	0,61	23,02

З таблиць 4 і 5 видно, що порошки подорожника містять білку 2,8...3 %, а порошок столового буряку — 9 %. Це підтверджує обґрунтованість вибору даних сировинних матеріалів для використання при виробництві харчових продуктів для військовослужбовців, оскільки такі продукти повинні містити значні кількості білків.

Після розрахунку амінокислотного скору стає очевидним, що білок порошку подорожника лімітується по лізину і засвоюється на рівні 50...65 %. Білок порошку столового буряку є повноцінним, лімітування майже відсутнє, він містить найменше ізолейцину, а засвоюваність усіх амінокислот становить 81 %.

Розрахунок утилітарності та надлишковості показує, що білок порошку подорожника засвоюється приблизно на 70 %, проте раціонально організмом використовується 81...85 %; білок порошку буряку засвоюється на 61 %, але порівняно з подорожником раціонально використовується менш ніж 77 %.

Порівняння ступеня набухання трьох зразків порошку листя подорожника при одній й тій же температурі показало, що найбільш ефективно набухає порошок листу подорожника, зібраного у вересні. Інші зразки мають ступінь набухання у півтора-два рази нижчу. З цих та інших даних зроблено висновок, що з метою використання листя подорожника для збагачення харчових середовищ, у тому числі борошнених, необхідно орієнтуватись на сировину, зібрану у вересні.

Аналіз експериментальних даних щодо водоутримуючої здатності порошку буряку при різних температурах свідчить про те, що найбільше значення цей показник має для порошку, оводненого при гідромодулі 1 : 4 та температурі 80 °С, і складає 400 %. При одних і тих же

температурах процесу водоутримуюча здатність усіх зразків порошку листя подорожника менша, ніж для столового буряку.

При розробленні рецептур хлібобулочних виробів для військовослужбовців композиційна суміш повинна містити також значні кількості харчових волокон для забезпечення нормального функціонування шлунково-кишкового тракту, підтримання на оптимальному рівні імунного статусу організму. Тому до композиційної суміші введено також пшеничні висівки з розрахунку 17 % на 100 г суміші.

Загалом пропонується такий склад інгредієнтів для виробництва хліба пшенично-гречаного з метою введення його до раціонів військовослужбовців: борошно пшеничне — 55 %, борошно гречане — 20 %, пшеничні висівки — 17 %, порошок столового буряку — 5 %, порошок листя подорожника — 3 %.

У таблиці 6 наведено вміст амінокислот як у складниках традиційної рецептури пшеничного хліба, так і в інгредієнтах, обраних для його збагачення.

Таблиця 6. Вміст незамінних амінокислот у складових рецептури нового виду хліба, г / 100 г продукту

Інгредієнти	Амінокислоти								Сума НАК
	вал	ізлей	лей	ліз	мет	тре	три	фен	
Борошно пшеничне	3,57	3,17	5,83	2,43	1,49	1,02	0,97	2,85	21,33
Дріжджі хлібопекарські	5,50	5,83	7,11	7,19	1,83	5,07	1,37	3,91	37,81
Борошно гречане	1,99	1,55	2,52	1,79	1,08	1,35	0,61	2,00	12,90
Пшеничні висівки	4,81	3,22	6,15	3,97	4,01	3,31	1,87	6,83	34,16
Порошок столового буряку	5,52	1,98	3,97	7,66	2,46	1,79	0,68	1,81	25,88
Порошок подорожника	4,43	3,69	6,99	3,62	2,91	4,04	0,99	7,02	33,69
Білок ФАО/ВООЗ	5	4	7	5,5	3,5	4	1	6	36,00

Аналіз наведених даних свідчить, що білки проаналізованих інгредієнтів є повноцінними, оскільки містять усі незамінні амінокислоти. Загальна сума незамінних амінокислот у кожному з інгредієнтів, обраних для збагачення, більша, ніж у пшеничному борошні. Тому введення таких збагачувачів дозволить підвищити загальний вміст білку в продукті, його біологічну цінність і забезпечить організм військових достатньою кількістю харчових волокон.

Висновки. Навантаження, яким піддається організм військовослужбовця в зоні АТО, наближається до максимально допустимого рівня. В особливо складних випадках вони можуть лежати за межами адаптаційних і резервних можливостей людини. У зв'язку з цим, надзвичайно актуальною є проблема розроблення нових харчових продуктів для даного спецконтингенту, адекватних за своїм складом і збалансованістю нутрієнтів умовам життєдіяльності військових. Особливо важливими складовими є білкова компонента та достатній вміст харчових волокон. Ефективними джерелами білків можуть стати зелена маса лікарських рослин та коренеплодні культури.

Це припущення підтверджено на прикладі створення композиційної суміші з порошоків столового буряку та листя подорожника, завдяки яким підвищується вміст білкової складової у готовому виробі, підвищується коефіцієнт утилітарності білку та знижується коефіцієнт його надлишковості.

Подальші дослідження спрямовані на розширення спектру пошуку нових нетрадиційних джерел білку і введення їх до сфери виробництва харчових продуктів, орієнтованих на споживання спецконтингентом, передусім військовослужбовцями.

ЛІТЕРАТУРА

1. Ушаков И.Б. Функциональная надежность и функциональные резервы летчика / И.Б. Ушаков, П.М. Шалимов // Вестник Российской академии медицинских наук. — 1996. — № 7. — С. 26—31.
2. Доценко В.А. О питании здорового и больного человека / В.А. Доценко // Гигиена и санитария. — 2005. — № 2. — С. 34—37.
3. Кузьмин С.Г. Физиолого-гигиеническое нормирование продовольственных пайков для вооруженных сил / С. Г. Кузьмин, К. К. Сильченко // Вестник РВМА. — 2006. — Приложение 1 (15). — С. 321—322.

КОМПОЗИЦИОННЫЕ СМЕСИ ИЗ НЕТРАДИЦИОННОГО СЫРЬЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ПРОДУКТОВ ДЛЯ ВОЕННОСЛУЖАЩИХ

Г.А. Симахина, К.О. Ярош,

Национальный университет пищевых технологий

Одним из основных требований к питанию военнослужащих является соответствие его компонентного состава нутритивным потребностям в сложных условиях жизнедеятельности. Особое внимание необходимо уделять белковой составляющей, которая обеспечивает разностороннее влияние на организм военнослужащего. В работе показана целесообразность использования в качестве источников нетрадиционных белков зеленой массы лекарственных растений и корнеплодных культур при производстве новых видов хлеба.

Ключевые слова: нутритивные потребности, военнослужащие, пищевой рацион, биокомпоненты, экстремальные условия, жизнеобеспечение, хлеб.

AN ANALYSIS OF QUALITY OF FRUIT AND BERRY PUREES IS FOR PRODUCTION OF FRUIT JELLIES

Yu.V. Kambulova, N.O. Overchuk

National University of Food Technologies

Key words:

fruit and berry purees,
gelling ability,
pectin substances,
low-methoxyl pectin

Article history:

Received 15.05.2015
Received in revised form
25.05.2015
Accepted 5.06.2015

Corresponding author:

myatnaya15@gmail.com

ABSTRACT

Today actual is development of technology of fruit jellies without the use of synthetic substances, using a varicolored gamut, pleasant taste internals of fruit-berry raw material. To the article the results of researches of chemical composition and functionally-technological properties of varieties of fruit and baccate puree of Ukraine are driven for the purpose the use of him as basic raw material for fruit jellies. For providing of level of quality of the prepared products possibility of the use of low-methoxyl pectin is studied at the production of mass of fruit jellies, in fact it is known that the health operating of pectins on the organism of man rises with the decline of degree of esterification. Therefore to the article the results of research of possibility of the use of low-methoxyl pectin at the production of fruit jellies and optimal amounts of pectin are driven for the receipt of gelling structure.

АНАЛІЗ ЯКОСТІ ПЛОДОВИХ І ЯГІДНИХ ПЮРЕ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА МАРМЕЛАДУ

Ю.В. Камбулова, канд. техн. наук, Н.О. Оверчук, аспірант

Національний університет харчових технологій

Сьогодні актуальним є розроблення технології мармеладу без використання синтетичних речовин, використовуючи різнокольорову гаму, приємні смакові якості фруктово-ягідної сировини. В статті наведено результати досліджень хімічного складу і функціонально-технологічних властивостей різновидів фруктового і ягідного пюре України на предмет використання його як основної сировини для мармеладу.

Ключові слова: фруктове і ягідне пюре, драглетвірна здатність, пектинові речовини, пектин низькометаксилований.

Вступ. Останнім часом кондитерська галузь зазнає суттєвих видозмін. Насамперед, удосконалюються технологічні лінії виробництва кондитерської продукції, що дозволяє в автоматичному режимі поєднувати складні процеси в одному технологічному потоці. Відповідно, почали випускатись складні види продукції, які поєднують в собі два або декілька напів-фабрикатів. Також, урізноманітнілась сировинна база, а саме поширився спектр інгредієнтів, харчових добавок, що суттєво змінило асортимент продукції, представленої на ринку.

Кондитерськими підприємствами України випускається доволі широкий спектр мармеладних виробів. Здебільшого, це група желейного мармеладу, який має привабливий зовнішній вигляд, різноманітну форму, приємний запах і смак, достатньо простий у виготовленні. Саме тому він популярний серед населення і виробників. Але аналіз його хімічного складу дозволяє говорити, що споживання таких виробів не приносить користі організму людини, а в багатьох випадках, завдяки вмісту штучних барвників, ароматизаторів, дешевих гелеутворювачів наносить шкоду. Особливо це насторожує, оскільки основними

споживачами виробів є діти і підлітки, організм яких більшою мірою піддатливий до алергічних реакцій, чутливий до розладів кишково-шлункового тракту [1].

У прогресивних країнах світу починають змінюватись підходи до образу життя й створення харчової продукції, в тому числі й кондитерських виробів, і до основних вимог її якості входить корисність харчової продукції для здоров'я.

У групі мармеладних виробів зовсім незаслужено забутий фруктово-ягідний мармелад. Його виробництво пов'язано із високими вимогами до яблучного пюре, що є основною сировиною рецептур. Збалансованість за кислотністю, вмістом пектину водорозчинного, його драглетвірною здатністю дозволяє обирати лише окремі сорти яблук для виробництва пюре. Занапад сільського господарства, консервної промисловості, значно скоротив об'єми яблучного пюре з високою драглетвірною здатністю, що закономірно відобразилось на випуску фруктово-ягідного мармеладу.

Використання пюре інших видів фруктів і ягід в традиційних технологіях мармеладних виробів доволі обмежений. Сливе і абрикосове використовувалось для виробництва пату, інші види — як додаткова смакова сировина для розширення асортименту. Саме тому для кондитерської промисловості пріоритетним завданням є удосконалення технологій виробів оздоровчого спрямування, корегування їх хімічного складу шляхом збагачення біологічно-активними речовинами, есенціальними жирними кислотами, незамінними амінокислотами і ін.

Мета досліджень. Відповідно до вищевикладеного, метою роботи стало вивчення хімічного складу і функціонально-технологічних властивостей пюре з ягід і фруктів, найбільш поширених в Україні, на предмет використання їх в технології фруктово-ягідного мармеладу.

Методика досліджень. Як об'єкт дослідження використовували пюре фруктове яблучне, сливе, персикове, абрикосове асептичне (ТОВ «Соковий завод Кодимський»), пюре з ягід малини, кизилу, обліпихи, пектин низькометаксиллований (СЕ = 36 — 38 %), кальцієву сіль лимонної кислоти.

Результати досліджень. Хімічний склад дослідних зразків пюре представлений в таблиці 1 [2].

Таблиця 1. Хімічний склад плодового і ягідного пюре для мармеладу

Показник	Яблучне	Абрикосове	Персикове	Сливе	Малинове	Кизиліве	Обліпиха
Вода, %	78,2	83,0	86,1	86,3	84,7	85,0	83,0
Білки, %	0,6	1,2	0,9	0,8	0,8	1,0	1,2
Вуглеводи, %	19,0	13,9	9,5	9,6	8,3	9,7	5,7
Клітковина, %	1,1	0,6	2,1	1,5	3,7	1,5	2,0
Пектин, %	0,8—1,8	0,4—1,3	0,6—1,2	0,8—1,5	0,2—0,7	1,1	1,2
Органічні кислоти, %	0,6	1,0	0,7	1,0	1,5	2,0	2,0
Зола, %	0,3	0,4	0,6	0,5	0,5	0,8	0,7
<i>Мінеральні речовини, мг / 100 г:</i>							
натрій	1,0	3,0	30,0	18,0	10,0	32,0	4,0
калій	124,0	283,0	363,0	214,0	224,0	363,0	193,0
кальцій	12,0	26,0	20,0	20,0	40,0	58,0	22,0
магній	7,0	7,0	16,0	9,0	22,0	26,0	30,0
фосфор	17,0	24,0	34,0	20,0	37,0	34,0	9,0
залізо	1,3	0,6	0,6	0,5	1,2	4,1	1,4
<i>Вітаміни, мг / 100 г:</i>							
B ₁	0,01	0,02	0,04	0,06	0,02	—	0,03
B ₂	0,02	0,03	0,08	0,04	0,05	—	0,05
C	1,6	5,0	10,0	10,0	25,0	45,0	200,0
PP	0,5	0,03	0,8	0,6	0,6	0,166	0,4

Аналіз табличних даних показує, що загальний хімічний склад дослідних зразків схожий. Проте для кожного є свої відмінності. Наприклад, обліпиха і абрикосове пюре містять найбільшу кількість білкових речовин, яблучне — вуглеводів, малинове — клітковини, яблучне, сливе — пектинових речовин, кизиліве й обліпихове — органічних кислот.

Огляд вмісту мінеральних речовин і вітамінів дозволив установити, що ягідні пюре за вмістом макро- і мікроелементів перевищують фруктові. Так, малинове пюре багато калієм, кальцієм, магнієм, фосфором, вітаміном PP; кизиліве — натрієм, калієм, кальцієм, магнієм, фосфором, залізом; обліпихове — магнієм, вітамінами C і PP. Характеристика мінерального і вітамінного складу плодового пюре дозволяє виділити абрикосове — за вмістом калію і персикове — за вмістом калію, фосфору, вітаміну PP.

Фізико-хімічні показники дослідних пюре представлені в таблиці 2.

Таблиця 2. Фізико-хімічні показники якості плодових і ягідних пюре

Показник	Яблучне	Абрикосове	Персикове	Малинове	Сливе	Кизилове	Обліпіха
Вміст сухих речовин, %	11,0	16,9	15,0	15,3	13,0	15,0	11,0
Активна кислотність (pH)	3,15	3,58	3,60	3,65	4,0	3,20	3,15
Загальна кислотність, % яблучної кислоти	0,8	1,7	1,6	1,5	0,7	2,0	3,9
Вміст редуруючих речовин, %	8,0	6,0	6,5	6,1	7,0	6,4	6,0
Вміст баластних речовин, %	0,36	1,5	0,32	3,7	0,21	1,5	1,6

Серед даних таблиці 2 найбільше привертає увагу те, що за приблизно однакових значень pH для всіх зразків, показник загальної кислотності суттєво різниться. Найвищі значення має пюре з ягід обліпіхи, найменші — яблучне і сливе. Ймовірно, це пов'язано із вищими значеннями не тільки органічних кислот у хімічному складі пюре обліпіхи, кизилу, а й інших кислореагуючих речовин. Це доцільно врахувати при створенні купажів пюре для забезпечення драглетвірної здатності суміші, а також смакових якостей, можливо, навіть без додаткового внесення кислот [3].

Таким чином, кожен вид фруктового або ягідного пюре має свої цінні біологічно-активні речовини, якими може бути збагачена харчова продукція. Тому доцільним є не тільки поширення сировинної бази пюре, але й створення купажних сумішей пюре для мармеладу з метою забезпечення його більш цінного вмісту біологічно-активних речовин.

Проте, важливим і визначальним для мармеладного виробництва з технологічної точки зору є кількість і якість пектинових речовин в пюре [4]. За кількістю пектину (таблиця 1) зразки пюре не мають суттєвої різниці. Дещо нижчим вмістом від усіх видів відрізняється малинове. Драглетвірну здатність визначали шляхом уварювання пюре з цукром білим кристалічним до досягнення масою зразка 165 г. Необхідні показники загальної кислотності забезпечували додаванням 50%-го розчину лимонної кислоти. Результати представлені в таблиці 3.

Таблиця 3. Показники драглетвірної здатності плодових і ягідних пюре

Показники якості драглю	Яблучне	Абрикосове	Персикове	Малинове	Сливе	Кизилове	Обліпіха
Легкість відливання у форми	хороша		погана	хороша	погана		хороша
Легкість виймання з форм				незадовільна			
Драглетвірна здатність				незадовільна			
Міцність драглю				незадовільна			
Стан поверхні	глянцева	матова		глянцева	матова		
Відлипання				липне			

Із наведених даних видно, що пектинові речовини дослідних видів пюре, майже не утворюють міцний драгль. Можна припустити, що пектин, який міститься у складі пюре, не відноситься до високометаксильованого, для драглетування якого були створені умови в системі за відповідною методикою. Тобто, потребує експериментальних досліджень система, яка містить низькометаксильований пектин, механізм драглетування якого передбачає присутність іонів полівалентних металів. Для досліджень драглетвірної здатності низькометаксильованого пектину в пюре під час уварювання додавали легкорозчинну кальцієву сіль лимонної кислоти — цитрат кальцію в концентраціях 5...50 % до маси пектину. Було встановлено, що додавання цитрату кальцію дещо зміцнює консистенцію, але недостатньо для легкого формування драглю. При цьому вироби погано виймалися із форми, мали не пружну структуру. З таких видозмін можна зробити висновок, що пектин, наявний у пюре, дійсно відноситься до низькометаксильованих видів, в пюре його міститься невелика кількість і, крім того, він знаходиться у зв'язаному стані, що запобігає формуванню кальцієвих містків.

Відповідно до технологічних завдань, для формування желеподібної структури мармеладу виникає необхідність внесення в систему додаткової кількості структуроутворювача [5, 6]. Серед різновидів, що представлені на ринку, обрано низькометаксильований пектин, який має ряд переваг. По-перше, він виступає як функціональна речовина для організму людини і внаслідок внесення кальцієвих солей дозволяє людині збільшити споживання кальцію. По-друге, низькометаксильований пектин здатен утворювати міцні драглі зі зниженим вмістом цукру (CP-35%). Утворені драглі відрізняються більшою стабільністю за низьких pH, що особливо до природних значень pH обраної фруктової та ягідної сировини [7].

Для визначення оптимального дозування цитрату кальцію до модельної системи *Вода:пектин* було внесено різні концентрації солі від 5 до 50 % до маси пектину. Вста-

новлено, що оптимальне дозування цитрату кальцію складає 10 % до маси пектину. За менших дозувань солі пектин формує недостатньо пружний, в більшості — пластичний драгль, при збільшенні її концентрації до 15—20 % система набуває жорсткої структури, понад 20 % — утворення драглю не відбувається.

З метою визначення оптимальної кількості пектину для формування драглетподібної структури в плодovому або ягідному пюре була досліджена драглетвірна здатність дослідних зразків із додатковим введенням пектину. Концентрації пектину в системі "пектин - плодове пюре" варіювали як 1; 1,5; 2; 2,5; 3 % пектину до маси пюре. Результати драглетвірної здатності пектину в системі з плодovим пюре наведено в таблиці 4.

Таблиця 4. Драглетвірна здатність системи «пектин — плодове пюре»

Показники якості драглю	Вміст пектину, (%) до маси пюре)				
	1	1,5	2	2,5	3
Стан поверхні			гладенька		
Відлипання	дуже липне	липне	липкість незначна	не липне	не липне
Легкість виймання з форм	виймається		добре виймається		дуже добре виймається
Здатність зберігати свою форму	погана	погана	погана	хороша	хороша

Із даних органолептичної оцінки видно, що зразки з концентраціями пектину 1—2 % являли собою пластичну липку систему. Вона виймалась із форм, але не зберігала її відповідно до заданої. Найкращу оцінку отримав зразок із концентрацією пектину 3 %. Він мав гладеньку поверхню, не прилипав до рук, добре виймався з форми та добре її зберігав упродовж часу досліджень. Зразки з концентраціями пектину понад 3 % мали занадто міцну, пружну структуру.

Велике значення для формування мармеладних виробів має вміст сухих речовин в мармеладній масі при уварюванні. У традиційних технологічних схемах уварювання відбувається до вмісту сухих речовин 68...72 %. За таких значень гаряча маса легко відливається у форми, а після охолодження і застигання легко вибирається із форми, при цьому утримуючи її. Досліджено вплив різного вмісту сухих речовин фруктов-ягідної дослідної маси на процес її формування, результати якого представлено в таблиці 5.

Таблиця 5. Вплив вмісту сухих речовин в напівфабрикаті на його органолептичні показники

Органолептичні показники драглю	Показники		
	Зразок 1	Зразок 2	Зразок 3
	вміст СР, %	вміст СР, %	вміст СР, %
	35—37	38—40	41—45
Легкість відливання у форми	хороша	хороша	погана
Легкість виймання з форм	погана	хороша	хороша

Результати показують, що зі збільшенням вмісту СР погіршується відливання драглетподібного напівфабрикату, а здатність до виймання з форм — покращується. Оптимальним вмістом СР в увареній масі є 38—40%, при якому мармеладна фруктов-ягідна маса легко відливається у форми і після застигання легко вибирається із форм.

Визначені оптимальні межі рН для формування драглю. Встановлено, що оптимальна міцність у всіх зразках спостерігається в межах рН 3—3,7.

Одним із важливих завдань удосконаленої технологічної схеми є зменшення рецептурної кількості цукру білого кристалічного. Як зазначено вище, умови драглетутворення низькометаксилізованого пектину повинні дозволити зменшити частку цукру без негативного впливу на структуру мармеладної маси. Дослідження органолептичних показників мармеладу із зменшеною часткою цукру представлені в таблиці 6. У дослідних зразках зменшували рецептурну кількість цукру на 20...65 %.

Таблиця 6. Органолептичні показники мармеладної маси зі зменшеною кількістю цукру

Органолептичні показники	Вміст цукру, (у % до кількості цукру традиційної рецептури)			
	Контроль, 100	80	65	50
Стан поверхні			Гладенька, глянцева	
Відлипання	не липне	не липне	не липне	липкість незначна
Легкість виймання з форм	виймається	добре виймається	хороша	виймається
Здатність зберігати свою форму	хороша			погана

Як доводять результати досліджень, в рецептурі мармеладної маси можливе вилучення до 50 % рецептурної кількості цукру білого кристалічного. Такі вироби аналогічно до виробів традиційних рецептур мають гладеньку глянцевою поверхню, не прилипають, добре виймаються з форм та зберігають отриману форму відповідно до заданої.

Висновки. За результатами досліджень встановлено, що низька драглетвірна здатність фруктового або ягідного пюре вимагає додавання структуроутворювача. Теоретично і експериментально доведена можливість застосування низькометаксилізованого пектину, який чинить функціональну дію на організм людини. Визначено, що умови драглеутворення низькометаксилізованого пектину в плодovому або ягідному пюре дозволяють знизити рецептурну кількість цукру білого кристалічного на 50 % без погіршення органолептичних властивостей мармеладної маси.

ЛІТЕРАТУРА

1. Стрельникова Д. Сегментация украинского рынка кондитерских изделий / Д. Стрельникова // Економіка та держава. — 2010. — № 3. — С. 69—71.
2. Здоровое питание [Электронный ресурс]: таблица калорийности продуктов — Режим доступа к табл. http://health-diet.ru/base_of_food/.
3. Капрельянц Л.В. Функціональні продукти / Л.В. Капрельянц, К.Г. Іоргачова. — Одеса: Друк, 2003. — 312 с.
4. Зубченко А.В. Технологія кондитерського виробництва / А.В. Зубченко. — Воронеж, 2001. — 430 с.
5. May C. Industrial pectins: sources, production and applications / C. May // Carbohydrate Polymers, 1990,12, p. 79-99.
6. Thibault J.-F. Pectins. their origin, structure and functions // Advanced Dietary Fibre Technology / B.V. McCleary, L. Prosky (eds.). — Oxford: Blackwell Science, 2001. — p. 369—378.
7. Christensen S. Gelling agent for low calorie gels / Thoegersen A. — Patent Application 200401568. — 2005.

АНАЛИЗ КАЧЕСТВА ПЛОДОВЫХ И ЯГОДНЫХ ПЮРЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА МАРМЕЛАДА

Ю.В. Камбулова, Н.О. Оверчук

Национальный университет пищевых технологий

Сегодня актуальным является разработка технологии мармелада без использования синтетических веществ, используя разноцветную гамму, приятные вкусовые качества фруктово-ягодного сырья. В статье приведены результаты исследований химического состава и функционально-технологических свойств разновидностей фруктового и ягодного пюре Украины на предмет использования его как основного сырья для мармелада.

Ключевые слова: фруктовое и ягодное пюре, студнеобразующая способность, пектиновые вещества, пектин низькометаксилізований.

УДК 664.346

RESEARCH RHEOLOGICAL PROPERTIES OF XANTHAN GUM WATER SOLUTIONS

V.O. Bakhmach

National University of food technologies

Key words:	ABSTRACT
stabilization, colloidal, xanthan, rheology, viscosity, structure	The study of the rheological properties of aqueous solutions of food hydrocolloids xanthan. To study the effect of xanthan gum concentration on the rheological behavior of preparing an aqueous solution of from 0.1 to 1.0%. Determination was performed on "Reotest-2", the obtained values of the flow curves constructed rheology of aqueous solutions.
Article history:	Analysis of the resulting rheogram shows that the dependence of the strain rate on shear stress for aqueous solutions of xanthan gum are non-linear, so are non-Newtonian fluids.
Received 08.05.2015	For example, dressings formulated with xanthan gum have excellent long-term stability and a relatively constant viscosity over a wide temperature range. Due to the pseudoplastic rheology imparted by the xanthan gum they pour easily but cling well to the salad.
Received in revised form 19.05.2015	The results obtained are important for modeling of stabilization systems for the production of low-fat mayonnaise.
Accepted 2.06.2015	
Corresponding author:	
nota_b@i.ua	

ДОСЛІДЖЕННЯ РЕОЛОГІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ВОДНИХ РОЗЧИНІВ КАМЕДИ КСАНТАНУ

В.О. Бахмач, канд. техн. наук

Національний університет харчових технологій

Проведено дослідження реологічних властивостей водних розчинів харчового гідроколоїду ксантану. Аналіз реограм свідчить, що залежність швидкості деформації від напруження зсуву для водних розчинів камеді ксантану мають нелінійний характер, тобто вони відносяться до неньютонівських рідин. Встановлено, що в'язкість практично незруйнованої системи підвищується з підвищенням концентрації розчинів камеді ксантану, при чому залежність цього показника має практично лінійний характер. Отримані результати досліджень мають важливе значення при моделюванні стабілізаційних систем для виробництва низько жирних майонезів.

Ключові слова: стабілізація, коллоїд, ксантан, реологічні властивості, в'язкість, структура.

Вступ. Майонез є в'язкою багатокомпонентною концентрованою емульсією прямого типу, тому для одержання високоякісного продукту важливим є сформування його певних структурно-в'язкісних та реологічних властивостей.

Для структуроутворення та стабілізації емульсій типу «жир у воді» зазначені вище властивості в значній мірі проявляють гідроколоїди, дія яких пояснюється утворенням тривимірної сітчастої структури, що супроводжується збільшенням в'язкості безперервної водної фази. Поряд з цим деякі гідроколоїди мають гідрофобні зони і проявляють слабкі поверхнево-активні властивості. Гідроколоїди можуть вступати у взаємодію з емульгаторами, асоціюватися з ними і завдяки цьому утворювати особливо стабільні плівки на межі розділу фаз. За хімічною структурою гідроколоїди в основному є полісахаридами, які залежно від

моносахаридного складу ділять на гомополісахариди або гомоглікани, побудовані із залишків одного моносахарида, і гетерополісахариди або гетероглікани, що складаються із залишків різних моносахаридів [1—2].

До стабілізаторів структури, що мають статус харчових добавок, відносяться речовини двох основних функціональних класів: загущувачі, що використовують для підвищення в'язкості; гелеутворювачі, що надають харчовому продукту властивості гелю. Не завжди можливо чітко розмежувати згущувачі та гелеутворювачі, тому що багато харчових добавок групи гідроколідів мають суміжну функцію стабілізатора. В обох випадках, і за умови підвищення в'язкості дисперсної харчової системи під час уведення загущувача, і перетворення такої системи у слабкий гель за низьких концентрацій гелеутворювача запобігає її розділенню на початкові компоненти.

Під час уведення в процесі виготовлення майонезу згущувачі та гелеутворювачі зв'язують воду, в наслідок чого втрачається рухомість колоїдної системи і змінюється її консистенція.

На розчинність та диспергування гідроколідів впливають розмір та форма їхніх частинок, питома поверхня, гранулометричний склад. Важливими чинниками є: спосіб приготування розчину (дисперсії), інтенсивність та термін змішування, температура, величина рН середовища, присутність електролітів, мінеральних речовин і речовин, що гідратуються (наприклад, цукру), можливість утворення комплексів з іншими сполуками системи, а також процеси розкладу, які обумовлені дією ферментів або мікроорганізмів [3—4]. згущувачі, які можуть утворювати асоціати з іншими високомолекулярними компонентами харчового продукту, що викликає значний зріст в'язкості та концентрації солі.

Відомо [5—6], що сумісне уведення двох різних гідроколідів супроводжується синергетичним ефектом. Так, комбінація добавок ксантанової та гуарової камедей спричиняє такий ефект — підвищується в'язкість системи (більше, ніж систем, які містять індивідуальні добавки). Комбінація добавок камеді ріжкового дерева і ксантанової камеді виявляє синергетичний ефект за рахунок гелеутворення.

На даний час серед рослинних добавок для покращення структури майонезу широко використовуються камеді, зокрема камедь гуару, камедь ксантану та камедь ріжкового дерева. Вказані компоненти здатні покращувати реологічні властивості майонезних емульсій, зокрема при низькому вмісті жирової фази. Вони є безпечними для використання у харчовій промисловості.

Метою даної роботи є дослідження реологічних властивостей водних розчинів камеді ксантану.

Матеріали і методи досліджень. В роботі визначення реологічних характеристик здійснювали на ротаційному віскозиметрі «Реотест-2», з подальшою обробкою отриманих даних графічними та розрахунковими методами.

Результати дослідження. Для встановлення технологічних умов їх використання, а також визначення необхідної кількості та співвідношення між компонентами, що забезпечать необхідну якість майонезів, досліджуємо реологічні характеристики.

Для дослідження впливу концентрації камеді ксантану на реологічну поведінку готували водні розчини концентрацією від 0,1 до 1,0 %. Визначення проводили на приладі «Реотест-2», за отриманими значеннями побудовано реологічні криві течії ($\gamma = f(P)$) водних розчинів камеді та їх реологічні криві в'язкості ($\eta = f(P)$).

Аналіз отриманих даних свідчить, що залежність швидкості деформації від напруження зсуву для водних розчинів камеді ксантану мають нелінійний характер, тобто вони відносяться до неньютонівських рідин.

Аналізуючи отримані залежності за відомими підходами її можна апроксимувати двома дотичними прямими, які будуть відповідати різній ефективній в'язкості системи. Так на одержаних реограмах при малих навантаженнях зсуву ($0 < P < P_n$) відбувається повільна течія, для якої характерні лінійні зміни швидкості зсуву від напруження зсуву з незначним нахилом. Цей стан відповідає найбільшій в'язкості полімерної системи. Такий стан течії пояснюється тим, що при малих значеннях швидкості течії розірвані зв'язки між частинками системи встигають відновитись і течія відбувається при повністю незруйнованій структурі матеріалу [7].

Подальше збільшення навантаження зсуву до значень ($P \geq P_n$) призводить до поступового руйнування утвореної структури полімерного розчину і реологічна структура поступово виходить на іншу пряму лінію, яка характеризується мінімальною в'язкістю (η_m) та

має повністю зруйновану структуру. Напруження зсуву, яке відповідає стану повністю зруйнованої системи позначається як P_m . При екстраполяції другої прямої лінії на ось абсцис, отримують умовну межу здатності тіла до течії.

Виходячи з цього характеристичними для системи визначають наступними показниками:

P_r — напруження практично незруйнованої системи, Н/м²;

P_m — напруження практично зруйнованої системи, Н/м²;

P_{k2} — динамічна (умовна) межа здатності системи до течії, яка характеризує міцність системи.

Таким чином можна стверджувати, що збільшення напруження зсуву призводить до зміни структури водного розчину камеді ксантану, а криві його течії мають два лінійних відрізка, один з яких належить до дуже малих значень швидкості зсуву і характеризується показником в'язкості η_0 , а інший проявляється при дуже високих значеннях швидкості зсуву та характеризується в'язкістю η_∞ .

Таку властивість полімерних систем пояснюють тим, що в нерухомому середовищі розміщення частинок розчиненого компоненту характеризується значною хаотичністю, а під дією все зростаючої сили зсуву відбувається орієнтація розчинених часточок у напрямку течії рідини. Підвищення швидкості також призводить до зменшення взаємодії між окремими часточками системи.

З одержаних реологічних кривих (рис.1) розраховано значення P_r , P_m для різних концентрацій камеді ксантану. На основі визначених параметрів спочатку побудовано залежність напруження практично незруйнованої системи від концентрації розчиненої камеді ксантану, яка представлена на рис. 2.

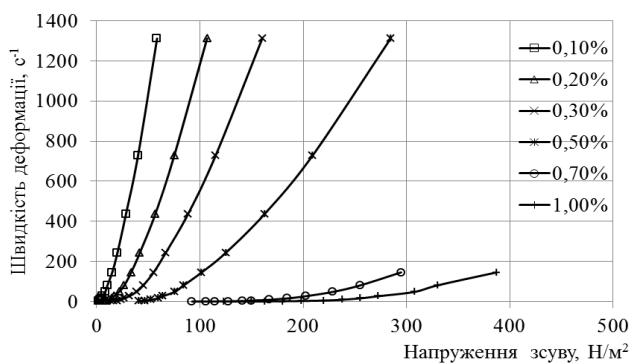


Рис. 1. Реограма водних розчинів камеді ксантану різних концентрацій при температурі 25 °С.

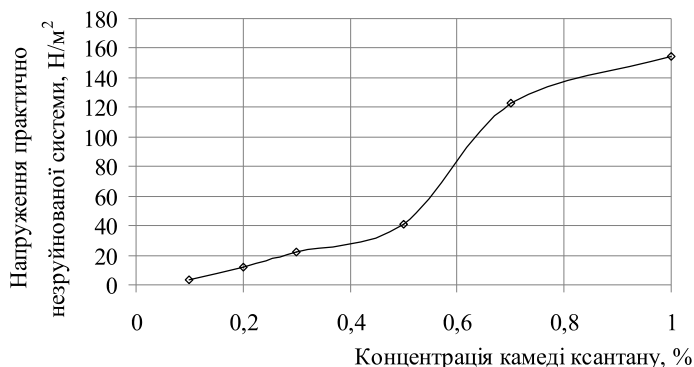


Рис. 2. Залежність напруження практично незруйнованої системи (P_r) від концентрації камеді ксантану

Встановлено, що на залежності напруження практично незруйнованої системи від концентрації можна виділити три ділянки. Спершу при збільшенні концентрації камеді ксантану до 0,5 % спостерігається поступове, майже лінійне, збільшення напруження P_r після цього підвищення концентрації з 0,5 % до 0,7 % призводить до дуже різкого збільшення значення P_r . Визначено, що підвищення концентрації камеді на 0,2 % спричиняє збільшення показника P_r у три рази з 41 Н/м² до 123 Н/м². Подальше збільшення концентрації камеді ксантану (вище 0,7 %) призводить до подальшого поступового підвищення напруження практично незруйнованої системи.

Течія розчинів камеді ксантану при напруженні зсуву, яке менше значення P_r протікає таким чином, що зв'язки між окремими частками руйнуються впродовж течії, але внаслідок броунівського руху вони встигають повністю відновитись і рідина тече з постійною в'язкістю. Така структура, як зазначалось раніше, називається практично незруйнованою, а в'язкість такої рідини є максимальною та характеризується значенням η_0 — максимальною в'язкістю практично незруйнованої системи. Залежність максимальною в'язкості практично незруйнованої системи від концентрації камеді ксантану представлена на рис. 3.

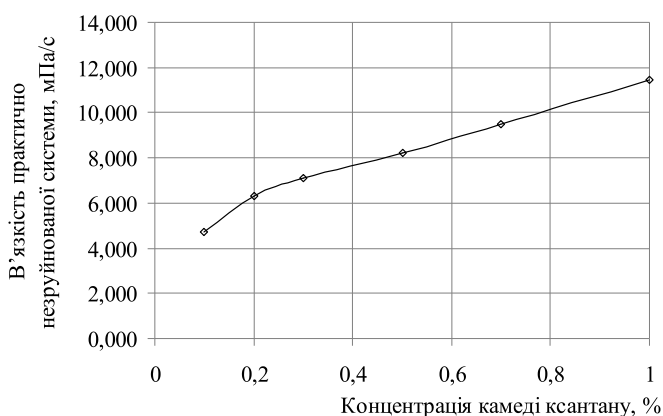


Рис. 3. Залежність в'язкості практично незруйнованої системи від концентрації камеді ксантану

Встановлено, що в'язкість практично незруйнованої системи підвищується з підвищенням концентрації розчинів камеді ксантану, при чому залежність цього показника має практично лінійний характер. Більш стрімке зростання в'язкості спостерігається лише при переході від 0,1 % до 0,2 % мас. розчину камеді, в той час як подальше зростання призводить до монотонного підвищення цього показника. Таке збільшення в'язкості системи при підвищенні концентрації камеді скоріше за все утворенням та зміцненням різноманітних просторових структур у системі.

Іншим визначенням показником була напруга практично зруйнованої системи, залежність якої від концентрації представлено на рис. 4.

Встановлено, що залежність напруги практично зруйнованої системи має дещо схожий характер, що і залежність напруги практично незруйнованої системи. Так з підвищенням концентрації камеді ксантану до 0,5 % мас. відбувається поступове, майже лінійне збільшення величини P_m . Підвищення концентрації з 0,5 % мас. до 0,7 % мас. призводить до різкого підвищення напруги практично зруйнованої системи у приблизно у двічі після чого продовжується поступове збільшення значення цього показника.

В'язкість якою характеризується течія практично зруйнованої системи є мінімальною, а її залежність від концентрації камеді ксантану представлена на рис. 5.

Аналізуючи одержану залежність (рис. 5), можна стверджувати, що вона поділяється на чотири області. Перша область з концентрацією камеді ксантану від 0,1 % мас. до 0,2 % мас. характеризується зменшенням в'язкості від ~1,7 мПа/с до ~1,4 мПа/с. Після цього в другій області з концентрацією від 0,2 % до 0,5 % в'язкість залишається сталою, після чого в третій області підвищення концентрації до 0,7 % спричиняє різке зменшення в'язкості системи у більше ніж 2 рази до 0,625 мПа/с. Четверта область від 0,7 % до 1,0 % характеризується подальшим незначним зменшенням в'язкості повністю зруйнованої системи.

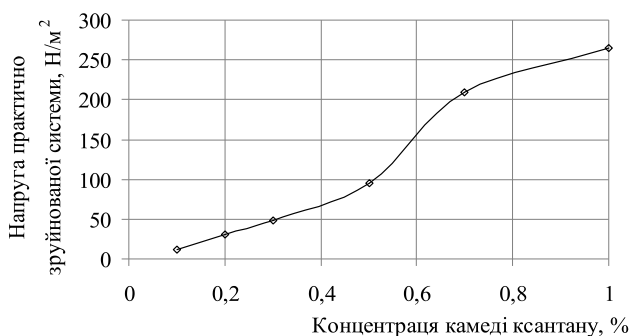


Рис. 4. Залежність напруги практично зруйнованої системи (P_m) від концентрації розчину камеді ксантану

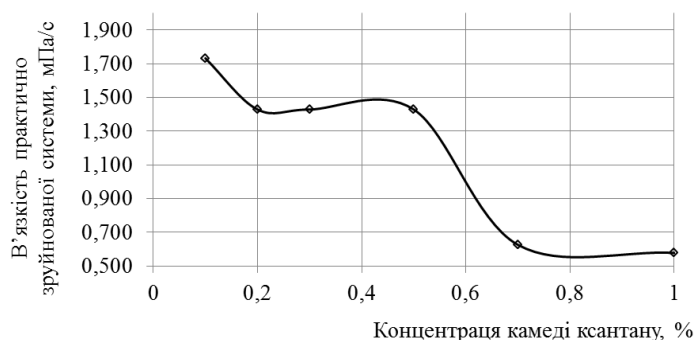


Рис. 5. Залежність в'язкості практично зруйнованої системи від концентрації камеді ксантану

Слід також зазначити, що для камеді ксантану спостерігаються тиксотропні властивості, які підтверджуються експериментальними даними. На рис. 6 представлена залежність швидкості деформації від напруження зсуву при збільшенні («прямий хід») та наступному зменшенні («зворотний хід») напруження.

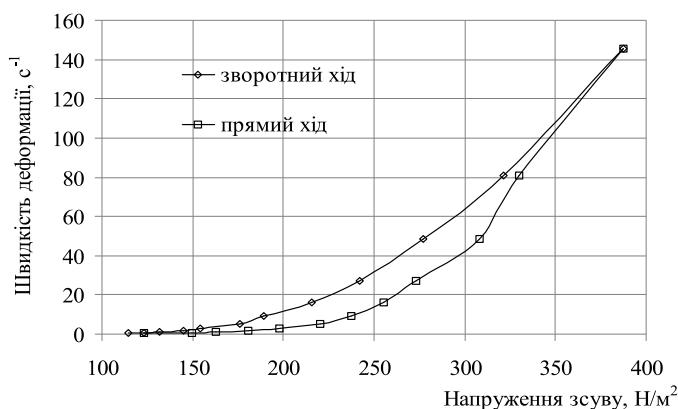


Рис. 6. Реологічні криві течії водного розчину камеді ксантану при «прямому» та «зворотному» ході при концентрації 1 %.

Встановлено (рис. 6), що для водних розчинів камеді ксантану спостерігається так звана «петля гістерезису», що свідчить про виражені тиксотропні властивості даних розчинів. Така властивість зменшувати в'язкість при прикладанні властивості є важливим чинником при практичному використанні систем з додаванням камеді ксантану, оскільки при необхідних технологічних операціях, таких як перемішування, перекачування, в'язкість розчинів буде зменшуватись. Після того як напруження на систему буде знято через деякий час система відновить свою в'язкість.

Висновки. Наведені в статті результати досліджень показали, що водні розчини камеді ксантану в широкому діапазоні концентрацій відносяться до неньютонівських рідин. В'язкість практично незруйнованої системи підвищується з підвищенням концентрації розчинів камеді ксантану, при чому залежність цього показника має практично лінійний характер. Тиксотропні властивості, що спостерігаються для водних розчинів ксантану є важливими в процесі перекачування харчових мас та пакуванні готового продукту, для чого необхідно меншу в'язкість, що є небажаним наприклад для бутербродних майонезів, які мають густу консистенцію. Отримані результати досліджень мають важливе значення при моделюванні стабілізаційних систем для виробництва низькожирних майонезів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Малкин А.Я. Реология: концепции, методы, приложения / А.Я. Малкин, А.И. Исаев. — С.-Пб.: Профессия, 2007. — С. 320—322.
2. Гигиенические требования к качеству и безопасности продовольственного сырья и пищевых продуктов: СанПин 2.3.2.560—96
3. Тимченко В.К. Технология майонезов, салатных соусов и дрессингов. Навчальний посібник / В.К. Тимченко, А.К. Зябенкова, А.А.Савус. — Харків: НТУ «ХПІ», 2007. — С. 120—122.
4. Взоров А.Л. Стабилизаторы в производстве майонезов и маргаринов / А.Л. Взоров, В.А. Никитков, А.Н. Жгун // Пищевая промышленность. — М., 1997. — №12. — С. 28—31.
5. Нечаев А.П. Пищевые добавки / А.П. Нечаев, А.А. Кочеткова, А.Н. Зайцев. — М.: Колос, 2002. — С. 120—122.
6. Нечаев П.А. Майонезы / П.А. Нечаев, А.А. Кочеткова, И.Н. Нестерова. — С-Пб.: ГИОРД, 2000. — С. 42—45.
7. Урьев Н.Б. Структурообразование и реология неорганических дисперсных систем и материалов / Н.Б. Урьев, Я.П. Иванов. — София: Издательство Болгарской академии наук, 1991. — С. 110—111.

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ КАМЕДИ КСАНТАН

В.А. Бахмач

Национальный университет пищевых технологий

Проведено исследование реологических свойств водных растворов пищевого гидроколоида ксантан. Анализ полученной реограммы свидетельствует, что зависимость скорости деформации от напряжения сдвига для водных растворов камеді ксантана имеют нелинейный характер, следовательно относятся к неньютоновским жидкостям. Установлено, что вязкость практически неразрушенной системы повышается с повышением концентрации растворов камеді ксантана, причем зависимость этого показателя имеет практически линейный характер. Полученные результаты исследований имеют важное значение при моделировании стабилизационных систем для производства низкожирных майонезов.

Ключевые слова: стабилизация, коллоид, ксантан, реологические свойства, вязкость, структура.

УДК 573.6.086.83:582.28

DETERMINATION OF THE CONDITIONS FOR THE CULTIVATION OF EDIBLE MUSHROOMS

I.V. Kudriavets, V.O. Krasinko, M.L. Lomberg

National University of Food Technologies

Key words:

basidiomycetes, nutrient media, vegetative mycelium, growth rate, incubation temperature

Article history:

Received 12.01.2015
Received in revised form 2.03.2015
Accepted 12.03.2015

Corresponding author:

tmipt_xp@ukr.net

ABSTRACT

The article is devoted to the determination of the conditions for cultivation of higher Basidiomycetes mushrooms to be used for the production of food and health-promoting products. Seven agar media were tested for mushrooms cultivation. It was established that oatmeal agar medium was for more suitable for the most researched strains. Temperature effect on the growth parameters of Basidiomycetes mushrooms was studied. The best growth of all tested strains was observed at a temperature 27 ° C. Effect of the critical temperatures on the growth and viability of Basidiomycetes mushrooms was studied. The examined strains with the exception of the strain *Flammulina velutipes* did not grow at a temperature of +4°C, but remained viable and resumed growth being returned to the favorable conditions. The examined strains grew differently at a critical high temperature (+ 37°C): the vast majority of the examined strains did not grow, meanwhile the strains *Kuehneromyces mutabilis* and *Lentinus edodes* totally lost its viability.

ПІДБІР ОПТИМАЛЬНИХ УМОВ ВИРОЩУВАННЯ МІЦЕЛІЮ ДЛЯ ШТУЧНОГО КУЛЬТИВУВАННЯ ЇСТИВНИХ ГРИБІВ

Є.В. Кудрявець, студент, В.О. Красінко, канд. техн. наук

Національний університет харчових технологій

М.Л. Ломберг, канд. біол. наук, ст. наук. співроб.

Інститут ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України

Стаття присвячена підбору умов штучного культивування вищих базидіоміцетів з метою створення на їх основі харчових та лікувально-профілактичних продуктів. Встановлено, що серед семи досліджених агаризованих поживних середовищ найбільш сприятливим для більшості штамів виявився вівсяний агар. Вивчено вплив температури на ростові показники базидіальних грибів. Досліджені штами, за винятком *Flammulina velutipes*, не росли при температурі +4 °С, але зберігали життєздатність і поновлювали ріст при перенесенні до сприятливих умов. При критично високій температурі (+37 °С) досліджені види росли по-різному, у переважної більшості ріст був відсутній, а штами *Kuehneromyces mutabilis* та *Lentinus edodes* повністю втрачали свою життєздатність.

Ключові слова: базидіоміцети, поживні середовища, вегетативний міцелій, швидкість росту, температура інкубації.

Вступ. На сьогоднішній день у світі спостерігається підвищений інтерес до вивчення вищих базидіальних грибів. Це пов'язано, насамперед, з кардинальним переглядом значимості й унікальності ресурсного потенціалу грибів та екологічних функцій, що контролюються ними в природних екосистемах. До того ж гриби були й залишаються одним з основних і перспективних об'єктів харчової біотехнології.

Можливість використання вищих базидіальних грибів для створення харчових продуктів і добавок лікувально-профілактичної дії стала реальною після багаторічних фундаментальних досліджень процесів життєдіяльності макроміцетів, у тому числі особливостей їхнього росту й розвитку, характеру й механізму метаболічної і ферментативної активностей [1, 2].

Харчова цінність та характер лікувально-профілактичної дії грибів у першу чергу залежить від хімічного складу їх плодових тіл. Плодові тіла вищих базидіальних грибів містять велику кількість води, органічних та мінеральних сполук. До органічних сполук, що містять гриби, належать амінокислоти, в тому числі й незамінні, ліпіди, вуглеводи, вітаміни тощо. За хімічним складом вони відрізняються від овочів тим, що містять мало вуглеводів. Гриби містять білки (1,5—7 %), вуглеводи (0,2—1,0 %), жири (0,1—0,9 %), мінеральні речовини (0,1—1,0%), клітковину (0,7—3,5%), вітаміни Н, В, С, D. Грибна біомаса багата на ферменти. Тому одним з перспективних напрямків харчової біотехнології є штучне культивування грибів, що містять високий вміст рослинного білку із збалансованим амінокислотним складом [2].

Метою роботи було визначення оптимальних умов штучного культивування перспективних видів вищих базидіальних грибів, для чого був проведений аналіз радіальної швидкості росту макроміцетів на поживних агаризованих середовищах різного складу, а також досліджений вплив температур (в тому числі й критичних) на ріст міцелію.

Матеріали і методи. Об'єктами досліджень були штами вищих базидіальних грибів з Колекції культур шапинкових грибів (ІБК) Інституту ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України, яка є Національним надбанням України: *Flammulina velutipes* 1994; *Kuehneromyces mutabilis* 2003; *Hypsizygus marmoreus* 2274, 2271; *Stropharia rugosoannulata* 2152; *Lentinus edodes* 1534; *Lyophyllum shimeji* 2247 [3]. У роботі використовували наступні агаризовані поживні середовища, приготовані за стандартною методикою [4]: СА — агаризоване пивне сусло, ВА — вівсяний агар, КГА — картопляно-глюкозний агар, ГПДА — глюкозо-пептондекстрозний агар, МЕА — мальт-екстракт агар, МУРА — мальт-екстракт-дріжджово-пептонний агар, МПА — мальт-екстракт-пептонний агар. Оцінювання радіальної швидкості росту досліджених макроміцетів проводили візуально, вимірюючи радіус колоній [5].

Результати. Швидкість росту колоній являється одним із найважливіших фізіологічних ознак будь-якого мікроорганізму, в тому числі і грибів. Вона характеризує здатність цих організмів засвоювати поживні речовини з навколишнього середовища, фізіологічний стан, в якому знаходяться культури, вплив температурного фактора на ріст штамів і т.д. [4, 5].

Результати дослідження швидкості росту штамів на різних агаризованих середовищах наведені в таблиці 1.

Таблиця 1. Швидкість росту штамів базидіоміцетів на різних середовищах

Вид, штам	Швидкість росту на середовищах (мм/добу)						
	КГА	МЕА	ОА	МПА	МУРА	ГПДА	СА
<i>K.mutabilis</i> 2003	3,1±0,1	2,5±0,1	3,5±0,1	2,9±0,2	2,9±0,2	1,9±0,1	3,5±0,1
<i>F.velutipes</i> 1994	6,4±0,1	6,91±0,3	7,6±0,2	6,9±0,3	6,8±0,2	6,5±0,3	5,4±0,2
<i>H.marmoreus</i> 2271	5,1±0,1	2,9±0,2	5,3±0,1	5,2±0,1	4,8±0,3	3,4±0,4	5,1±0,2
<i>H.marmoreus</i> 2273	4,2±0,1	3,4±0,2	3,4±0,1	3,8±0,1	4,5±0,2	3,2±0,1	2,6±0,1
<i>L. edodes</i> 1534	4,7±0,3	4,6±0,1	5,3±0,1	4,7±0,2	4,9±0,1	4,2±0,1	5,4±0,2
<i>L.shimeji</i> 2247	5,2±0,1	4,8±0,1	5,2±0,1	5,1±0,3	5,2±0,1	4,5±0,2	5,7±0,3

Показано, що для переважної більшості досліджених культур найкращим поживним середовищем для міцеліального росту виявився ВА, на якому швидкість росту була максимальною. В той час, як на середовищі ГПДА більшість досліджених грибів, мали найменшу швидкість росту, що свідчить про те, що дане середовище є несприятливим для їхнього росту. Також варто відмітити, що гриби *Hypsizygus marmoreus* та *Lyophyllum shimeji* продемонстрували приблизно однакову швидкість росту відразу на декількох поживних середовищах.

Найвищими показниками росту міцелію характеризувався штам *F. velutipes* 1994, який було обрано для подальших досліджень.

Аналіз росту *F. velutipes* 1994 на середовищах різного складу (рис. 1) показав, що оптимальним для його культивування є середовище ВА, швидкість росту на якому склала 7,5 мм/добу. Цікавим фактом є те, що на середовищі СА, яке рекомендують для вирощування та зберігання більшості культур базидіоміцетів [4], швидкість росту дослідженого штаму була найменшою (5,4±0,2 мм/добу).

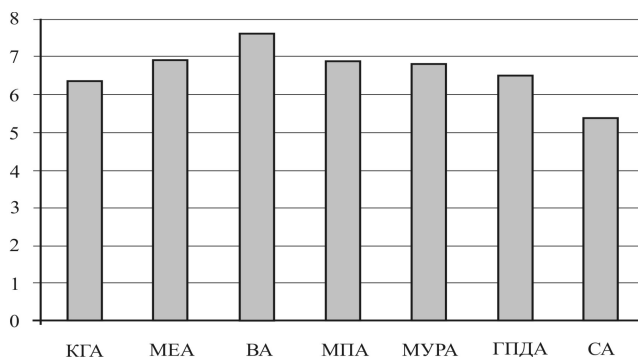


Рис. 1. Швидкість росту *Flammulina velutipes* 1994 на різних агаризованих середовищах

Температура — один з найважливіших факторів при культивуванні як грибів, так і бактерій. Завдяки підбору оптимальної температури можна скоротити термін росту культури, що має позитивний ефект як для дослідних робіт, так і для промислового виробництва.

Дослідження впливу температури на ростові показники макроміцетів проводили на середовищі КГА за температури 4°C, 20°C, 27°C, 30°C, 37°C (табл. 2).

Виявилось, що для переважної більшості досліджених штамів оптимальною температурою для росту міцелію є 27°C. Винятком виявилася культура *S. rugosoannulata* 2152, для якої найбільша швидкість росту спостерігалася за температури 30°C. Також слід відмітити, що для штамів *K. mutabilis* 2003 і *H. marmoreus* 2273 несприятливою виявилася температура 30°C, за якої у культури опенька літнього ріст був відсутній, а у букового гриба був дуже повільний.

Таблиця 2. Швидкість росту (мм/добу) досліджених культур за різних температур

Вид	Штам	20°C	27°C	30°C
<i>K. mutabilis</i>	2003	2,8±0,1	3,5±0,1	—
<i>F. velutipes</i>	1994	4,6±0,1	5,5±0,3	3,4±0,1
<i>H. marmoreus</i>	2271	4,0±0,1	5,4±0,2	4,5±0,3
<i>H. marmoreus</i>	2273	3,6 ±0,1	3,8±0,3	1,2±0,2
<i>S. rugosoannulata</i>	2152	2,2±0,1	2,9±0,1	3,1±0,1
<i>L. edodes</i>	1534	4,01±0,1	5,2±0,3	2,6±0,1
<i>L. shimeji</i>	2247	5,1±0,2	6,75±0,1	4,02±0,1

Примітка. «—» — ріст відсутній

Відношення базидіальних грибів до критичних температур має суттєве значення для характеристики окремих таксонів. Критичними для більшості грибів є температури: мінімальна +4°C та максимальна +37°C [4].

В таблиці 3 наведені дані щодо росту досліджених культур за критичних температур з подальшою перевіркою їх життєздатності при перенесенні до сприятливих умов інкубації.

При дослідженні відношення до критичних температур, при 4°C всі досліджені штами зберігали життєздатність (а у *F. velutipes* 1994 спостерігався слабкий ріст міцелію) і поновлювали свій ріст за умови перенесення до оптимальної для більшості видів температури інкубації 27°C.

Таблиця 3. Ріст вищих базидіоміцетів на КГА при 4°C і 37°C з подальшою перевіркою їх життєздатності при 27°C

Вид	Штам	4°C	→ 27°C	37°C	→ 27°C
<i>K. mutabilis</i>	2003	+	+	—	—
<i>F. velutipes</i>	1994	+	+	+	+
<i>H. marmoreus</i>	2271	+	+	—	+
<i>H. marmoreus</i>	2273	+	+	—	+
<i>S. rugosoannulata</i>	2152	+	+	—	+
<i>L. edodes</i>	1534	+	+	—	—
<i>L. shimeji</i>	2247	+	+	—	+

Відношення до критично високої температури було більш різноплановим. Всі культури, окрім *F. velutipes*, не росли на КГА при 37°C. З них три представники (*H. marmoreus*, *L. shimeji*, *S. rugosoannulata*) поновлювали свій ріст в умовах наступної інкубації посівів при температурі 27°C. А штамми *K. mutabilis* та *L. edodes* повністю втрачали свою життєздатність.

Висновки. Склад агаризованих середовищ суттєво впливає на швидкість росту вегетативного міцелію досліджених культур. За ознакою забезпечення максимальної швидкості росту міцелію для 4 досліджених культур було визначено одне оптимальне середовище, для інших однаково сприятливими виявилось два, три та чотири середовища, відповідно.

На швидкість росту міцелію та життєздатність культур різних видів суттєво впливає температурний фактор. Температура 27°C виявилася найбільш сприятливою для росту культур. Температура 30°C була оптимальною для росту *S. rugosoannulata* 2152. Для всіх штамів досліджений ріст та життєздатність міцелію при критичних температурах (+4 °C та +37 °C). Встановлено, що за температури +4°C всі культури зберігали життєздатність, в той час як при температурі +37°C майже у всіх культур ріст був відсутній, а штамми *K. mutabilis* та *L. edodes* повністю втрачали свою життєздатність.

ЛІТЕРАТУРА

1. Chang S.T. Mushrooms. Cultivation, nutritional value, medicinal effect and environmental impact / S.T. Chang, Ph.G. Miles. — London, New York, Washington, D.C. CRC Press, 2004. — 451 p.
2. Биологические свойства лекарственных макромицетов в культуре. Т.1 / Под ред. чл.-кор. НАН Украины С.П. Вассера / Институт ботаники ім. М.Г. Холодного НАН України. — Киев: Альтепрес, 2011. — 459 с.
3. Бухало А.С. Каталог Колекції культур шапинкових грибів (IBK) / А.С. Бухало, Н.Ю. Митропольська, О.Б. Михайлова. — К.: Альтепрес, 2011. — с. 100.
4. Бухало А.С. Высшие съедобные базидиомицеты в чистой культуре — Киев: Наукова думка, 1988. — 194 с.
5. Ломберг М.Л. Рост культур макромицетов на агаризованных питательных средах и плотных субстратах / М.Л. Ломберг, Э.Ф. Соломко // Биологические свойства лекарственных макромицетов в культуре. Киев. — 2012. — Т. 2. — С. 345 — 371.

ПОДБОР ОПТИМАЛЬНЫХ УСЛОВИЙ ВЫРАЩИВАНИЯ МИЦЕЛИЯ ДЛЯ ИСКУССТВЕННОГО КУЛЬТИВИРОВАНИЯ СЪЕДОБНЫХ ГРИБОВ

Е.В. Кудрявец, В.О. Красинько

Национальный университет пищевых технологий

М.Л. Ломберг

Институт ботаники им. М.Г. Холодного НАН Украины

Статья посвящена подбору условий искусственного культивирования высших базидиомицетов с целью создания на их основе пищевых и лечебно-профилактических продуктов. Установлено, что среди семи исследованных агаризованных питательных сред наиболее благоприятным для большинства штаммов оказался овсяный агар. Изучено влияние температуры на ростовые показатели базидиальных грибов. Исследованные штаммы, за исключением *Flammulina velutipes*, не росли при температуре +4°C, но сохраняли жизнеспособность и возобновляли рост при перенесении в благоприятные условия. При критически высокой температуре (+37°C) исследованные виды росли поразному, у подавляющего большинства рост отсутствовал, а штаммы *Kuehneromyces mutabilis* и *Lentinus edodes* полностью теряли свою жизнеспособность.

Ключевые слова: базидиомицеты, питательные среды, вегетативный мицелий, скорость роста, температура инкубации.

УДК 635.085.55

STUDY OF PHYSICAL-TECHNOLOGICAL PROPERTIES WITH FEED PUMPKINS

O. Shapovalenko, M. Kozhevnikova*National University of Food Technologies***Key words:**

moisture, wheat, pumpkin, extrusion, mixture

Article history:

Received 25.04.2015

Received in revised form

17.05.2015

Accepted 2.06.2015

Corresponding author:

M_ro4ka@i.ua

ABSTRACT

The article presents the results of exploratory studies of physical - technological properties of feed using pumpkins, such as humidity, collapse angle, angle of sliding on metal, angle of slope, the real density, and surround kohezivnost mass. With kohezivnost was It was found that a mixture of data can move freely during unloading. Also create mixtures with different content pumpkin. It was found that the introduction of the pumpkin mixture of crops increases its moisture and cannot use water or steam in extruding feed. Designated initial physical and technological characteristics of wheat and barley. Recommended creation mixture, followed by extrusion. The obtained results allow for subsequent extrusion as well as to determine the chemical composition of both components and mixtures in experimental studies.

ДОСЛІДЖЕННЯ ФІЗИКО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ КОМБІКОРМУ З ВИКОРИСТАННЯМ ГАРБУЗА

О.І. Шаповаленко, д-р техн. наук, М.І. Кожевнікова, аспірант*Національний університет харчових технологій*

В статті наведені результати пошукових досліджень фізико — технологічних властивостей комбікорму з використанням гарбуза, а саме вологість, кут обрушення, кут ковзання по металу, кут природнього ухилу, дійсна густина, когезивність та об'ємна маса. За допомогою когезивності було з'ясовано, що данні суміші можуть вільно переміщатися при вивантаженні. Визначені початкові фізико-технологічні показники пшениці та ячменю. Отриманні результати дають змогу для подальшого екструдювання, а також для визначення хімічного складу як компонентів, так і сумішей в експериментальних дослідженнях.

Ключові слова: вологість, пшениця, гарбуз, екструдювання, суміш.

Вступ. Зернові культури — найважливіша група вирощуваних однорічних трав'янистих рослин, оброблюваних для отримання зерна — основного продукту харчування людини, сировини для багатьох галузей промисловості, та використовується для виробництва корму для тварин. Ця група рослин є найбільш поширена серед усіх сільськогосподарських культур у світовому землеробстві [1].

Пшениця. Одна з зернових культур, що найбільш часто використовується для виробництва комбікормів, її вміст в комбікормах досягає від 10 до 70%. За своїм хімічним складом та поживними властивостями вона може бути використана для годівлі будь-яких тварин.

Ячмінь. Біологічно цінний та легко засвоюваний компонент комбікормів. В ньому міститься багато крохмалю і відносно багато сирого протеїну — до 13,5%. При цьому білкові речовини ячменю багаті на незамінні амінокислоти, так лізину в ньому більше, ніж у будь-яких інших зернових культур [2].

Комбікормова промисловість виробляє суміші з різних компонентів (видів сировини), комбінуючи їх в самих різних сполученнях і пропорціях. Це і визначає сама назва комбікорм — комбінований корм. Суміш складається так, щоб недовіди (низький вміст білка, недовіди вітамінів тощо) одних компонентів компенсувати перевагами інших.

Сучасне комбікормове виробництва — це складний і багатостадійний процес, який включає підготовку сировинних компонентів, дозування, змішування і одержання повнораціональних комбікормів. У годівлі сільськогосподарських тварин широко використовують баштанні кормові сорти гарбуза, які є гарним соковитим кормом для всіх видів тварин. Кормові гарбузи мають високі кормові якості, є цінним молокогінним кормом. Використання якісних комбікормів підвищує продуктивність тварин [3].

Гарбуз належить до роду гарбузових (*Cucurbita*), який об'єднує понад 10 видів. В Україні поширені три види гарбузів — звичайний, або столовий (*C. pepo*), великоплідний (*C. maxima*) і мускатний (*C. moschata*).

Гарбуз звичайний: Стебла різко гранчасті з борозенками. Квітки чоловічі зібрані по кілька в пазухах листків, жіночі — одиничні, розміщені на бічних пагонах. Плід — обернено-яйцеподібний, кулястий або видовжений з дерев'янистою корою. М'якоть волокниста, вміст цукру 4 — 8 %. Плодоніжка п'ятигранна, борозниста. Насіння середнє за розміром із світлим обідком, біле, кремове або темне, містить 36 — 52 % олії. Маса 1000 насінин 200 — 230 г.

Гарбуз великоплідний: має циліндричне стебло. Листя ниркоподібне з неглибокими виїмками. Квітки дуже великі, оранжево-жовті. Плід великий, сферичний, круглий або видовжений (маса до 50 — 60 кг) з м'якою і округлою плодонізкою. М'якоть плоду пухка, соковита, оранжева, рідше біла, містить 4 — 8 % цукру. Насіння крупне з нечітким обідком. У ньому міститься 35 — 50 % олії. Маса 1000 насінин 240 — 300 г.

Гарбуз мускатний: має округло-гранчасте стебло, ниркоподібне або лопатеве, м'яко опущене листя. Плодоніжки чотиригранні, борознисті, вкриті жорсткими волосками. Плоди видовжені з перехватом посередині. М'якоть солодка (містить 0,8 — 11 % цукру), щільна з мускатним присмаком. Насіння середнього розміру, бруднувато-сіре з чітким обідком, містить 30 — 46 % олії. Маса 1000 насінин 190 — 220 г.

Гарбуз порівняно з кавуном і динею менш вибагливий до тепла й менш посухостійкий. Насіння гарбузів починає проростати при 12 — 13 °С. Оптимальна температура для його росту й розвитку 25 — 30 °С. Невеликі заморозки (мінус 1 — 2 °С) вбивають рослини. Високі температури гарбузи витримують досить добре [4].

До світла гарбузи мають підвищені вимоги, тому високі врожаї їх збирають лише на посівах, які мало затінюють поверхню ґрунту. Повного розвитку й нагромадження максимальної кількості вуглеводів плід досягає за 35 — 45 днів з моменту зав'язування, а потім відбувається процес його дозрівання.

Отже, комбікорм — це складна суміш очищених та подрібнених до необхідної дисперсності різноманітних кормових засобів та біологічно активних речовин, виготовлена за науково обґрунтованими рецептами, збалансована за вмістом необхідних для тварин поживних речовин відповідно до особливостей виду та віку тварин та їх господарського призначення.

Практика годівлі комбікормами тварин, птиці, а пізніше і риби довела можливість досягнення виключно високих техніко-економічних показників ведення господарства та переходу його на індустріальну основу.

Об'єкти досліджень. Для визначення фізико-технологічних властивостей було обрано зерно пшениці (ДСТУ 3768:2010), зерно ячменю (ДСТУ 3769:98) та гарбуз (ГОСТ 7975—68).

Методика досліджень. Об'ємну масу визначали на літровій пурці з падаючим вантажем згідно з ГОСТ 10840—64, масову частку вологи визначали за ГОСТ 13496.3—92. Дійсну густину визначали відношенням маси продукту до об'єму, який він заповнює після видалення повітря між частками після струшування в наслідок цього сипучий продукт ущільнюється. Когезивність, що дозволяє оцінювати поведінку сипучого продукту в динамічному стані при транспортуванні, а так само характеризує здатність продукту до аерації і до деаерації. Кут природного ухилу — це кут дотичної і підставою конуса, утвореним при вільному повільному висипання продукту на абсолютно плоску горизонтальну поверхню. Кут вимірювали транспортиром. Таким же чином визначають кут обрушення та кут ковзання по металу [5].

Результати досліджень. Початкові фізико-технологічні показники пшениці, ячменю наведені в таблиці 1.

Аналіз результатів досліджень, наведених в табл. 1, свідчить про те, що зернові компоненти корму відповідають державним стандартам — зерно пшениці (ДСТУ 3768:2010), зерно ячменю (ДСТУ 3769:98).

В наступних дослідженнях визначали фізико-технологічні властивості подрібнених компонентів суміші пшениці, ячменю та гарбуза у кількості 5% та 10% від загальної маси корму. Результати наведені в табл. 2.

Таблиця 1. Фізико-технологічні показники зерна

Показники	пшениця	ячмінь
Вологість, %	14	14,5
Об'ємна маса, кг/мі	750	600
Кут природного ухилу, град	56	57
Кут обрушення, град	56	57
Кут ковзання по металу, град	23	25
Дійсна густина, кг/мі	823	730
Когезивність, %	1,09	1,21

Таблиця 2. Фізико-технологічні показники подрібнених компонентів суміші пшениці, ячменю та гарбуза у кількості 5% та 10% від загальної маси корму.

Показники	Контроль (без гарбуза) (50:50)%	Зразок I (5%) гарбуза	Зразок II (10%) гарбуза
Вологість, %	14,4	17,2	20,7
Об'ємна маса, кг/мі	682	984	997
Кут природного ухилу, град	67	59	62
Кут обрушення, град	67	59	62
Кут ковзання по металу, град	29	25	27
Дійсна густина, кг/мі	740	1161	1216
Когезивність, %	1,09	1,18	1,17

Результати досліджень, наведені в табл. 2. Когезивності не перевищує 1,25 %, що свідчить про те, що суміш навіть з вологістю 20,7 % вільно переміщується при вивантаженні.

Висновки. Встановлено, що кормова суміш в складі пшениці, ячменю та гарбуза змінює свої фізичні властивості: вологість, об'ємну масу, кут природного нахилу, кут обрушення, кут ковзання по металу, дійсну густину, когезивність завдяки окремим компонентам в суміші.

На основі проведених пошукових досліджень встановлено, що при додаванні гарбуза у різній кількості (5% і 10%) до зернових культур вологість суміші зростає до вологості 17,2% та 20,7%.

З'ясовано, що введення 5,0 та 10,0 % гарбуза до складу суміші з зерновими культурами підвищує її вологість і дозволяє не використовувати воду або пару при екструдуванні кормосуміші.

ЛІТЕРАТУРА

1. Абрамов А.І. Збагачення комбікормів хімічними засобами / А.І. Абрамов. — М.: Колос, 1966. — 120 с.
2. Девяткин А.І. Рациональное використання кормів в промисловому тваринництві / А.І.Девяткин, М.М.Ливенцев. — Россельхозиздат, 1996. — 87 с.
3. Денисов Н.І. Виробництво комбікормів / Н.І. Денисов, М.Т. Таранов. — М.: Колос, 1970. — 160 с.
4. Єгоров Б.В. Технология производства премиксов: підручник / Єгоров Б.В., Шаповаленко О.І., Макарянська А.В. — К.: Центр учбової літератур, 2007. — 288 с.
5. Иванов А.Ф. Кормопроизводство / А.Ф. Иванов, В.М. Чурзин, В.І.Филин. — М.: Колос, 1996. — 400с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КОМБИКОРМА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЫКВЫ

О.И. Шаповаленко, М.И. Кожевникова

Национальный университет пищевых технологий

В статье приведены результаты поисковых исследований физико- технологических свойств комбикорма с использованием тыквы, а именно влажность, угол обрушения, угол скольжения по металлу, угол естественного уклона, истинная плотность, когезивность и объемная масса. С помощью когезивности было выяснено, что данные смеси могут свободно перемещаться при выгрузке. Определены начальные физико-технологические показатели пшеницы и ячменя. Полученные результаты позволяют для дальнейшего экструдирования, а также для определения химического состава как компонентов, так и смесей в экспериментальных исследованиях.

Ключевые слова: влажность, пшеница, тыква, экструдирования, смесь.

INNOVATIVE MEAT PRODUCT

L.V. Pasuk, O. Moskaluyk, A. Haschuk*National University of food technologies***Key words:**

cultivated mushrooms,
champignons,
oyster mushrooms, shiitake,
model stuffings,
meat products

Article history:

Received 8.04.2015
Received in revised form
21.05.2015
Accepted 25.05.2015

Corresponding author:

Ohaschuk@mail.ru

ABSTRACT

The problem of the production and use of vegetable protein is vitally important for the domestic meat industry, which sorely lacks the traditional mineral resources.

The article presents the research developed recipes meat loaves and considered the possibility of using the treated cultivated mushrooms in the technology of meat products.

The optimum number of replacement beef on mushroom raw materials, organoleptic, functional and technological indicators of quality, food and biological value of the combined products. The expediency and efficiency of using cultivated mushrooms and found that the content in minced meat loaves should be: mushrooms — 25 %, oyster mushrooms — 35 % and shiitake — 30 %.

Comprehensive assessment of quality meat loaves with mushroom raw demonstrated that they meet the group of sausages on organoleptic, physical, chemical, functional and technological and microbiological parameters

ІННОВАЦІЙНИЙ М'ЯСНИЙ ПРОДУКТ

Л.В. Пешук, д-р с-г. наук, О.І. Гащук, канд. техн. наук,**О.Є. Москалюк, асистент***Національний університет харчових технологій, м. Київ*

У статті представлено дослідження розроблених рецептур м'ясних хлібів та розглянута можливість використання термічно оброблених культивованих грибів у технології м'ясопродуктів. Обґрунтована оптимальна кількість заміни м'ясної на грибку сировину, досліджено органолептичні та функціонально-технологічні показники якості, харчову і біологічну цінність розроблених комбінованих виробів. Комплексна оцінка якості м'ясних хлібів з грибною сировиною показала, що вони відповідають даній групі ковбасних виробів за органолептичними, фізико-хімічними, функціонально-технологічними та мікробіологічними показниками.

Ключові слова: культивовані гриби, печериці, гливи, шиітаке, модельні фарші, м'ясні продукти.

Вступ. Нині спостерігаються негативні тенденції щодо змін обсягу та структури раціону харчування людини. Рівень споживання білку не відповідає встановленим раціональним нормам (0,8—1 г). Продукти повинні задовольняти потреби людини в основних харчових речовинах та енергії. Відомо, що м'ясо є головним джерелом білку, який містить усі незамінні амінокислоти у збалансованому співвідношенні. Проте скорочення поголів'я худоби спонукає виробників м'ясної галузі розширювати пошук альтернативних білкових джерел, зокрема грибів. Їх унікальність обумовлена достатньо високим вмістом білкових і біологічно-активних речовин, харчових волокон, компонентів, які формують смакові та ароматичні властивості. Смак грибів дуже нагадує смак м'яса, із-за вмісту глутамінової амінокислоти. Гриби ще називають «рослинним м'ясом», які містять глікоген проте не мають холестерину. Аналіз літературних джерел показав, що наявність у складі грибів комплексу незамінних амінокислот, полісахаридів, хітин-глюканового комплексу, фізіологічно активних сполук забезпечує високі харчові, сорбційні, онкостатичні, антисклеротичні та антиоксидантні властивості, які здатні підвищувати імунітет до вірусних захворювань, резистентність організму та знижувати шкідливий вплив променевої фізіотерапії.

У багатьох країнах світу (Японії, Китаї, Південній Кореї, КНДР, США та ін.) культивовані гриби використовують не лише як харчову продукцію, а й як цінну сировину для виробництва лікувально-профілактичних і лікарських речовин із широким спектром дії. Також культивовані та дикорослі гриби включають у численні рецептури профілактичного харчування у всьому світі.

Вирощуванням грибів займаються у понад 80 країнах світу (табл. 1). Це рентабельне, екологічно чисте та безвідходне виробництво.

У світовому масштабі нині виробництво грибів досягло понад 11 млн. т, з яких майже 80 % (8,67 млн. т) вирощують у Китаї.

За даними асоціації грибників на вітчизняному ринку України функціонує понад 200 підприємств, задіяних у грибному бізнесі, 30 % з яких це дрібні та приватні. До найбільших належать Київський агрокомбінат «Пуща Водиця» — майже 20% загального обсягу штучно вирощених грибів; ЗАТ «Укршампінйон» (м. Канів Черкаської обл.) — орієнтований на вирощування грибів і їх консервування; ЗАТ «Трикар-АПС» і ПП «Гуржій» (м. Харків); БАТ «Гелена-М» (с. Іллічівка Одеської обл.); БАТ «Квіти-Сервіс»; БАТ «Грибник» (м. Київ); БАТ «Валентина» (м. Васильків Київської обл.); Агрофірма «Овочівник» (м. Мелітополь Запорізької обл.); ЗАТ «Комгрі» (м. Бровари Київської обл.). В Україні культивується переважно печериця, глива та шиїтаке.

Таблиця 1. Виробництво культивованих грибів у деяких країнах світу [5]

Країна	Виробництво, тис. т
Китай	8670
США	387
Країни Бенілюкс	330
Польща	240
Франція	135
Іспанія	130
Італія	115
Канада	91
Австралія	55

Метою роботи було розробити технології м'ясних хлібів з використанням культивованих грибів.

Матеріали і методи досліджень. В роботі використовувались методики органолептичні, функціонально-технологічні та мікробіологічні.

Результати дослідження. На першому етапі було проведено дослідження хімічного складу грибів.

За контроль було взято рецептуру м'ясного хліба І сорту «Шинковий» за ДСТУ 4436:2005 «Ковбаси варені, сосиски, сардельки, хліби м'ясні. Загальні технічні умови», де основною сировиною є яловичина знежирована І сорту (40%), свинина знежирована напівжирна (58 %), крохмаль харчовий (2%). В модельних фаршах м'ясу сировину заміняли грибною в різних співвідношеннях: 10; 15; 20; 25; 30; 35 і 40 %.

Підготовка культивованих грибів передбачала інспекцію, миття, термічну обробку при температурі 100°C протягом 40 хв., охолодження до температури 0—5°C або заморожування. Перед використанням підготовлену грибну сировину піддавали подрібненню до однорідної маси з розміром частинок 0,5—1 мм.

Дослідження органолептичних показників готових м'ясних хлібів показали, що на розрізі виробу однорідна структура була в м'ясному хлібі з вмістом печериць і шиїтаке по 30 %, гливи — 35%. Зміни смаку і запаху спостерігали у м'ясних хлібах з вмістом печериць 25 %. Отже, за результатами органолептичної оцінки доцільно вносити варену грибну сировину на етапі перемішування в кількості: печериці — 25 %, гливи — 35 % і шиїтаке — 30 %. Збільшення кількості грибною сировини призводить до погіршення органолептичних показників досліджуваних зразків.

Хімічний склад готових продуктів з грибною сировиною дає можливість дати повну характеристику харчової цінності розроблених м'ясопродуктів.

Аналіз наведених даних (табл.2) показує, що із внесенням грибною сировини проходить перерозподіл масових часток води, білку, жиру і золи, дещо зростає вміст вуглеводів при одночасному зменшенні масової частки жиру. Масова частка білку майже незмінна в порівнянні з контролем.

Таблиця 2. Хімічний склад готових продуктів

Зразок	Вміст компонентів, %					Енергетична цінність, ккал
	Вологи	Білку	Жиру	Вуглеводів	Золи	
Контроль — м'ясний хліб 1 с «Шинковий»	69,7±0,2	15,9±0,1	9,5±0,2	0,01	4,8±0,1	141,1
М'ясний хліб з печерицями 25%	69,6±0,1	15,9±0,2	6,3±0,2	2,2±0,1	6,1±0,2	146,3
М'ясний хліб з гливами 35%	69,1±0,3	15,5±0,2	6,1±0,1	2,3±0,1	7,1±0,2	134,78
М'ясний хліб з шиїтаке 30%	69,1±0,1	15,5±0,3	6,9±0,3	2,1±0,1	6,5±0,1	145,1

Зміни амінокислотного складу м'ясного хліба в залежності від вмісту грибною сировини досліджували методом рідинної іонообмінної хроматографії за допомогою автоматичного аналізатора амінокислот AAA-400. Порівняльна характеристика збалансованості амінокислотного складу ідеального білку (FAO/WHO) і розроблених м'ясних хлібів наведено на рисунку 1.

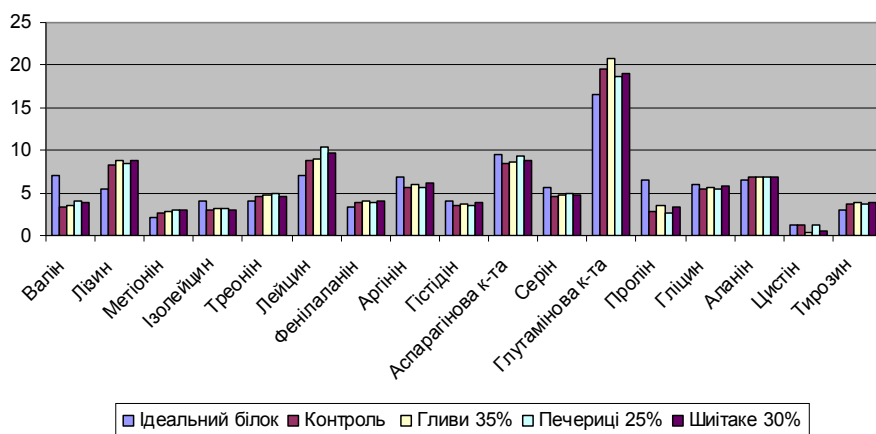


Рис. 1. Амінокислотний скор (%) «ідеального білку» (FAO/WHO), контроль (свинина напівжирна), модельні м'ясні фарші з грибною сировиною.

З рисунку 1 видно, що гриби не погіршують амінокислотний склад готового продукту, а по валіну, ізолейцину, аргініну, гістидину, цистину та аспарагінової кислоти навіть на 10—15% покращують збалансованість продукту з контролем та потребами за FAO/WHO.

Основною вимогою при розробці технології нового продукту є дослідження функціонально-технологічних властивостей модельних систем, які дозволяють оцінити ступінь сумісності м'ясної і грибною сировини. Монолітність фаршу м'ясних хлібів забезпечується утворенням міцного кагезійного шару між окремими частками м'яса, який формується м'язовими білками і грибною сировиною у тонкоподрібненому вигляді. В результаті тонкого подрібнення тканин м'яса і грибів розмір частинок зменшується, а їх питома поверхня збільшується і волога з вільної переходить у зв'язану. При варінні грибів вільна волога видалається, а зв'язана утримується білковими і вуглеводними структурами.

З табл. 3 видно, що м'ясні хліби з вмістом печериць краще утримують вологу в порівнянні з хлібами.

Таблиця 3. Фізико-хімічні та функціонально-технологічні показники м'ясних хлібів із заміною м'ясної на грибною сировину

Зразки м'ясних продуктів	До термічної обробки			Після термічної обробки		
	pH	Вміст води, %	ВЗЗ, %	pH	Вміст води, %	ВЗЗ, %
Контроль	6,20	60,6	89,4	6,9	69,9	93,12
М'ясні хліби з печерицями 25%	6,12	54,97	91,12	6,9	60,03	93,09
М'ясні хліби з гливами 35%	6,11	58,15	89,95	6,91	60,1	92,14
М'ясні хліби з шиїтаке 30%	6,18	54,23	86,9	6,87	57,57	89,01

Крім того вони не погіршували, а в деяких випадках покращували функціонально-технологічні властивості розроблених продуктів, що дало можливість не тільки розширити асортимент м'ясних виробів, а й збагатити їх біологічно-активними речовинами. За органолептичними властивостями і хімічним складом розроблені м'ясопродукти відповідали вимогам ДСТУ 4436:2005 «Ковбаси варені, сосиски, сардельки, м'ясні хліби. Загальні технічні умови».

Мікробіологічними дослідженнями розроблених м'ясопродуктів з грибною сировиною не було виявлено патогенної мікрофлори, а загальне мікробне число: МАФАМ, КУО / 1 г не перевищувало 1×10^2 на 1 г, що свідчить про безпечність та придатність їх до споживання згідно ДСТУ—48 год.

Висновки. Дефіцит білкових речовин у продуктах харчування спонукає до пошуку шляхів їх підвищення. Одним і альтернативних, природних, доступних джерел є культивовані гриби.

У результаті наукового пошуку і на основі комплексних експериментальних досліджень була доведена можливість використання культивованих грибів у рецептурах варених ковбасних виробів. Встановлено, що додавання грибною сировини до 35 % не змінює органолептичні показники розроблених м'ясопродуктів, розширює асортиментну групу даних виробів, які можна виготовляти на існуючому обладнанні.

ЛІТЕРАТУРА

1. Нестеренко Н. Виробництво і споживання культивованих грибів в Україні / Н. Нестеренко // Товари і ринки — 2011. — № 2. — С.61—68.
2. Пасічний В.М. Перспективи використання грибного порошку в технологіях м'ясопереробної галузі / В.М. Пасічний, Ю.А. Ястреба // М'ясні технології світу. — 2010. — № 12. — С. 52—55.
3. Пивоварова О.П. Дослідження хімічного складу, показників якості та безпечності напівфабрикатів, реструктурованих на основі печериць // Вісник ДонНУЕТ. Серія «Технічні науки», — 2009. — № 1(41). — С.141—146.
4. ДСТУ 4436:2005. Ковбаси варені. Загальні технічні умови.
5. Грибна індустрія України: стан та споживчий попит Кайнаш А.П., к.т.н., доц.; Петровець А.В. — [Електронний ресурс] / ПУЕТ, м. Полтава Режим доступа : www.materialtovarni.ukrainianforum.net/t107-topic 25.02. 2014.

ИННОВАЦИОННЫЙ МЯСНОЙ ПРОДУКТ

Л.В. Пешук, О.Е. Москалюк., А.И. Гащук

Национальный университет пищевых технологий

В статье представлено исследование разработанных рецептур мясных хлебов и рассмотрена возможность использования обработанных культивируемых грибов в технологии мясопродуктов. Обосновано оптимальное количество замены мясного на грибное сырье, исследованы органолептические и функционально-технологические показатели качества, пищевую и биологическую ценность разработанных комбинированных изделий. Комплексная оценка качества мясных хлебов с грибным сырьем показала, что они соответствуют данной группе колбасных изделий по органолептическим, физико-химическим, функционально-технологическим и микробиологическим показателям.

Ключевые слова: культивируемые грибы, шампиньоны, вешенки, шиитаке, модельные фарши, мясные продукты.

DEFINITION OF INFLUENCE OF HIGH-ENERGY DISCRETE PROCESSING ON QUALITY INDICATORS OF WOOL FAT

O.Ya. Semeshko, A.N. Kunik, Yu.G. Saribyekova

Kherson national technical university

Key words:

a wool, wool fat,
high-energy discrete processing

Article history:

Received 25.04.2015

Received in revised form

29.05.2015

Accepted 1.06.2015

Corresponding author:

solgaya@gmail.com

ABSTRACT

In article definition of influence of high-energy discrete processing (HDP) on physical and chemical characteristics of wool fat are spent.

As the research object used not washed semithin wool. High-discrete processing wool fiber was performed on a laboratory installation «Vega-6».

Physical and chemical constants of wool grease (melting, freezing, acid number) were determined according to the methods specified in ISO 4463: 2005. Margarine, fats for confectionery and dairy industries.

Determination of the refractive index of wool fat spent by method of refractometric.

It is established, that HDP a wool fiber leads to improvement of quality of wool fat — to reduce of indicators of temperature of fusion and hardening, acid number; to color change. The carried out researches have allowed receiving new results about efficiency of application of HDP in chemical and technological processes of extraction of wool fat for manufacture of qualitative domestic lanolin

ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ ВИСОКОЕНЕРГЕТИЧНОЇ ДИСКРЕТНОЇ ОБРОБКИ НА ЯКІСНІ ПОКАЗНИКИ ВОВНЯНОГО ЖИРУ

О.Я. Семешко, О.М. Куник, канд. техн. наук,

Ю.Г. Сарібекова, д-р техн. наук, с.н.с.

Херсонський національний технічний університет

У статті проведено визначення впливу високоенергетичної дискретної обробки на фізико-хімічні характеристики вовняного жиру. Встановлено, що високоенергетична дискретна обробка вовняного волокна призводить до підвищення якості вовняного жиру — зниження температури плавлення та застигання, кислотного числа; зміни кольору. Проведені дослідження дозволили отримати нові результати про ефективність застосування високоенергетичної дискретної обробки в хіміко-технологічних процесах вилучення вовняного жиру для виробництва якісного вітчизняного ланоліну.

Ключові слова: вовна, вовняний жир, високо-дискретна обробка.

Постановка проблеми дослідження. Ланолін (харчова добавка E913) є незамінною сировиною для виробництва товарів харчової, фармацевтичної та парфумерно-косметичної промисловості та має, практично, необмежений ринок збуту. Ціна ланоліну на світовому ринку є співрозмірною з вартістю вовни і в динаміці варіює від 15 до 30 доларів США за 1 кг (в залежності від ступеня очищення та гатунку) [1]. Сировиною для отримання ланоліну служить вовняний жир, а з точки зору органічної хімії — вовняний віск, який є складовою частиною вовни овець, переробка якої без його повного видалення просто неможлива [2].

В даний час в Україні овець розводять 13 племінних заводів [3]:

- Асканійську тонкорунну — 3 племзаводи: «Асканія Нова» та «Червоний чабан» (Херсонська обл.), «Атманай» (Запорізька обл.);
- Прекос — 4 племзаводи: «Іллічівка», «Степок», «Чувиріне» (Харківська обл.) і «Прикордонник» (Закарпатська обл.);
- Цигайську породу — 5 племзаводів: завод ім. Р. Люксембург (Донецька обл.), «Вікторія» (Одеська обл.), «Дружба народів» (Чернівецька обл.);
- Українську м'ясо-вовнову вівцю — 3 племзаводи: «Асканія Нова», «Маркеєво» (Херсонська обл.), племзавод ім. Щорса (Харківська обл.);
- Сокільську породу — 1 племзавод: «Сокільський» (Полтавська обл.);
- Асканійський багатоплідний каракуль — 1 племзавод: «Маркеєво» (Херсонська обл.).

Середній вміст вовняного жиру, що міститься на волокні немітої вовни, коливається в залежності від породи в інтервалі від 19 до 26 % [4]. Оскільки вовняний жир являється побічним продуктом, який отримується в результаті первинної обробки вовни (ПОВ), його виробництво може бути організоване тільки на підприємствах, що здійснюють промивку вовни.

На сьогодні в Україні на жодній з функціонуючих фабрик ПОВ (м. Чернігів, м. Харків, с.м.т. Татарбунари Одеської обл.) вовняний жир не виробляється, тому постійна потреба вітчизняних підприємств харчової, парфумерно-косметичної і фармацевтичної промисловості в якісному ланоліні задовольняється за рахунок експорту.

Видобуток вовняного жиру на вітчизняних підприємствах ПОВ зупиняє повна відсутність теоретичних уявлень про даний процес, не кажучи вже про абсолютну відсутність ефективних технологій.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Потужні технологічні комплекси з первинної обробки вовни, що включають обладнання для видобутку вовняного жиру, знаходяться у Росії та країнах Західної Європи. Виробниками переробного обладнання є закордонні фірми «Rieter Perfojet» (Франція), «Dilo Group» (Німеччина), «Textima» (Німеччина), ТОВ «Івтекмаш» (Росія) та ін. [5].

Розроблені іноземними вченими сучасні методи отримання вовняного жиру дозволяють досягти 90 % видобутку [6-8], проте використання таких технологій економічно неприйнятне оскільки експлуатаційні витрати несумірні з прибутком вітчизняних підприємств.

Аналіз існуючих способів вилучення вовняного жиру показав, що найбільш технологічно зручним і економічно доцільним є спосіб, що включає центрифугування вовномийної води з видобутком жиру 60 %.

Для підвищення кількості вилученого жиру з вовномийної води авторами запропоновано застосування високоенергетичної дискретної обробки (ВДО). Сутність цього способу полягає в тому, що при здійсненні всередині об'єму рідини спеціально сформованого імпульсного електричного розряду навколо зони його утворення виникають надвисокі гідравлічні тиски, здатні здійснювати корисну механічну роботу.

В раніше проведений роботі [9] нами встановлено, що ВДО вовномийної води призводить до її структурних та хімічних перетворень, що сприяє інтенсифікації процесу коагуляції вовняного жиру.

Формулювання завдання дослідження. Визначення впливу ВДО вовняного волокна на фізико-хімічні характеристики вовняного жиру з метою виробництва якісного вітчизняного ланоліну.

Методика проведення дослідження. У якості об'єкту дослідження використовували непромиту напівтонку вовну. Перед ВДО зразки вовни були промиті у холодній воді для розчинення поту.

ВДО вовняного волокна проводилась на лабораторній установці «Вега-6» (рис. 1) протягом 2 хв. при модулі обробної ванни $M = 100$. Для визначення впливу

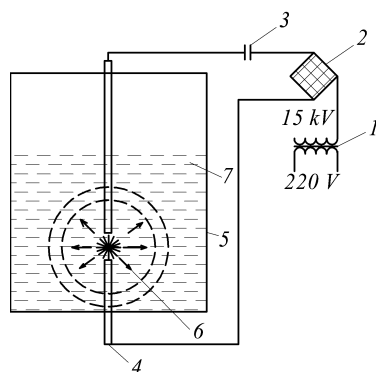


Рис. 1. Принципова схема установки «Вега-6» для ВДО.

- 1 — підвищуючий трансформатор;
- 2 — діодний міст; 3 — конденсатор;
- 4 — електроди; 5 — корпус реактора;
- 6 — зона виникнення розряду;
- 7 — рідина; 8 — повітряний розрядник

ВДО на зміну властивостей вовняного жиру, його було вилучено з необробленого волокна, яке теж було заздалегідь промите у холодній воді. Перед екстрагуванням зразки обробленої та необробленої вовни були висушені при температурі 60 °С.

Перед екстрагуванням зразки обробленої та необробленої вовни були висушені при температурі 60 °С. Вилучення вовняного жиру проводили шляхом обробки відібраної проби вовни петролейним ефіром у апараті Сокслета протягом 3 год., кількість переливів ≥ 24 [6]. По закінченню екстрагування чистий розчинник відганяли, отриманий екстракт висушували у сушильній шафі до постійної маси протягом 3—4 год. при температурі 60 °С.

Оскільки в Україні не існує жодних нормативних стандартів для контролю якості технічного вовняного жиру, фізико-хімічні константи вовняного жиру (температура плавлення, застигання, кислотне число) визначались згідно з методами зазначеними у ДСТУ 4463:2005. Маргарини, жири кондитерські та для молочної промисловості.

Визначення рН водної витяжки досліджуваних зразків жиру проводилось згідно методики [10].

Результати дослідження та їх обговорення. У результаті виконання експерименту отримані зразки вовняного жиру (рис. 2).

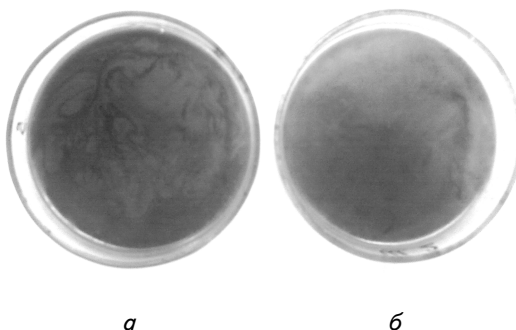


Рис. 2. Вовняний жир:

a — з вовни після ВДО, *б* — з необробленої вовни

З представлених фотографій видно, що вовняний жир, вилучений з необробленої вовни, коричневого кольору. Отриманий результат можна пояснити тим, що в процесі росту та зберігання вже зістриженого волокна вовняний жир окислюється під впливом кисню повітря, особливо на верхівках волокна. Біля основи волокна вовняний жир знаходиться в неокисленому стані. Зміна хімічного складу під впливом окислення призводить до зміни деяких фізичних властивостей жиру. Однією з таких змін є збільшення поверхневої активності окисленої частини жиру. Окислений жир утворює дуже стійкі емульсії. Тому при вилученні жиру методом сепарування виділяється тільки неокислений жир, а окислений скидається з водним викидом у каналізацію. При використанні метода екстрагування виділяється і окислений, і неокислений жир, тому його колір більш темний порівняно з жиром, отриманим при сепаруванні.

Жир, отриманий з вовни після ВДО, став світлішим, кремовим. У роботах [11, 12] зазначено, що чим світліший колір жиру, тим вища його якість. Таким чином, можна стверджувати, що попередня ВДО вовняного волокна сприятиме підвищенню якості отриманого жиру.

Далі у роботі було визначено показники якості отриманих зразків вовняного жиру: температура плавлення і застигання, рН водної витяжки та кислотне число. Отримані результати представлені у табл. 1.

Таблиця 1. Вплив ВДО на кількісні та якісні показники вовняного жиру

Вовна	Температура, °С		рН	Кислотне число, мг КОН/г
	плавлення	застигання		
Необроблена	72	69	6	5,60
Після ВДО	67	63	7	4,48

Згідно з даними, приведеними у табл. 1, температура плавлення вовняного жиру, отриманого з необробленої вовни, становить 72°C, після ВДО температура плавлення вовняного жиру знижується на 5°C. Подібні зміни характеризуються підвищенням вибіраючої здатності жиру, що в подальшому покращить фармакологічні властивості препаратів, вироблених на його основі [13]. Температура застигання вовняного жиру на 4—5°C нижча від температури плавлення, що узгоджується з даними, наведеними у [14].

Значення рН водної витяжки обробленого та необробленого жирів відрізняється не суттєво і близьке до нейтрального (табл. 1).

Кислотне число (мг КОН/г жиру) вказує на ступінь гідролізу жиру. Воно зростає із збільшенням кількості вільних жирних кислот, утворених в результаті розпаду жирової молекули [14]. Згідно з результатами, представленими у табл. 1, при ВДО вовняного волокна кислотне число вовняного жиру знижується на 20 % і становить 4,48 мг КОН. Слід відмітити, що згідно з вимогами на фабриках ПОВ, зазначеними в [15], технічний вовняний жир, що вилучається з вітчизняної вовни, повинен мати значення кислотного числа не більше 5, а з імпортової — не більше 7. Таким чином, попередня ВДО вовняного волокна, знижуючи показник кислотного числа жиру, робить його придатним для виробництва ланоліну.

Беручи до уваги накопичений досвід роботи із застосування ВДО для інтенсифікації перебігу технологічних процесів обробки вовни та отримані дані, вважаємо, що ВДО виконує комплексну дію при попередній обробці вовняного волокна у процесі вилучення вовняного жиру.

По-перше, дія ВДО полягає у руйнуванні суцільної жирової плівки на поверхні волокна (рис. 3), що призводить до зростання швидкості екстрагування жиру.

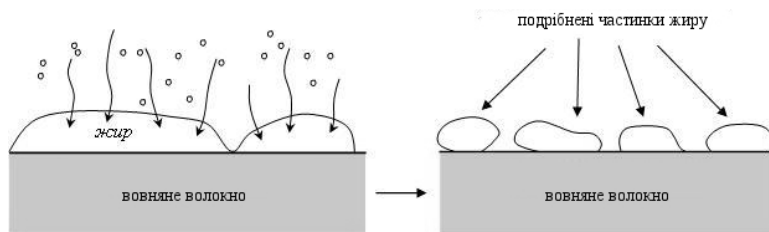
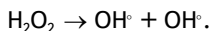
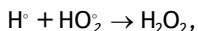
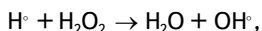
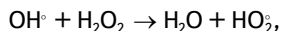
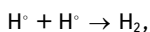
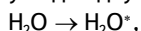


Рис. 3. Механізм руйнування жирової плівки на поверхні вовняного волокна під впливом ВДО

По-друге, під час ВДО у воді відбуваються хімічні перетворення, у результаті яких утворюються вільні радикали (4,2 ммоль/л при дії ВДО протягом 2 хв.) та пероксид водню (0,1 ммоль/л при дії ВДО протягом 2 хв.), які в свою чергу впливають як на вовняне волокно, так і на вовняний жир [16].

Отримані дані [16] свідчать про те, що вплив ВДО на воду та вовну, поміщену в неї, не можна пояснити лише кавітаційним перемішуванням води. Нами встановлено, що в результаті ВДО у воді відбуваються наступні хімічні реакції:



Таким чином, під впливом ВДО у воді утворюються вільні радикали і продукти їх рекомбінації.

Незалежно від природи розчинених речовин, електричний розряд діє на одну речовину — воду, що призводить до зміни її фізико-хімічних властивостей: реструктуризації та активації

молекул води, утворення вільних радикалів і продуктів їх рекомбінації і, як наслідок, збільшення рН (з 7,12 до 7,49 при дії ВДО протягом 2 хв.) і електропровідності води або водного розчину (з 1612 мкСм/см до 1922 мкСм/см при дії ВДО протягом 2 хв.) [16]. Всі перераховані вище діючі фактори ВДО дозволяють піддавати воду і поміщені в неї об'єкти (вовна і вовняний жир) дуже різноманітним фізичним і хімічним впливам.

На думку авторів, дія ВДО подібна до дії лужної рафінації, в результаті якої відбувається виділення з жиру вільних жирних кислот та інших гідратованих (білкових) речовин у вигляді мил. Даним твердженням можна пояснити зменшення кислотного числа вовняного жиру в результаті дії ВДО та зміну кольору жиру з коричневого на кремовий, оскільки мила, випадаючи в осад поглинають невелику кількість барвних речовин.

Проведені дослідження дозволили отримати нові результати про ефективність застосування ВДО в хіміко-технологічних процесах вилучення вовняного жиру для виробництва якісного вітчизняного ланоліну.

Висновки. В результаті проведених теоретичних та експериментальних досліджень встановлено, що ВДО вовняного волокна призводить до підвищення якості вовняного жиру, а саме:

- зміни кольору жиру — з коричневого на кремовий;
- зниження показників температури плавлення та застигання жиру, що покращить засвоєність препаратів на його основі організмом людини;
- підвищення рН водної витяжки вовняного жиру;
- зниження кислотного числа — зменшення кількості вільних карбонових кислот у жири.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Lanolin* [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://www.alibaba.com/showroom/prices-lanolin.html>.
2. *Мирошніченко С.И.* Достоверность методик определения количества жира в невытои шерсти / С.И. Мирошніченко // Овцы, козы, шерстяное дело. — 2005. — №2. — 30—33.
3. *Аграрний сектор України.* Вівчарство. Загальна характеристика [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://agroua.net/animals/catalog/ag-7/a-0/info/aig-97/>.
4. *Сафонов В.В.* Интенсификация химико-текстильных процессов отделочного производства. — М.: МГТУ им. А.Н. Косыгина, 2006. — 405 с.
5. *Павленко С.І.* Механізація переробки вовни у фермерських господарствах / С.І. Павленко, В.В. Лиходід, В.В. Івлєв // Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка «Сучасні проблеми вдосконалення технологічних систем і технології у тваринництві». — Вип. №108. — Харків: ХНТУСГ ім. П. Василенка, 2011. — С. 305—311.
6. *Dominguez C.* Effect of the carbon dioxide modifier on the lipid composition of wool wax extracted from raw wool / C. Dominguez, E. Jover, J.M. Bayona, P. Erra // *Analytica Chimica Acta*. — 2003. — №477. — P. 233—242.
7. *Lopez-Mesas, M.* Microwave enhanced extraction of wool wax from solid wool scour wastes / M. Lopez-Mesas, F. Carrillo, M. Crespi // *Anal. Chim.* — 2003. — №494. — P. 255—260.
8. *Sengupta, A.* Comprehensive view on chemistry, manufacturing & applications of lanolin extracted from wool pretreatment / A. Sengupta, J. Behera // *American Journal of Engineering Research (AJER)*. — V. 3. — №7. — P. 33-43.
9. *Kunik, O.* High-energy discrete processing in technology of extraction of wool grease / O. Kunik, O. Semeshko, J. Saribekova, S. Myasnikov // *Ukrainian Food Journal*. — 2014. — №3. — P. 381-388.
10. *ГКД 34.43.101-97.* Приймання, застосування та експлуатація трансформаторних масел. Методичні вказівки. — Київ: НДІ Енергетики, 1998. — 11 с.
11. *Сычев, И.Н.* Свойства шерсти волгоградских овец с разным цветом жиропота / И.Н. Сычев, К.А. Тимирязев // Овцы, козы, шерстяное дело. — 2007. — №4. — С. 51.
12. *Седіло, Г.М.* Біохімія, морфологія і патологія вовни / Г.М. Седіло, І.А. Макар, В.В. Гуменюк, П.В. Стапай. — Львів: ПАІС, 2006. — 160 с.
13. *Идентификация масел и жиров* [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://www.znaytovar.ru/new624.html>.
14. *Паронян, В.К.* Технология жиров и жирозаменителей. — М.: Лёгкая и пищ. пр-ть, 2004. — 352 с.

15. Горбунова, Л.С. Первичная обработка шерсти / Л.С. Горбунова, Н.В. Рогачев, Л.Г. Васильева, В.М. Колдаев. — М.: Легкая и пищевая промышленность, 1981. — 352 с.

16. Семешко, О.Я. Исследование влияния электроразрядной нелинейной объемной кавитации на изменение свойств воды / О.Я. Семешко, Ю.Г. Саробекова, О.А. Семенченко // Вісник Хмельницького національного університету. — 2012. — № 1. — С. 69—74.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ДИСКРЕТНОЙ ОБРАБОТКИ НА КАЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ШЕРСТНОГО ЖИРА

О.Я. Семешко, А.Н. Куник, Ю.Г. Саробекова

Херсонский национальный технический университет

В статье проведено определение влияния высокоэнергетической дискретной обработки на физико-химические характеристики шерстного жира. Установлено, что высокоэнергетическая дискретная обработка шерстяного волокна приводит к повышению качества шерстного жира — снижению показателей температуры плавления и застывания, кислотного числа; изменению цвета. Проведенные исследования позволили получить новые результаты об эффективности применения высокоэнергетической дискретной обработки в химико-технологических процессах извлечения шерстного жира для производства качественного отечественного ланолина.

Ключевые слова: шерсть, шерстный жир, высокоэнергетическая дискретная обработка.

PROBLEMS OF WATER RESOURCES OF THE ZAKARPATSKA REGION (FOR EXAMPLE, RIVER LATORITSA DRAINAGE BASIN)

E.A Bektov, L.F. Stepanets, O.I.Semenova, I.F. Stepanets

National University for Food Technologies

E.N. Letickaya

Institute of Hydrobiology NAS of Ukraine

Key words:	ABSTRACT
Latorica river, water users, macroinvertebrate, Trent biotic index, bioindication, benthic organisms	The article presents the characteristics of water resources of the basin of the river Latorica within Ukraine and recent studies of its ecological state in terms of index Vudivissa. And recommendations for improving water quality and reducing anthropogenic impact on water bodies of this basin. The list of benthic groupings of macroinvertebrate are presented, which were discovered in laboratory investigation of samples, of the basin of the river Latorica.
Article history: Received 24.03.2015 Received in revised form 22.05.2015 Accepted 15.06.2015	The specificity of investigation of water object is considered according to Water Directive EU 2000, which predicts provision to biotic index the priority in the statement of conclusion regarding the state of water object. Given the recommendation to improve water quality and decrease the anthropogenic pressure on the river Latorica and the water objects at all
Corresponding author: tmipt_xp@ukr.net	

ПРОБЛЕМИ ВИКОРИСТАННЯ ВОДНИХ РЕСУРСІВ ЗАКАРПАТСЬКОЇ ОБЛАСТІ (НА ПРИКЛАДІ БАСЕЙНУ РІЧКИ ЛАТОРИЦЯ)

Є.О. Бектов, магістрант,

Л.Ф. Степанець, О.І. Семенова, І.Ф. Степанець канд. техн. наук

Національний університет харчових технологій

О.М. Лєтицька, канд. біол. наук

Інститут гідробіології НАН України

В статті наведена характеристика використання водних ресурсів басейну річки Латориця в межах України, останні дослідження його екологічного стану за показником індексу Вудівісса (TBI), рекомендації, щодо покращення якості водних ресурсів та зменшення антропогенного навантаження на водні об'єкти басейну.

Ключові слова: басейн р. Латориця, водокористувач, донні макробезхребетні, біотичний індекс Вудівісса, біоіндикація, бентосні організми.

Вступ. Людство використовує воду практично в усіх сферах своєї діяльності та розглядає її як ресурс для задоволення власних потреб, забуваючи, що для великої кількості організмів вода є середовищем існування.

Високогірні річки карпатського регіону за останній час значно знизили свій екологічний потенціал, що загрожує як здоров'ю населення регіону так і вимиранню деяких, чутливих до забруднення організмів.

Мета роботи полягає у характеристиці водокористування та джерел забруднення водних об'єктів Закарпатської області з метою виділення серед них найбільш шкідливих.

Матеріали і методи: у роботі використовували статистично — довідкову інформацію, фондові матеріали, екологічний паспорт закарпатської області та нормативно правові засади.

Результати. Водні запаси України оцінюють близько 1 тис. м³ на рік, що набагато менше ніж середній показник водозабезпечення Європи (4,6 тис м³) [1]. Їх розподіл по території країни нерівномірний. За даними Державного водного господарства, в Україні забирається 18191 млн. м³ прісної води. Кількість забруднених зворотних стічних вод, що потрапляють у водотоки України складає 3943,2 млн. м³.

Дефіцит та екстенсивне використання водних ресурсів сферами діяльності людини призводять до того, що природна здатність водних об'єктів до відновлення екосистем та якості води наближається до критичного рівня, що призводить до вимирання організмів які проживають у водоймі [2].

Проте, в Україні збереглися водні об'єкти, що мають добрий екологічний стан, що відповідає встановленим екологічним нормативам. Це малі річки високогір'я Карпат, такі як Потік Оса, Озерянка, Великий Бальзатул та інші [3].

Закарпатська область має густу сітку річок в середньому 1,7 км/км². Всього в області протікає 9426 рік, що мають загальну довжину 19723 км. Найбільші з них ріки Тиса, Боржава, Латориця та Уж, що мають довжину більше 100 км і найбільші показники водокористування в своєму регіоні.

Басейн річки Латориця знаходиться в Північно-Західній частині Українських Карпат. Річка бере свій початок на південно-західних схилах Верховинського хребта. Довжина р. Латориці становить 191 км з яких 144 км в межах України, площа водозбору річки — 7860 км² з них 2907 км² в межах України [5]. У верхів'ї басейну антропогенний тиск незначний, але вниз за течією спостерігається збільшення концентрації населених пунктів, також з'являється ряд рекреаційних об'єктів таких як: санаторії «Квітка Полонини», «Кришталеве Джерело» та багато інших, що розташовані на берегах річок Піня та Латориця [5]. Ці фактори негативно впливають на екологічну ситуацію басейну.

За останні роки забір води з басейну річки Тиса на українській території збільшився від 60% до 75% від загального водозбору, але за кількісним показником забір води у басейні річки Латориця зменшився з 49,32 млн. м³ до 19,31 млн. м³ за рік (таб. 1).

Таблиця 1. Кількість в Закарпатській області

рік	Кількість забору води млн. м ³ /рік		
	всього	підземних	поверхневих
2000	49,32	29,71	19,61
2005	42,61	25,00	17,61
2009	33,65	18,07	15,58
2012	19,77	9,61	9,69
2013	19,54	9,40	10,13
2014	19,31	10,11	9,66

Для Закарпатської області, здебільшого, характерний наступний розподіл водних ресурсів серед водокористувачів: господарсько-питні потреби — 64%; виробничі потреби — 27%; сільськогосподарські потреби 9% (рис 1).

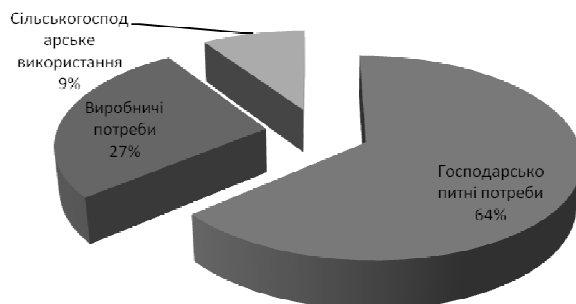


Рис. 1. Розподіл водозабору серед водокористувачів.

Відсоткове співвідношення очищених та забруднених до загальної кількості вод, що скидається у водотоки басейну зображено на рисунку 3: нормативно очищених — 85%, забруднених — 7%, без очистки — 4%, недостатньо очищених — 3%, та нормативно чистих — 1% вод (рис. 2).



Рис. 2. Використання водозабору водокористувачами басейну річки Латориця

Так як основний відсоток водоспоживання припадає на житлово-комунальну сферу, стічні води басейну р. Латориця в основному забруднені органічними речовинами, це відбувається за рахунок застарілого обладнання на станціях очистки побутових стоків.

У зв'язку з недостатнім фінансуванням та дорогою ціною обладнання у закарпатській області, стічні води без достатньої очистки часто скидаються в поверхневі води. За 2013 р. було скинуто 2,39 млн. м³ забруднених вод, як в аварійному, так і в дозвільному порядку. Тобто 14% всіх стічних вод що скидаються в басейн річки не очищується повністю.

Враховуючи значні екологічні проблеми з збереження водних ресурсів басейну річки Латориця, існує необхідність в проведенні моніторингових досліджень екологічного стану басейну р. Латориці, так як загальний стан великих річок значним чином залежить від екологічного стану саме їх невеликих приток та струмків.

Після впровадження Водної рамкової Директиви ЄС 2000 (ВРД) в країнах Євросоюзу почалась поетапна розробка та впровадження основних методів оцінки екологічного стану водних об'єктів, що добре відобразилось на процесах моніторингу екологічного стану водних об'єктів. Висновки щодо стану водного об'єкта повинні базуватись на біологічних параметрах. Лише фізико-хімічного дослідження водойм замало для постановки комплексних висновків. З впровадженням ВРД Україна взяла на себе зобов'язання за 15 років оснастити всі населені пункти з населенням більше 2000 осіб, очисними спорудами [6]. Спираючись на досвід європейських країн виконання даної умови досить добре відображається на екологічному стані водних об'єктів у які скидаються стічні води.

Дослідження стану басейну річки Латориця в межах України були проведені Інститутом гідробіології НАН України як в основному руслі річки так і її приток [4]. Відбір проб донної фауни здійснювався на 17 ділянках у вегетаційний період 2009 — 2011р. Для кожної станції відбору проб було заповнено форму «Польовий протокол». Відбір проб здійснювався шляхом змиву макробезхребетних з різних субстратів за стандартними методиками Європейського Союзу для гірських річок таких як «kickandsweep» з поетапним відбором проб за програмою «AQEM/STAR». Відібрані проби досліджувались Інститутом гідробіології у лабораторних умовах, за загальноприйнятими у гідробіології методиками [1]. Статистичну обробку отриманих даних проводили у використанні комп'ютерних програм «AquaBioBase» та «ASTERIX» [4]. Біоіндикацію по визначення екологічного стану води проводили за Індексом Вудівісса (TBI). Індекс TBI широко застосовується в дослідженнях для оцінки якості водного середовища в країнах Європейського Союзу. Індекс був розроблений Вудівіссом для річки Трент в Англії. Також він підходить для дослідження річок помірного поясу. Оцінка екологічного стану водного об'єкта за Індексом Вудівісса базується на співставленні індикаторних груп та їх кількості та кількості видів макробезхребетних організмів у цих групах для кожної станції спостереження.

В ході досліджень басейну річки Латориця було виявлено 325 видів макробезхребетних з 24 груп вищого рангу, найширше з яких були представлені комарі-дзвінці — 93 види, волохокрильці (Trichoptera) — 55 видів та личинки одноножок (Ephemeroptera) — 51 вид. А також незначну кількість тварин з груп: Моховатки (Bryozoa), Гідри (Hydrozoa), Лускокрилі (Lepidoptera), Нематоди (Nematoda), Бабки (Odonata), Губки (Spongia) по 1 видовому представнику.

Оцінка екологічного стану водних об'єктів басейну річки Латориця за індексом Вудівісса свідчить про високу якість води в гірських річках, де невелика концентрація населених пунктів (рис. 3). Це такі річки як Веля, Визниця, Жденівка.

Якщо у високогір'ї індекс Вудівісса сягав — 9—10 балів, то у середньогір'ї показники індексу знижуються до 7—8. Це пов'язано з потраплянням до річки забруднюючих речовин, та їх акумуляцією у водному об'єкті. Також Індекс ТВІ знижується нижче санаторних комплексів міста Свалява. Найнижчі показники індексу відмічені на ділянці від села Гаївці до міста Чоп — 6—7 балів.

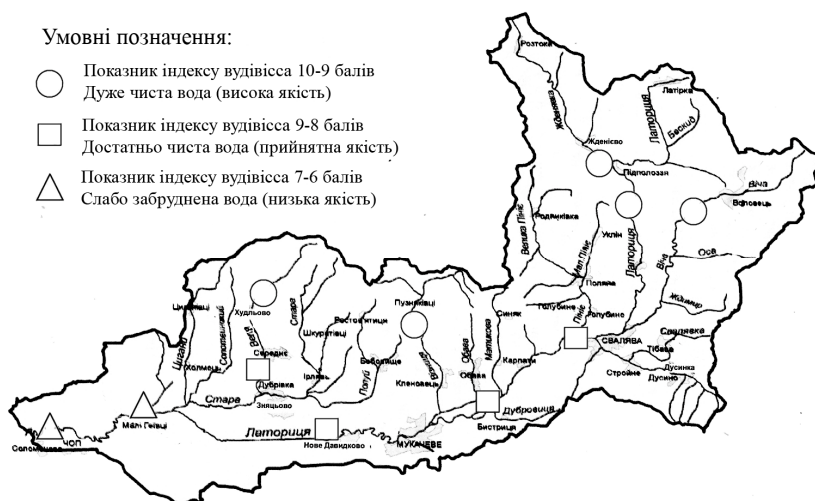


Рис. 3. Показник Індексу Вудівісса басейну річки Латориця

Показники індексу поблизу м. Чоп та досягали лише — 6 балів за індексом Вудівісса, що свідчить про погіршення якості води за рахунок недостатнього очищення стоків, атмосферних опадів що приносять розчинені агрохімікати до русла річки. Особливо вода забруднюється в результаті неповного очищення стоків міст Свалява, Мукачево, Чоп, про що свідчать зниження показники індексу Вудівісса на ділянках поблизу даних міст [4].

Для покращення екологічної ситуації регіону необхідно проведення реконструкції існуючих та будівництво нових очисних споруд відповідно до всіх вимог Водної Рамкової Директиви ЄС 2000. Також необхідно проводити постійні моніторингові дослідження з обов'язковим контролем біологічної складової басейну. В місцях, що широко використовуються в рекреаційних цілях повинні відповідати всім вимогам, а також створювати та підтримувати добрий екологічний стан водного об'єкта.

Висновки. Встановлено, що значні обсяги забруднених скидів, що щодня здійснюються у водойми Закарпатської області містять шкідливі речовини, що призводить до зниження якісних характеристик води та погіршення умов проживання гідробіонтів. Основними забрудниками водних об'єктів Закарпатської області є підприємства житлово-комунального господарства, що використовують найбільшу частку води. Також, води басейну річки Латориця зазнають значного негативного впливу внаслідок хаотичного скидання неочищених стічних вод невеликих міст, сіл та окремими водокористувачами. Така проблема може бути вирішена встановленням новітнього обладнання для очистки побутових стоків, проте встановлення устаткування такого рівня потребує значних матеріальних ресурсів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Арсан О.М. Методи гідро екологічних досліджень поверхневих вод / Арсан О. М. , Давидов О. А., Дьяченко Т. М. ; за ред. В. Д. Романенка. — НАН України Ін-т гідробіології. К.:ЛОГОС, 2006. — 408с.
2. Афанасьев С.А. Развитие европейских подходов биологической оценке состояния гидрозкосистем в мониторинге рек Украины / Афанасьев С.А. // Гидробиол. журн. — 2001. — № 5. — С3 — 18.
3. Афанасьев С.А. Структура біоти річкових систем як показник їх екологічного стану: автореф. дисертації д-ра біол. наук. — 2011.— 16-17.
4. Бектов Є.О. Біоіндикація якості вод басейну річки Латориця за показниками донних макробезхребетних. Сучасна гідро екологія: місце наукових досліджень у вирішенні актуальних проблем / Збірник матеріалів науково-практичної конференції, присвяченої 75-річчю ювілею Інституту гідробіології НАН України. — 2015. — Київ. — 12 — 14 с.
5. Ободовський О.Г. Латориця: гідрологія, гідроморфологія, руслові процеси / Ободовський О.Г., Онищук В.В, Розлач З.В.; за ред. О.Г. Ободовського. — Київ. 2012. — С.63 — 65.
6. Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy // Official Journal of the European Communities. — L 327, 22.12.2000. — 72 p.

ПРОБЛЕМЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ ЗАКАРПАТСКОЙ ОБЛАСТИ (НА ПРИМЕРЕ БАСЕЙНА РЕКИ ЛАТОРИЦА)

Е.О. Бектов, Л.Ф. Степанець, О.И. Семенова, И.Ф. Степанець

Национальный университет пищевых технологий

О.М Летицька

Институт гидробиологии НАН Украины

В статье приведена характеристика использования водных ресурсов бассейна реки Латорица в границах Украины и последние исследования его экологического состояния с использованием индекса Вудивисса (ТВІ). И рекомендации для улучшения качества водных ресурсов, а также уменьшение антропогенного влияния на водные объекты бассейна.

Ключевые слова: *басейн р. Латорица, водопользователь, донные макробезпозвоночные, биотический индекс Вудивисса, биоиндикация, бентосные организмы.*

DEFINITION OF GEOMETRICAL PARAMETERS FERMENTATION EQUIPMENT

O. Koval, I. Maksymenko, R. Leus

National University of Food Technologies

Key words:

fermentation apparatus,
mass transfer,
heat transfer,
heat flow, dynamics,
geometry

Article history:

Received 31.04.2015
Received in revised form
15.05.2015
Accepted 25.05.2015

Corresponding author:

mif63@i.ua

ABSTRACT

Mathematical models for assessing impacts of geometric parameters fermentation apparatus in terms of determining the interests of specific surface cooling and stabilizing temperature parameters.

Obtained generalizations regarding the dynamics of the generation of heat flows in fermented media and choice of geometrical parameters of devices and present impacts on mass and energy transfer in fermented media.

The influence of the choice of geometrical parameters of cylindrical and conical technological devices on the values of specific surfaces and surfaces cool. It is shown that when constructing cooling systems in the form of shirts in the environment in a conical volume will be significantly lower temperatures, leading to disruption of circulation and temperature shock appearance for microflora. The measures to activate the circulation paths and homogenization temperature fermentation media

ВИЗНАЧЕННЯ ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ БРОДИЛЬНИХ АПАРАТІВ

О.В. Коваль, аспірант,

І.Ф. Максименко, інженер,

Р.М. Леус, канд. техн. наук

Національний університет харчових технологій

Запропоновано математичні моделі для оцінки впливів геометричних параметрів бродильних апаратів з точки зору інтересів визначення питомих поверхонь охолодження і стабілізації температурних параметрів.

Одержано узагальнення, яке стосується динаміки генерування теплових потоків в зброджуваних середовищах і вибору геометричних параметрів апаратів та представлення факторів впливу на масо- і енергообмін в зброджуваних середовищах.

Ключові слова: бродіння, апарат, масообмін, теплопередача, тепловий потік, динаміка, геометрія.

Вступ. Процеси анаеробного бродіння супроводжуються матеріальною трансформацією і перетвореннями цукрів в етанол і діоксид вуглецю. При цьому умови існування дріжджів вимагають врахування такого узагальненого показника, як осмотичний тиск середовища. Звідси витікає взаємозв'язок продуктивності технологій, геометрії апаратів та їх розмірів [1, 2].

Матеріали цієї публікації присвячені розкриттю вказаних співвідношень, що визначає її мету.

Матеріали і методики досліджень. Очевидно, що першопочатковим параметром технологічного апарата є його робочий об'єм, якому відповідає номінальний об'єм середовища. Позначимо цей показник як V_p , що має доповнюватися об'ємом газової фази V_g у над-рідинному просторі. Тоді повний об'єм апарата складає $V = V_p + V_g$.

Разом з тим рідинний об'єм складається з циліндричної і конічної частин:

$$V_p = V_{p.c} + V_{p.k.}$$

Цим записам відповідають співвідношення:

$$V_{p.ц.} = \frac{\pi d^2}{4} h; \quad V_{p.к.} = \frac{\pi d^2}{12} h_k; \quad (1)$$

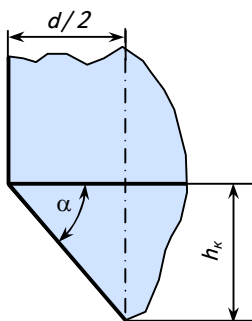
Відповідно площі робочих поверхонь, з яких складається загальна поверхня теплообміну:

$$S_{p.ц.} = \pi dh; \quad (2)$$

$$S_{p.к.} = \pi r \ell = \pi r \sqrt{r^2 + h_k^2}; \quad (3)$$

Тоді загальна поверхня, на якій відбувається теплообмін:

$$S_{заг.} = S_{p.ц.} + S_{p.к.} = \pi dh + \pi \frac{d}{2} \sqrt{\frac{d^2}{4} + h_k^2}; \quad (4)$$



В подальшій частині пошуків геометричних параметрів необхідно стабілізувати висоту конічної частини через обрану величину кута α (рис. 1).

$$h_k = (d \operatorname{tg} \alpha) / 2. \quad (5)$$

Технологічно прийнятним може бути $\alpha = 45^\circ$. Тоді

$$h_k = d/2. \quad (6)$$

Відповідно до одержаного результату маємо

$$S_{заг.} = \pi dh + \pi \frac{d}{2} \sqrt{\frac{d^2}{4} + \frac{d^2}{4}} = \pi dh + \pi \frac{d^2}{2\sqrt{2}}. \quad (7)$$

Рис. 1. Схема до визначення кута α і висоти h_k конічного об'єму

Значення кута α між горизонталлю та положенням твірної конуса може бути різним і таким, яке потребує гомогенізації середовища за показником температури. Очевидно, що вибір кута α змінює співвідношення між діаметром d і висотою конусної частини. Ці співвідношення зафіксовані в таблиці.

Узагальнимо співвідношення між величинами h_k і d позначкою k_{h_k} :

$$h_k = k_{h_k} d. \quad (8)$$

Таблиця. Співвідношення між геометричними параметрами бродильних апаратів

α , градус	15	30	45	60	75
$\operatorname{tg} \alpha$	0,268	0,578	1,0	1,732	3,732
h_k	0,134d	0,289d	0,5d	0,866d	1,866d

Тоді умова (4) переписується:

$$S_{заг.} = \pi dh + \pi \frac{d}{2} \sqrt{\frac{d^2}{4} + k_{h_k}^2 d^2}. \quad (9)$$

В останній залежності невідомою залишається висота циліндричної частини h . Для знаходження цього параметра скористаємося умовами (1) та запишемо вираз по визначенню загального об'єму:

$$V_{заг.} = \frac{\pi d^2}{4} h + \pi \frac{d^2}{12} h_k. \quad (10)$$

Звідси визначаємо:

$$h = \frac{4 \left(V_{\text{заг.}} - \pi \frac{d^2}{12} h_k \right)}{\pi d^2} = \frac{V_{\text{заг.}} - \pi \frac{d^2}{12} k_{h_k} d}{4/\pi d^2}. \quad (11)$$

В числовому прикладі прийнемо значення $V_{\text{заг.}} = 70 \text{ м}^3$, $d = 3 \text{ м}$, $\alpha = 45^\circ$, $k_{h_k} = 0,5$ і розрахуємо:

$$h = \frac{4 \left(70 - 3,14 \frac{9}{12} 0,5 \cdot 3 \right)}{3,14 \cdot 9} = 9,41 \text{ м.} \quad (12)$$

Перехід до значення $d = 2 \text{ м}$ за інших рівних умов приводить до величини

$$h = \frac{4 \left(70 - 3,14 \frac{4}{12} 0,5 \cdot 2 \right)}{3,14 \cdot 9} = 21,95 \text{ м.} \quad (13)$$

Для можливості графічної інтерпретації впливів параметрів наведемо інші розрахунки за змінних значень діаметрів d .

Так для $d = 1,5 \text{ м}$ маємо:

$$h = \frac{4 \left(70 - 3,14 \frac{2,25}{12} 0,5 \cdot 1,5 \right)}{3,14 \cdot 2,25} = 39,38 \text{ м.} \quad (14)$$

Відповідно для $d = 2,5 \text{ м}$ маємо:

$$h = \frac{4 \left(70 - 3,14 \frac{6,25}{12} 0,5 \cdot 2,5 \right)}{3,14 \cdot 6,25} = 13,85 \text{ м.} \quad (15)$$

Умові $d = 3,5 \text{ м}$ відповідає:

$$h = \frac{4 \left(70 - 3,14 \frac{12,25}{12} 0,5 \cdot 3,5 \right)}{3,14 \cdot 12,25} = 6,69 \text{ м.} \quad (16)$$

На рис. 2 наведено графік залежності $h = h(d)$.

Очевидно, що вибір різних співвідношень d і h приводить до змін величин поверхонь теплопередавання $S_{\text{заг.}}$. Виконаємо послідовні розрахунки для різних пар значень:

- для значень $d = 1,5 \text{ м}$ і $h = 39,38 \text{ м}$:

$$S_{\text{заг.}} = 3,14 \cdot 1,5 \cdot 39,38 + 3,14 \frac{1,5}{2} \sqrt{\frac{2,25}{4} + 0,25 \cdot 2,25} = 187,97 \text{ м}^2; \quad (17)$$

- для значень $d = 2,0 \text{ м}$ і $h = 21,95 \text{ м}$:

$$S_{\text{заг.}} = 3,14 \cdot 2 \cdot 21,95 + 3,14 \frac{2}{2} \sqrt{\frac{4}{4} + 0,25 \cdot 4} = 142,29 \text{ м}^2; \quad (18)$$

- для значень $d = 2,5$ м і $h = 13,85$ м:

$$S_{\text{заг.}} = 3,14 \cdot 2,5 \cdot 13,85 + 3,14 \frac{2,5}{2} \sqrt{\frac{6,25}{4} + 0,25 \cdot 6,25} = 115,66 \text{ м}^2; \quad (19)$$

- для значень $d = 3$ м і $h = 9,47$ м:

$$S_{\text{заг.}} = 3,14 \cdot 3 \cdot 9,47 + 3,14 \frac{3}{2} \sqrt{\frac{9}{4} + 0,25 \cdot 9} = 109,10 \text{ м}^2; \quad (20)$$

- для значень $d = 3,5$ м і $h = 6,69$ м:

$$S_{\text{заг.}} = 3,14 \cdot 3,5 \cdot 6,69 + 3,14 \frac{3,5}{2} \sqrt{\frac{12,25}{4} + 0,25 \cdot 12,25} = 87 \text{ м}^2;; \quad (21)$$

На рис. 3 наведено графічне відображення залежності поверхні теплопередачі від вибору співвідношень d і h для ізооб'ємних апаратів з загальним об'ємом рідинної фази $V_p = 70 \text{ м}^3$.

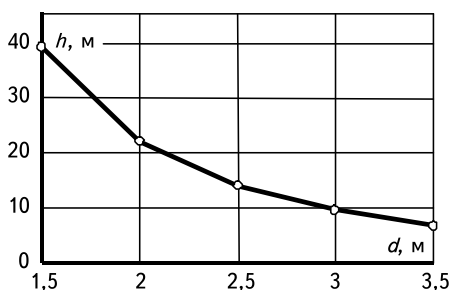


Рис. 2. Графік залежності висоти рідинного шару в циліндричній частині апарата від діаметра (формула (11))

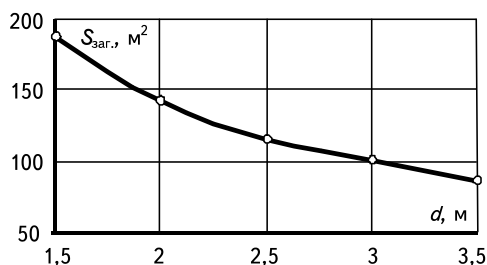


Рис. 3. Графік залежності поверхні теплопередавання від діаметра в бродильному ізооб'ємному апараті (формула (9))

Наведені результати щодо впливу співвідношень геометричних параметрів приводять до висновку про можливість варіацій за показником поверхні теплопередавання в широкому діапазоні. Однак очевидним супроводженням при цьому є зростання витрат матеріалів на виготовлення ізооб'ємних апаратів, зміни технологічних умов мікробіологічних процесів, зростання гідростатичних тисків. разом з тим вертикальна циркуляція газорідинного середовища означає присутність шоків за показником тиску і одночасно присутні локальні зони з різними температурами [3, 4]. Обмеження різниць температур на поверхні теплопередачі одночасно означає перспективи температурних шоків. Саме присутність мікробіологічної складової в середовищах означає необхідність обмеження різниці температур на поверхні теплопередачі. У зв'язку з цим зростає роль цього показника, питома величина якого визначається залежністю у формі:

$$\frac{S_{\text{заг.}}}{V_{\text{рід.}}} = \frac{\pi dh + \pi \frac{d}{2} \sqrt{\frac{d^2}{4} + k_h^2 d^2}}{\frac{\pi d^2}{4} h + \frac{\pi d^2}{12} k_h} = \frac{12 \left(h + 0,5 \sqrt{\frac{d^2}{4} + k_h^2 d^2} \right)}{3dh + dk_h}. \quad (22)$$

Очевидно, що зі збільшенням кута α об'єм конусної частини зростає, рівно як і поверхня теплопередачі. Така особливість вказаних співвідношень має важливе значення для випадків, за яких температурний перепад обмежується технологічними особливостями. Останні

стосуються апаратів мікробіологічного синтезу і у тому числі бродильних виробництв за умовою запобігання температурних шоків. Розташування поверхні охолодження на бічній циліндричній частині і на конічній частинах приводить до того, що у конусному об'ємі культуральне середовище завдяки законам циркуляції буде найбільш охолодженом, що протидіє активному масообміну в об'ємі апарата. Ліквідація цього недоліку може досягатися влаштуванням примусового циркуляційного контуру. Оскільки середовище найбільш охолоджене в нижній частині конічного об'єму, то висхідний циркуляційний контур має розпочинатися від цієї зони. За висоти шару газорідної фази від 10 до 40 м і більше влаштування циркуляційного контуру доцільно здійснювати на основі ерліфт-насоса або за рахунок подавання стиснутої газової фази в нижню частину конуса.

Присутність циркуляційної труби (варіант *а*, рис. 4) дозволяє помітно знизити тиск газової фази, що створюється компресором 3.

Введення CO_2 з об'єму газової фази в циркуляційну трубу навіть на обмеженій висоті h_0 приводить до підвищеного вмісту в ній диспергованої газової фази. За таких умов в трубі 4 виникає активний висхідний газорідний потік, який підсилюється потенціалом розчиненого газу, що у зв'язку з цим дозволяє призупиняти роботу компресора (рис. 4, *а*) і при цьому висхідний потік в циркуляційній трубі продовжує своє існування. Енергетичне джерело у такому випадку обумовлюється градієнтом розчиненого CO_2 по висоті середовища в апараті.

Циркуляційний контур по рис. 4, *б* влаштовується за умови безперервної роботи компресора, який має долати гідростатичний протитиск рідинної фази.

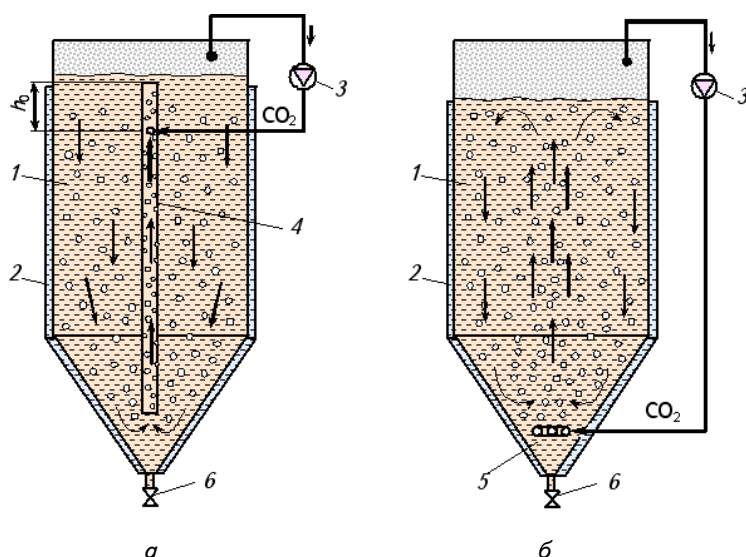


Рис. 4. Схеми влаштування циркуляційних контурів:

1 — бродильний апарат; 2 — сорочка охолодження; 3 — компресор; 4 — циркуляційна труба; 5 — газорозподільний пристрій; 6 — запірна арматура

Порівняння цих двох схем дозволяє віддати перевагу випадку з ерліфт-насосом у зв'язку з обмеженням тиску газової фази, створюваним компресором.

Висновки. Габаритні розміри бродильних апаратів визначають можливості питомих поверхонь теплопередачі при вирішенні задачі стабілізації температур середовищ. Показано, що сполучення циліндричних і конічних частин об'ємів бродильних апаратів приводять до необхідності влаштування спеціальних контурів циркуляції.

ЛІТЕРАТУРА

1. Кунце В. Технология солода и пива / В. Кунце, Г. Мит: пер. с нем. — СПб., Изд-во «Профессия», 2001. — 912 с.

2. Домарецький В.А. Технологія солоду і пива / В.А. Домарецький: підруч. для студентів вищ. закл. освіти. — К.: Урожай, 1999. — 544 с.

3. Інтенсифікація тепло- масообмінних процесів в харчових технологіях: Монографія / А.І. Соколенко, А.А. Мазаракі, О.Ю. Шевченко та ін. / Під ред. д-ра техн. наук, проф. А.І Соколенка. — К.: 2011. — 536 с.

4. Соколенко А.І. Фізико-хімічні методи обробки сировини і харчових продуктів / А.І. Соколенко, В.А. Піддубний, В.А. Гіджеліцький та ін.: підруч. для студентів ВНЗ. — К.: Кондор-Видавництво, 2015. — 324 с.

ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ БРОДИЛЬНЫХ АППАРАТОВ

О.В. Коваль, И.Ф. Максименко, Р.Н. Леус

Национальный университет пищевых технологий

Предложены математические модели для оценки влияния геометрических параметров бродильных аппаратов с точки зрения интересов определения удельных поверхностей охлаждения и стабилизации температурных параметров.

Получено обобщение, которое касается динамики генерирования тепловых потоков в сбраживаемых средах и выбора геометрических параметров аппаратов и представления факторов влияния на массо- и энергообмен в сбраживаемых средах.

Ключевые слова: брожение, аппарат, массообмен, теплопередача, тепловой поток, динамика, геометрия.

DETERMINATION OF THE COEFFICIENT OF MASS TRANSFER IN THE LIQUID PHASE AT A CO₂ ABSORPTION OF WATER IN CAPILLARY-POROUS DEVICES

A.N. Svitlyk, A.N. Prohorov

National University of Food Technologies

Key words:

carbon dioxide
mass transfer coefficient
and mass transfer
process of absorption
capillary-porous channel

Article history:

Received 16.03.2015
Received in revised form
15.04.2015
Accepted 9.05.2015

Corresponding author:

the_djs@live.com

ABSTRACT

The process of absorption of carbon dioxide with water in capillary-porous channels developed a theoretical model determining factor mass transfer. Experimentally that mass transfer coefficient β_L depends on changes in system pressure, water temperature and diameter of the capillary channel. Coefficient β_L proportional to the magnitude of water temperature and inversely proportional to the pressure changes in the system and the diameter of the capillary. Using multivariate experiment provides a linear regression equation. Analysis of the equation showed that the coefficient in the liquid phase mass transfer β_L factors affecting research in the following order: the system pressure P , the capillary diameter d_k and the water temperature t °C. This paper shows the dependence of the liquid phase in mass transfer the growth temperature and pressure changes on the system

ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА МАСОВІДДАЧІ У РІДИННІЙ ФАЗІ ПРИ АБСОРБЦІЇ CO₂ ВОДОЮ В КАПІЛЯРНО-ПОРИСТИХ ПРИСТРОЯХ

А.М. Світлик, асп., О.М. Прохоров, доц.

Національний університет харчових технологій

Для процесу абсорбції діоксиду вуглецю водою в капілярно-пористих каналах розроблена теоретична модель визначення коефіцієнта масовіддачі. Експериментально встановлено, що коефіцієнт масовіддачі β_L , залежить від зміни тиску в системі, температури води і діаметра капілярного каналу. Коефіцієнт β_L пропорційно залежить від величини температури води і обернено пропорційно залежить від зміни тиску в системі і діаметра капіляра.

Ключові слова: діоксид вуглецю, коефіцієнт масопередачі і масовіддачі, процес абсорбції, капілярно-пористий канал.

Вступ. Процес масопередачі включає процес масовіддачі в межах кожної з двох взаємодіючих фаз та процес перенесення розподіляємої речовини через поверхню розділення фаз.

Для погано розчинених газів, до яких відноситься діоксид вуглецю, коефіцієнт масопередачі рідинної фази рівний коефіцієнту масовіддачі в рідинній фазі.

Швидкість процесу абсорбції, при умові, рушійна сила виражається в концентрації рідинної фази, можна визначити за рівнянням [1]

$$M = \beta_L \cdot F \cdot \Delta X_{cp}, \quad (1)$$

де β_L — коефіцієнт масовіддачі від поверхні контакту фаз до рідинного потоку, м/с; F — поверхня розділення фаз, м²; ΔX_{cp} — середня рушійна сила процесу абсорбції, кг/м³.

Мета роботи. Встановлення дії основних факторів процесу абсорбції — тиску в системі, температури води та діаметру пористого капіляру на значення коефіцієнта масовіддачі.

Основна частина. Згідно розробленої математичної моделі для капілярно-пористих пристроїв, коефіцієнт масовіддачі від поверхні контакту фаз до рідинного потоку визначається за формулою [2]

$$\beta_L = k \sqrt{\frac{D \cdot \omega}{2\pi \cdot b}}, \quad (2)$$

де k — експериментальний коефіцієнт; D — коефіцієнт молекулярної дифузії діоксиду вуглецю у воді, м²/с; ω — швидкість руху рідинного снаряду в капілярі, м/с; b — довжина рідинного снаряду, м.

Коефіцієнт молекулярної дифузії CO₂ у воді, при певній температурі D_t , виражається через коефіцієнт дифузії при температурі води 20 °C залежністю [3]

$$D_t = D_{20} [1 + b(t - 20)], \quad (3)$$

де b — температурний коефіцієнт, який розраховується по емпіричній залежності

$$b = 0,2 \frac{\sqrt{\mu}}{\sqrt[3]{\rho}}, \quad (4)$$

де μ — динамічний коефіцієнт в'язкості води при $t = 20$ °C, $\mu = 1,005$ МПа · с; ρ — густина води $t = 20$ °C, $\rho = 998$ кг/м³.

Залежність коефіцієнта дифузії діоксиду вуглецю водою при зростанні температури води зображена на рис. 1.

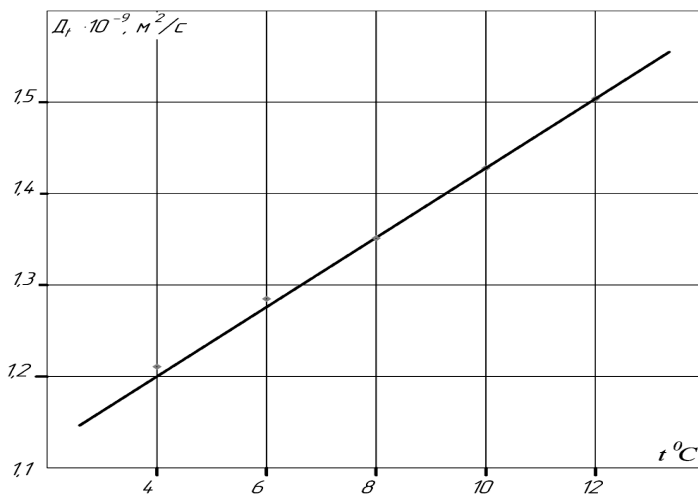


Рис. 1. Залежність коефіцієнта дифузії CO₂ водою при зміні її температури

Коефіцієнт дифузії CO₂ у воді, при зростанні температури води від $t = 4$ °C до температури $t = 12$ °C, збільшується від значення $1,2 \cdot 10^{-9}$ до значення $1,5 \cdot 10^{-9}$ м²/с

Коефіцієнт дифузії діоксиду вуглецю у воді, при зростанні її температури, описується лінійною функціональною залежністю

$$D_r = (0,038 \cdot t + 1,047) \cdot 10^{-9}, \text{ м}^2/\text{с}, \quad (5)$$

Коефіцієнт масовіддачі в рідинній фазі, згідно рівняння (2), залежить від зміни температури води.

На рис. 2 зображена залежність коефіцієнта масовіддачі в рідинній фазі від зростання температури води від 4 до 12°C для капілярних каналів діаметром Ш10 і Ш20 мм та при зміні тиску в системах 0,4-0,6 МПа.

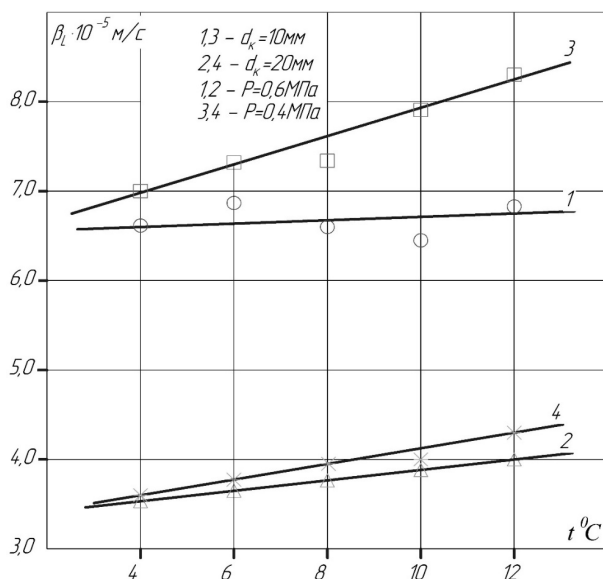


Рис. 2. Залежність коефіцієнта масовіддачі в рідинній фазі від зміни її температури

При зростанні температури води, коефіцієнт масовіддачі в рідинній фазі збільшується. Коефіцієнт β_L для каналу діаметром 10 мм значно більший чим для каналу діаметром 20 мм при однакових значеннях температури води та тиску в системі. Даний ефект пов'язаний з дією в'язкісних сил на гідродинаміку двофазних газорідинних систем зі збільшенням діаметра капіляра.

Значення коефіцієнта масовіддачі в рідинній фазі при абсорбції діоксиду вуглецю водою від зміни температури води апроксимовано лінійною залежністю

$$\beta_L = (k \cdot t + b) \cdot 10^{-5}, \quad (6)$$

де k, b — експериментальні коефіцієнти, які наведені в таблиці 1.

Таблиця 1

Значення досліджуваних параметрів		Значення коефіцієнтів	
		k	b
$d_k = 10\text{мм}$	$P = 0,6\text{МПа}$	0,0118	6,525
	$P = 0,4\text{МПа}$	0,1563	6,375
$d_k = 20\text{мм}$	$P = 0,6\text{МПа}$	0,0558	3,2941
	$P = 0,4\text{МПа}$	0,1196	3,1652

На рис. 3 зображена залежність коефіцієнта масовіддачі в рідинній фазі для процесу абсорбції CO_2 водою від зміни тиску в системі

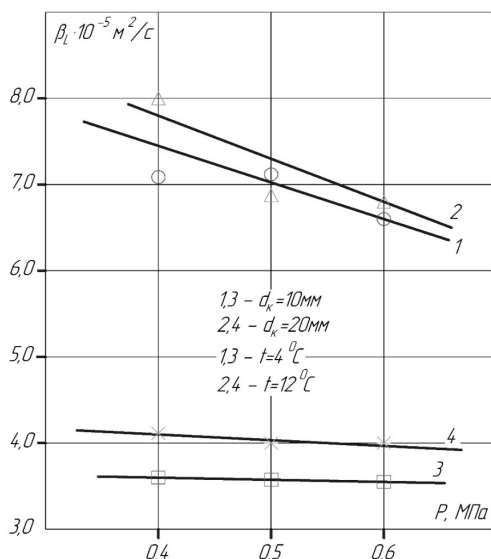


Рис. 3. Залежність коефіцієнта масовіддачі в рідинній фазі від зміни тиску в системі

При зростанні тиску в системі коефіцієнт масовіддачі в рідинній фазі β_L зменшується. Для капілярів діаметром 10 мм коефіцієнт β_L менший чим для капілярів діаметром 20 мм, при одних і тих же значеннях температури води та тиску в системі.

Функціональна залежність, що описує вплив значення тиску в системі на коефіцієнт β_L , має слідуочий вигляд

$$\beta_L = (a - b \cdot P) \cdot 10^{-5}, \quad (7)$$

де a, b — експериментальні коефіцієнти, які наведені в таблиці 2.

Таблиця 2

Значення досліджуваних параметрів		Значення коефіцієнтів	
		a	b
$d_k = 10$ мм	$t = 4^\circ\text{C}$	9,0	4,0
	$t = 12^\circ\text{C}$	9,8	5,0
$d_k = 20$ мм	$t = 4^\circ\text{C}$	3,7	0,33
	$t = 12^\circ\text{C}$	4,4	0,83

Використання методу багатофакторного експерименту по впливу на коефіцієнт масовіддачі у рідинній фазі при абсорбції CO_2 водою в капілярно-пористих каналах дозволив отримати рівняння лінійної регресії [4].

$$\beta_L = (11,23 + 0,079t - 2,76P - 0,332d_k) \cdot 10^{-5} \quad (8)$$

Висновки. Аналіз рівняння (8) дозволив зробити наступні висновки:

Коефіцієнт масовіддачі в рідинній фазі при абсорбції діоксиду вуглецю водою β_L пропорційно залежить від температури води і обернено пропорційно залежить від зміни тиску в системі та діаметра капіляра;

На коефіцієнт масовіддачі в рідинній фазі β_L впливають фактори дослідження в наступній послідовності: тиск в системі P , діаметр капіляра d_k і температура води t °C.

ЛІТЕРАТУРА

1. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии : підруч. / А. Г. Касаткин. — М.: Химия, 1971. — 784 с.
2. Світлик А.М. Моделювання процесу абсорбції в прохідних пористих капілярах / А. М. Світлик, О.М. Прохоров // Харчова промисловість. — 2015. — № 16. — С.
3. Павлов К.Ф. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии : підруч. / К.Ф. Павлов, П. Г. Романков, А. А. Носков. — Л.: Химия, 1987. — 567 с.
4. Винарский М.С. Планирование эксперимента в технологических исследованиях : підруч. / М. С. Винарский, М. В. Лурье. — К.: Техника, 1975. — 168 с.
5. Ребров Е.В. Применение микротехнологий для интенсификации промышленных процессов / Е. В. Ребров // Химическая технология. — 2009. — Т. 10, №10. — С. 595.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА МАССООТДАЧИ В ЖИДКОСТНОЙ ФАЗЕ ПРИ АБСОРБЦИИ CO₂ ВОДОЙ В КАПИЛЛЯРНО-ПОРИСТЫХ УСТРОЙСТВАХ

А.М. Свитлык, А.Н. Прохоров

Национальный университет пищевых технологий

Для процесса абсорбции диоксида углерода водой в капиллярно-пористых каналах разработана теоретическая модель определения коэффициента массоотдачи. Экспериментально установлено, что коэффициент массоотдачи β_L зависит от изменения давления в системе, температуры воды и диаметра капиллярного канала. Коэффициент β_L пропорционально зависит от величины температуры воды и обратно пропорционально зависит от изменения давления в системе и диаметра капилляра.

Ключевые слова: диоксид углерода, коэффициент массопередачи и массоотдачи, процесс абсорбции, капиллярно-пористый канал.

RECURRENT NONLINEAR ANALYSIS OF TIME SERIES MASHING THE MALT AS A COMPLEX SYSTEM WITH INTERMITTENCE

V.D. Kishenko, N.V. Chernetski

National University of Food Technologies

Key words:

recurrent diagrams, reconstruction phase space, time series, synergistic control, smoothing

Article history:

Received 10.04.2015
Received in revised form 15.05.2015
Accepted 10.06.2015

Corresponding author:

tmpt_xp@ukr.net

ABSTRACT

These results mashing process the malt to breweries as a complex dynamic system from the standpoint of nonlinear dynamics. Analyzed time series of technological parameters of control object based on the fundamental properties of dissipative dynamic systems recurrence. It was built recurrence diagram where the class of structures: topology that meets the large-scale structure and texture corresponding to small-scale structures. Quantitative assessment of the behavior of control object as a complex nonlinear system in the form of measures, recurrence, determinism, entropy. Obtained recurrent diagrams and the quantitative analysis of nonlinear systems assessments of measures revealed features mashing process the malt (stochasticity, randomness, changing noise, presence trends) that ensures the implementation of effective resource saving management systems synergistic mash unit

НЕЛІНІЙНИЙ РЕКУРЕНТНИЙ АНАЛІЗ ЧАСОВИХ РЯДІВ ПРОЦЕСУ ЗАТИРАННЯ СОЛОДУ ЯК СКЛАДНОЇ СИСТЕМИ З ПЕРЕМІЖНІСТЮ

В.Д. Кишенько, канд. техн. наук, М.В. Чернецький, аспірант

Національний університет харчових технологій

Наведені результати досліджень процесу затирання солоду на пивзаводах як складної динамічної системи з позицій нелінійної динаміки. Аналізувались часові ряди технологічних параметрів даного об'єкта керування на основі фундаментальної властивості дисипативних динамічних систем — рекурентності. Отримані рекурентні діаграми та проведений кількісний аналіз оцінок мір нелінійних систем дозволили виявити особливості процесів затирання солоду (стохастичність, хаотичність, змінювання рівня шумів, наявність трендів), що забезпечує реалізацію ефективних ресурсощадних систем синергетичного керування затормим апаратом.

Ключові слова: рекурентні діаграми, реконструкція фазового простору, часовий ряд, синергетичне керування, затирання.

Вступ. Підтримка певних технологічних параметрів складних систем управління на конкретному, чітко визначеному рівні, коли система характеризується віддаленістю від стану термодинамічної рівноваги і утворення дисипативних просторово-часових структур, є актуальною проблемою на даному етапі розвитку системи автоматизації виробництва.

Поведінка таких об'єктів характеризується переміжністю. Переміжністю називають повторення детермінованості, стохастичності і хаотичності в об'єкті. Хаотична поведінка

об'єкта управління викликана низкою внутрішніх факторів і дуже часто відіграє конструктивну роль у адаптації складних систем через самоорганізацію.

Для створення ефективного управління, що побудоване на синтезі керуючих стратегій, топологічно узгодженого ресурсозберігаючого характеру резонансної дії, необхідно здійснити ряд експериментальних досліджень таких об'єктів виробництва методами нелінійної динаміки.

В даній роботі був використаний метод, побудований на властивості системи — рекурентності. Цей метод аналізу базується на представленні властивостей об'єкта керування у вигляді геометричних просторово-часових структур. Він може бути інструментом для виявлення залежностей у процесах, за якими спостерігаємо.

Матеріали і методи. В даній статті досліджується рекурентний метод для аналізу часових рядів технологічного процесу приготування пивного суслу варочного відділення пивзаводу.

Дослідження такої складної системи із використанням методу рекурентного аналізу можна проводити навіть у випадку врахування лише однієї змінної координати, виходячи із теореми Таккенса про те, що за дією окремих змінних в складних системах, можна визначити динаміку всієї системи в цілому [1].

Із теореми Таккенса, еквівалентна фазова траєкторія, що зберігає структуру оригінальної фазової траєкторії, може бути відновлена через одну спостережувану змінну, а саме через її часовий ряд. Нехай ця змінна буде X , що вкладена в псевдофазовий простір сталої розмірності m :

$$\begin{cases} x_1^m = (x_1, x_2, \dots, x_m) \\ x_2^m = (x_2, x_3, \dots, x_{m+1}) \\ x_{N-m}^m = (x_{N-m}, x_{N-(m+1)}, \dots, x_N) \end{cases} \quad (1)$$

Було запропоновано метод відображення m — мірної фазової траєкторії стану системи процесу, за яким ведеться спостереження. Для дослідження було обрано часовий ряд технологічного параметра — температури затирання, на двохмірну квадратичну подвійну матрицю розміром $N \times N$, при якому N — відповідає повторенню стану при деякому часі i в деякий інший час j , а дві координати осі є осями часу. Графічне представлення такого процесу називають рекурентною діаграмою, або скорочено RP (recurrence plots) і є проекцією m -мірного псевдофазового простору на площину [2]. Рекурентні діаграми — ефективний комплексний метод дослідження складних динамічних систем за часовими рядами змінних, в якому органічно пов'язані візуальні можливості (діаграми) і потужний обчислювальний апарат (міри).

Рекурентна діаграма описується таким чином:

$$R_{i,j}^{m,\varepsilon} = \Theta(\varepsilon_i - \|x_i - x_j\|) \quad (2)$$

де, $\{x_i\} = [x_1, x_2, \dots, x_N] \in R^m$, $i, j = 1, 2, \dots, N$, N — кількість спостережуваних станів досліджуваного процесу, ε_i — розмір околу точки x_i в момент i , $\|x_i - x_j\|$ — відстань між точками, $\Theta(\bullet)$ — функція Хевісайда.

Для детального аналізу процесів, за допомогою рекурентних діаграм, використовують два класи: топології і текстура зображень. Слід врахувати, що топологія, яка представлена великими структурами дає лише загальне уявлення про характер процесів по чотирьох класах: однорідні, періодичні, дрейф, білі області. Текстура зображень характеризує дрібну структуру діаграми і побудована із окремих точок, а також із ліній: вертикальних, горизонтальних, діагональних.

Рекурентні діаграми дозволяють здійснити візуальний аналіз траєкторії у фазовому просторі високої розмірності. Зовнішній вигляд діаграми дає уявлення про еволюцію цих траєкторій з часом. Виділяють два основних класи структур: топологія (topology), що відповідає великомасштабним структурам, і текстура (texture), що відповідає дрібномасш-

табним структурам. Топологія дозволяє побачити і оцінити характер процесу. Існують чотири різних класи структур: однорідні (нормально розподілений шум), періодичні (генератор Ван дер Поля), дрейф (відображення ікеди із накладеної лінійно збільшуваної послідовності), контрастні області і лінії (загальний броунівський рух) [3].

Провівши візуальне дослідження рекурентних діаграм, ми можемо провести також їх числовий аналіз. Методику кількісного аналізу рекурентних діаграм для визначення числових показників створили Збилут і Вебер [4]. Суть методу полягає у визначенні щільності рекурентних точок і діагональних структур діаграми. В результаті для дослідження можна визначити такі кількісні показники як: міра рекурентності (RR), міра детермінованості (DET), середня довжина діагональних ліній (L), ентропія (ENTR), тренд (TREND). Згодом Марваном було запропоновано розраховувати міри, що засновані на вертикальних чи горизонтальних структурах рекурентних діаграм [5, 6]. А саме, такі міри як: міра замирання (LAM), показник затримки (TT). Також розраховують міру частоти (CLEAN), тобто оцінку балансу між стохастичною і детермінованою складовою. У більшості випадків для розрахунку мір використовують рекурентні діаграми із сталим значенням порогу.

Міра рекурентності розраховується за [3]:

$$RR = \frac{1}{N^2} \sum_{i,j=1}^N R_{i,j}^{m,\varepsilon} \quad (3)$$

Міра рекурентності показує щільність рекурентних точок. Вираховується це значення підрахунком ліній ідентичності. Також, дана міра, показує імовірність знаходження рекурентної точки в рекурентній діаграмі. Процеси із стохастичною поведінкою можуть утворювати надзвичайно короткі діагоналі або взагалі не утворювати їх. Процеси із детермінованою поведінкою утворюють довгі діагоналі і зовсім малу кількість окремих рекурентних точок.

Отже, можна визначити співвідношення рекурентних точок, що будують діагональні структури, до загальної кількості точок за (4):

$$DET = \frac{\sum IP_{\varepsilon}(I)}{\sum R_{i,j}^{m,\varepsilon}} \quad (4)$$

Цей показник називають мірою детермінованості або передбачуваності системи. Потрібно врахувати, що міра передбачуваності немає реального значення детермінованості процесу. Мінімальна довжина $l_{\min}$ — це крайнє значення, що виключає наявність діагональних ліній, які створені значенням тангенса руху траєкторії у фазовому просторі. Якщо $l_{\min} = 1$, то і $DET = 1$. По діагональним структурам можна визначити час, в ході якого частина траєкторії проходить достатньо близько до іншої частини траєкторії. Отже по даним лініям можна визначити розходження елементів траєкторії.

Наступний показник, як середня довжина діагональної лінії L , показує час на протязі якого дві частини траєкторії проходять близько одна до одної. Може розглядатися як середній час передбачуваності і визначається за (5):

$$L = \frac{\sum_{I=l_{\min}}^N IP_{\varepsilon}(I)}{\sum_{I=l_{\min}}^N P_{\varepsilon}(I)} \quad (5)$$

Показник DIV дивергенція (6) визначає максимальну довжину діагональних структур або її інверсія

$$l_{\max} = \max(l_i; i = 1 \dots N_l), \quad DIV = \frac{1}{L_{\max}} \quad (6)$$

Встановлено, що довжини діагональних ліній співвідносяться із найбільш позитивним показником Ляпунова, у випадку, коли вони існують для досліджуваної системи. В результаті дослідження були визначені оцінки максимально позитивного показника Ляпунова із використанням довжини діагональних ліній. Міра ентропії (7) співвідноситься до ентропії Шеннона частотного розподілення довжин діагональних ліній.

$$ENTR = - \sum_{l=l_{\min}}^N p(l) \ln p(l) \quad (7)$$

де, $p(l) = \frac{P^{\varepsilon}(l)}{\sum_{l=l_{\min}}^N P^{\varepsilon}(l)}$ показує складність детермінованої складової системи.

Співвідношення між DET і RR можна розрахувати із частотного розподілення довжин діагональних ліній.

$$RATIO = N_2 \frac{\sum IP_{\varepsilon}(l)}{(\sum IP_{\eta}(l))^2} \quad (8)$$

Дослідження показали, що дана міра може бути використана для розпізнавання фазових переходів у випадках коли RR зменшується, а DET — незмінне.

$$LAM = \frac{\sum v P^{\varepsilon}(v)}{\sum R^m, \varepsilon_{i,j}} \quad (9)$$

Міра замирання LAM показує співвідношення кількості рекурентних точок, що утворюють горизонтальні лінії до загальної кількості рекурентних точок. Показник характеризує наявність станів замирання системи. Замиранням вважають стан системи, коли рух цієї системи по фазовій траєкторії зупиняється або відбувається дуже повільно.

Середня довжина горизонтальних структур (показник затримки) визначається за (10):

$$TT = \frac{\sum_{v=v_{\min}}^N v P^{\varepsilon}(v)}{\sum_{v=v_{\min}}^N P_{\varepsilon} v} \quad (10)$$

Даний показник характеризує середній час, за який система може провести в більш-менш стабільному стані. Вплив стохастичної складової на систему відображається на діаграмі у вигляді появи окремо стоячих точок або коротеньких діагональних ліній. Стохастична складова у деяких випадках взагалі може не утворювати діагональних ліній.

Міра співвідношення кількості точок, що формують діагональну лінію довжиною $l < l_{\min}$ до кількості точок, що формують діагональні лінії $l > l_{\min}$

$$CLEAN = \frac{\sum_{l=1}^{l_{\min}-1} l P^{\varepsilon}(l)}{\sum_{l=l_{\min}}^{N_l} l P^{\varepsilon}(l)} \quad (11)$$

називається мірою частоти і показує вплив стохастичної складової процесу. При наявності переважності цієї складової значення CLEAN зростає.

Результати. Для дослідження було обрано часовий ряд зміни температури затирання варочного відділення пивзаводу (рис. 1).

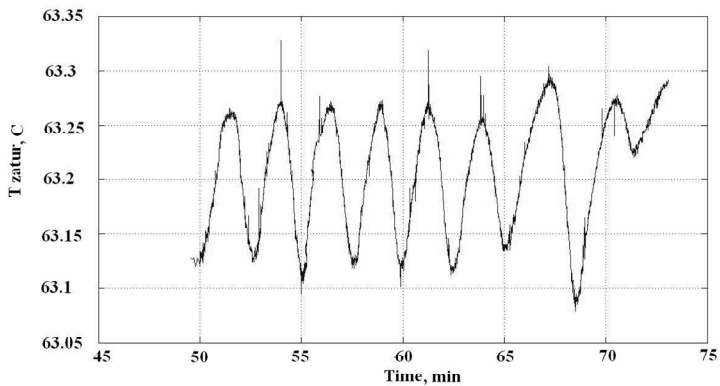


Рис. 1. Часовий ряд зміни температури затирання

В результаті обробки отримуємо рекурентну діаграму процесу затирання (рис. 2).

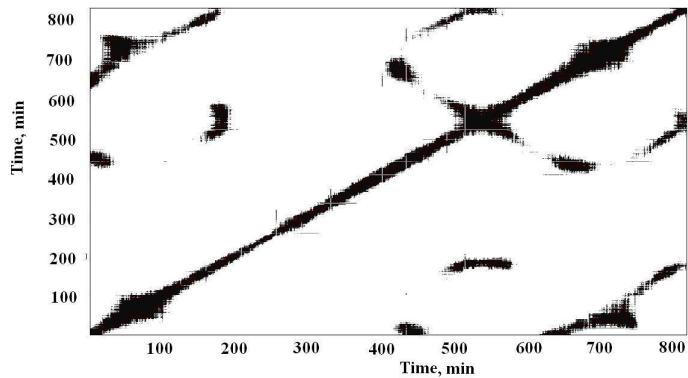


Рис. 2. Відображення рекурентної діаграми температури затирання («чорного» шуму)

Далі побудуємо текстуру, яка дає можливість оцінити відстань між станами системи на діаграмі відстаней, що відображається певною кольоровою палітрою (рис. 3).

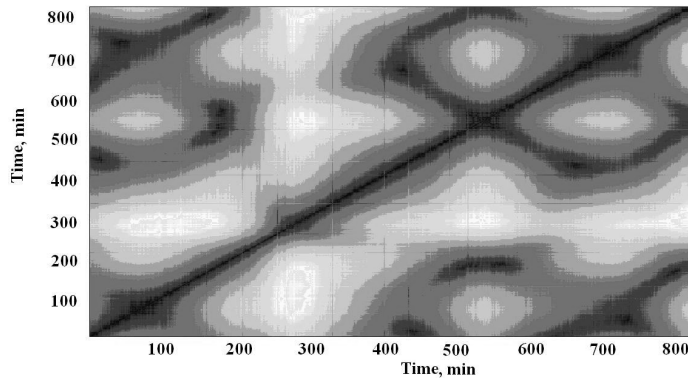


Рис. 3. Відображення текстури рекурентної діаграми («чорного» шуму)

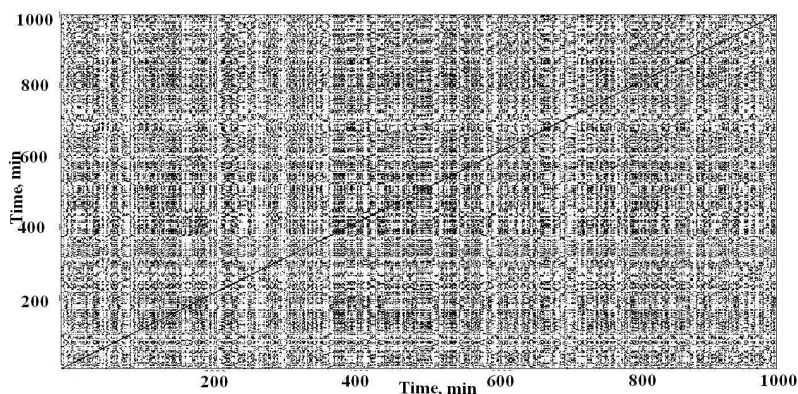


Рис. 4. Відображення рекурентної діаграми температури затирання (хаотичний процес)

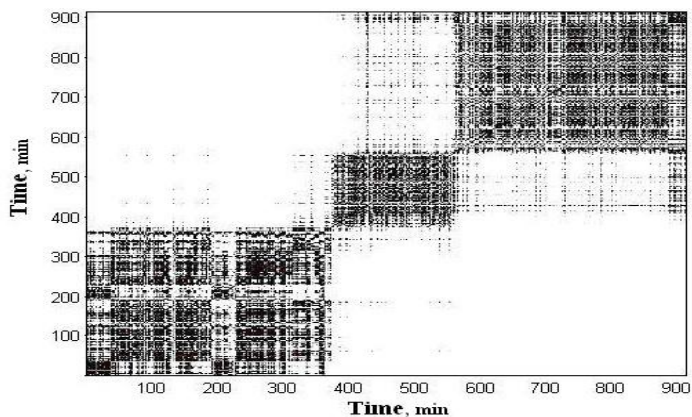


Рис. 5. Відображення рекурентної діаграми температури затирання (контрасна топологія)

Для відображення більш повної картини можна виконувати реконструкцію атрактора, для визначення областей притягання динамічної системи.

Таблиця. Кількісний аналіз рекурентних діаграм

Mipa				
RR	0.085	0.213	0.099	0.112
DET	0.389	0.647	0.478	0.512
L	4.756	2.995	3.553	2.851
DIV	0.015	0.031	0.027	0.039
ENTR	1.198	1.13	1.47	1.26
RATIO	4.892	5.111	5.396	4.561
LAM	0.614	0.518	0.61	0.589
TT	2.977	4.144	2.735	3.781

Виходячи візуального та кількісного аналізу отриманих рекурентних діаграм, встановлена перемінність в поведінці об'єкта керування (технологічного процесу затирання солоду), тобто чередування хаотичних (рис. 4) та стохастичних режимів (рис. 2), наявності тренду (рис. 5). Визначені особливості поведінки об'єкта за допомогою мір, що дозволило

оцінити максимальні показники Ляпунова, визначити характер процесів (стохастичність, хаотичність, періодичність), виявити певні прояви поведінки об'єкта (зміна режимів, співвідношення рівня шуму/корисний сигнал, зміна трендів).

Висновки. Реальні технологічні об'єкти управління є складними нелінійними об'єктами. Вони можуть характеризуватись різноманітною поведінкою. В своїй поведінці можуть проявляти як детермінованість, стохастичність, хаотичність. В залежності від режиму необхідно обрати певну стратегію управління.

Одна із найскладніших у плані управління — хаотична поведінка технологічного об'єкта. Вона досліджувалась методами нелінійної динаміки, що дозволило визначити якісні і кількісні показники ефективності, що створило необхідні передумови для розробки сучасних ресурсощадних систем синергетичного управління хаотичними процесами, до яких відносяться процеси затирання солоду на пивзаводах.

ЛІТЕРАТУРА

1. Grassberger P. Characterization of strange attractors [Text] / P. Grassberger, I. Procaccia // Phys. Rev. Lett., №50, 1983. — P. 346-349.
2. Eckmann J.P. Recurrent Plots of Dynamical System [Text] / J.P. Eckmann, S.O. Kamphorst, D. Ruelle // Europhysics Letters 5. — 1987. — P. 973-977.
3. Владимирский Э.И. Синергетические методы управления хаотическими системами [Текст] / Э.И. Владимирский, Б.И. Исмаилов. — Баку: ELM, 2011. — 240 с.
4. Iwanski J.S. Recurrence plots of experimental data: To embed or not to embed? [Text] / J.S. Iwanski, E. Bradley // Chaos, № 8(4), 1998. — P. 861—871.
5. Федер Е. Фракталы [Текст] / Е. Федер. — М.: Мир, 1991. — 261 с.
6. Шелухин О.И. Фрактальные процессы в телекоммуникациях [Текст] / О.И. Шелухин, А. М. Тенякиев, А.В. Осин. — М.: Радиотехника, 2003. — 480 с.
7. Ляшенко С.А. Оценка модели псевдолинейной регрессии [Текст] / С.А. Ляшенко, А.С. Ляшенко // Моделирование объектов и систем управления. Автоматика. Автоматизация. Электротехнические комплексы и системы, №1(25), 2010. — С. 36—41.

НЕЛИНЕЙНЫЙ РЕКУРРЕНТНЫЙ АНАЛИЗ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ ПРОЦЕССА ЗАТИРАНИЯ СОЛОДА КАК СЛОЖНОЙ СИСТЕМЫ С ПЕРЕМЕЖНОСТЬЮ

В.Д. Кишенько, Н.В. Чернецкий

Национальный университет пищевых технологий

Приведены результаты исследований процесса затирання солода на пивзаводах как сложной динамической системы с позиции нелинейной динамики. Анализировались временные ряды технологических параметров данного объекта управления на основе фундаментального свойства диссипативных динамических систем - рекуррентности. Полученные рекуррентные диаграммы и проведен количественный анализ оценок мер нелинейных систем позволил выявить особенности процессов затирання солода (стохастичность, хаотичность, изменения уровня шумов, наличия трендов), что обеспечивает реализацию эффективных ресурсосберегающих систем синергетического управления заторным аппаратом.

Ключевые слова: рекуррентные диаграммы, реконструкция фазового пространства, временной ряд, синергетическое управление, затиранье.

USE THE FILTRATE BARDS IN THE PREPARATION OF GRAIN BATCH

P.L. Shiyan, T.O. Mudrak, I.A. Boiarchuk

National University of Food Technologies

V.V. Sosnitsky

State enterprise of alcohol and liquor industry «UKRSPYRT»

Key words:

fermentation mash filtrate bards, volatile organic impurities of alcohol, use of the multiplicity of the filtrate bards

Article history:

Received 24.02.2015

Received in revised form 13.03.2015

Accepted 17.04.2015

Corresponding author:

zevs-gromovuk@mail.ru

ABSTRACT

In a market economy to the domestic alcohol industry faces challenges, first and foremost, is to reduce production costs through the development and implementation of principally new innovative technologies that provide increased specific output of commodity products while maximizing utilization of waste.

Analysis alcoholic fermentation of starch mash the replacement process water filtrate bards at the stage batch cooking. It was established that the use of leachate bards positively affects the activity of yeast cells, reducing the synthesis of volatile organic impurities and acids.

Defined maximum number of replacement water use and multiplicity filtrate bards at the stage of preparation of mixing depending on the dry matter content in the must

ВИКОРИСТАННЯ ФІЛЬТРАТУ БАРДИ ПРИ ПРИГОТУВАННІ ЗЕРНОВИХ ЗАМІСІВ

П.Л. Шиян, д-р техн. наук, Т.О. Мудрак, канд. техн. наук,

Я.А. Боярчук, аспірант

Національний університет харчових технологій

В.В. Сосницький, канд. техн. наук

ДП «Укрспирт»

Проведено дослідження спиртового зброджування крохмалевмісної сировини із заміною технологічної води фільтратом барди на стадії приготування замісу. Встановлено, що використання фільтрату барди впливає на синтез летких органічних домішок спирту. Визначено оптимальну кратність використання фільтрату барди на стадії приготування замісу.

Ключові слова: зброджування, сусло, фільтрат барди, леткі органічні домішки спирту, кратність використання фільтрату барди.

Вступ. В переробних галузях України, і зокрема в спиртовій, залишається актуальною проблемою утилізація відходів, що утворюються в процесі виробництва товарної продукції. Щорічно на підприємствах спиртової галузі утворюється біля 3,2 млн. м³ післяспиртової барди. Традиційно післяспиртова барда використовувалась на корм тварин. Корені зміни, що пройшли в Україні останнім часом призвели до зниження поголів'я худоби у приватному секторі та відгодівельних комплексах. Реалізація нативної барди на більшості спиртових заводів практично зведена до мінімуму. Нативну барду відводять до ставків-накопичувачів погіршують екологічну ситуацію прилеглих територій.

У світовій практиці існує два основних способи утилізації післяспиртової барди. Перший спосіб упарювання барди з подальшим її висушуванням. Даний спосіб практично не використовується через його величезну енергоємність та низьку рентабельність. Другий спосіб більш

ефективний і передбачає попередню фільтрацію барди та остаточну сушку вологого концентрату (КЕК) з одержанням сухого кормового продукту, який містить до 30 % білка [1].

Фільтрат барди використовують на стадії приготування зернового замісу, що скорочує не тільки кількість фільтрату барди, а також зменшує загальну кількість технологічної води.

Мета досліджень. Метою дослідження є визначення оптимальної кількості фільтрату барди на стадії приготування замісу в залежності від концентрації сухих речовин сусла та кратності його використання на синтез летких органічних домішок.

Методи досліджень. Аналізи проб здійснювали газохроматографічним методом на газовому хроматографі «Кристал-2000М».

Результати та обговорення. В Національному університеті харчових технологій проводиться системні дослідження, спрямованні на оптимізацію технології спиртового виробництва при частковій заміні технологічної води фільтратом барди на стадії приготування зернових замісів.

В попередніх дослідженнях авторами були визначені фізико-хімічні та хіміко-технологічні показники напівпродуктів виробництва і розрідженого замісу, оцукреного сусла, спиртової бражки, післяспиртової барди та його фільтрату.

На підставі цих досліджень була запропонована технологія постадійного гідролізу біополімерів зерна, та їх залишків у фільтраті барди концентрованими ферментними препаратами різної селективної дії при 60 %-й заміні технологічної води фільтратом, що відповідає 100 % використанню фільтрату барди при концентрації спирту в бражці 9,66 ваг.%, концентрація бражного дистиляту 30 ваг.% та закритому обігріві бражної колони (табл. 1).

Кількість фільтрату барди при «закритому» обігріві бражної колони і концентрації спирту в бражках (X_B) більше 6,0 об.% завжди менша ніж кількість води потрібної для приготування замісу і залежить від багатьох факторів: кількості бражки (Б), концентрації спирту в бражці (X_B), кількості бражного дистиляту (Д), концентрації спирту у бражному дистиляті (X_D), кількості граючої пари на бражну колону (P_B) та способу її обігріву, гідромодуля, концентрації сухих речовин барди ($CP_{БР}$), фільтрату барди ($CP_{ФР}$) та вологого концентрату барди — КЕК ($CP_{КЕК}$).

Кількість барди (БР), вологого концентрату барди — КЕК та фільтрату барди (ФБ) визначається за наступними рівняннями матеріальних балансів:

$$БР = \frac{\rho_{сп}}{100} \left[\left(1 + \frac{B_T}{100} \right) \left(\frac{1}{X_B} - \frac{1}{X_D} \right) \right], \frac{\text{кг}}{\text{дал}} \quad (1)$$

$$КЕК = БР = \frac{CP_{БР} - CP_{ФБ}}{CP_{КЕК} - CP_{ФБ}}, \frac{\text{кг}}{\text{дал}} \quad (2)$$

$$ФБ = БР = \left[1 - \frac{CP_B - CP_{ФБ}}{CP_{КЕК} - CP_{ФБ}} \right], \frac{\text{кг}}{\text{дал}} \quad (3)$$

При «відкритому» обігріві бражної колони кількість барди ($БР_p$) визначається за рівнянням:

$$БР_p = БР + P_B, \frac{\text{кг}}{\text{дал}} \quad (4)$$

$$P_B = \frac{Dh_D'' + БР C_{БР} - Б C_B t_B}{h'' - C_{БР} t_{БР}}, \frac{\text{кг}}{\text{дал}} \quad (5)$$

$$D = \frac{\rho_{сп}}{100 X_D} \left(1 + \frac{B_T}{100} \right) \quad (6)$$

де, $\rho_{сп}$ — густина спирту, $\text{кг}/\text{м}^3$; B_T — втрати спирту, %; X_B , X_D — концентрація спирту в бражці та бражному дистиляті, ваг.%; CP_B , $CP_{БР}$, $CP_{ФБ}$, $CP_{КЕК}$ — сухі речовини бражки, барди, фільтрату барди, КЕК відповідно, вагова частка; D — кількість дистиляту, $\text{кг}/\text{дал}$; C_B , $C_{БР}$ — теплоємність бражки, барди, $\text{кДж}/\text{кг K}$; h_D'' , h'' — ентальпія пари дистиляту та гріючої пари, $\text{кДж}/\text{кг}$; t_B , $t_{БР}$ — температура бражки та барди, $^\circ\text{C}$.

Таблиця 1. Залежність кількості фільтрату барди від параметрів технологічного процесу

№ пор.	Концентрація спирту в дистилляті, % ваг.	Показники			Концентрація сухих речовин, % СР		Кількість, кг / дал				Додаткова кількість води		Кількість фільтрату
		Кількість зерна, кг	Вологість зерна, %	Кількість необхідної води, кг	СР _{БР}	СР _{ФБ}	Г _{БР}	Г _Б	Г _{КЕК}	Г _{ФБ}	кг	%	
Концентрація спирту в бражці 6,0 %об. (4,84 ваг.%)													
1	30,0	25,8	13,0	137,3	14,0	5,6	163,08	137,31	18,45	118,86	18,42	13,42	86,58
	35,0	25,8	13,0	137,3	14,0	5,6	163,08	140,99	18,95	122,04	15,24	11,10	88,90
	40,0	25,8	13,0	137,3	14,0	5,6	163,08	143,75	19,32	124,43	12,85	9,36	90,64
	45,0	25,8	13,0	137,3	14,0	5,6	163,08	145,90	19,61	126,29	10,99	8,00	92,00
Концентрація спирту в бражці 8,0 %об. (6,41 ваг.%)													
2	30,0	22,3	13,0	100,9	16,0	6,4	123,14	96,83	15,49	81,33	19,54	19,37	80,63
	35,0	22,3	13,0	100,9	16,0	6,4	123,14	100,58	16,09	84,49	16,38	16,24	83,76
	40,0	22,3	13,0	100,9	16,0	6,4	123,14	103,40	16,54	86,86	14,01	13,89	86,11
	45,0	22,3	13,0	100,9	16,0	6,4	123,14	105,60	16,90	88,70	12,17	12,07	87,93
Концентрація спирту в бражці 10,0 %об. (8,02 ваг.%)													
3	30,0	20,0	13,0	78,4	18,0	7,2	98,42	72,11	17,13	54,97	23,42	29,88	70,12
	35,0	20,0	13,0	78,4	18,0	7,2	98,42	75,87	18,03	57,84	20,56	26,22	73,78
	40,0	20,0	13,0	78,4	18,0	7,2	98,42	78,68	18,70	59,99	18,41	23,48	76,52
	45,0	20,0	13,0	78,4	18,0	7,2	98,42	80,88	19,22	61,66	16,74	21,35	78,65
Концентрація спирту в бражці 12,0 %об. (9,66 ваг.%)													
4	30,0	20,3	13,0	61,4	22,0	8,8	81,71	55,40	18,53	36,87	24,52	39,94	60,06
	35,0	20,3	13,0	61,4	22,0	8,8	81,71	59,16	19,78	39,37	22,02	35,87	64,13
	40,0	20,3	13,0	61,4	22,0	8,8	81,71	61,98	20,72	41,25	20,14	32,81	67,19
	45,0	20,3	13,0	61,4	22,0	8,8	81,71	64,17	21,46	42,71	18,69	30,43	69,57

Таблиця 2. Концентрація органічних кислот в бражному дистилляті при використанні фільтрату барди на стадії приготування зернових замісів

№ пор.	Органічні кислоти, мг/дм ³	Контроль	Цикл											
			30% використання фільтрату барди						60% використання фільтрату барди					
			1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
1	Оцтова	524,8	925,0	998,5	1171,0	925,1	768,4	784,2	735,8	764,6	898,9	835,4	795,4	733,7
2	Пропіонова	2,3	1,4	0,9	0,8	0,7	0,5	0,2	1,0	0,9	0,7	0,6	0,5	0,5
3	Ізомасляна	3,9	3,0	2,6	1,9	1,7	1,6	1,5	3,5	3,3	2,6	2,4	2,2	1,2
4	Масляна	1,2	1,2	0,7	0,3	0,2	сліди	сліди	0,9	0,3	сліди	сліди	сліди	сліди
5	Ізовалеріанова	1,2	1,1	1,1	0,9	0,8	0,7	0,4	1,9	1,6	1,2	1,1	1,0	0,6
6	Валеріанова	2,2	1,8	1,7	1,5	1,4	1,3	1,1	1,9	1,7	1,4	1,3	1,2	0,7

Таблиця 3. Концентрація летких органічних сполук в бражному дистилляті при рециркуляції фільтрату барди на стадії приготування замісу

№ пор.	Органічні кислоти, мг/дм ³	Контроль	Цикл											
			30 % використання фільтрату барди						60 % використання фільтрату барди					
			1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
1	ацетальдегід	1,5	1,4	1,7	1,9	2,1	2,3	2,5	2,8	3,1	3,3	4,2	4,7	4,8
2	2-пропанол	0,1	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1
3	1-пропанол	6,1	6,7	7,2	7,4	7,5	7,6	7,8	6,9	8,3	9,0	10,3	10,5	10,7
4	ізобутанол	52,4	56,0	55,6	50,7	50,2	50,5	50,7	52,2	48,1	38,0	29,9	29,3	29,0
5	бутианол	0,9	0,6	0,7	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,7	0,6	0,6
6	ізоаміловий спирт	224,4	233,2	229,8	227,0	211,6	195,6	192,1	221,5	202,4	174,2	144,8	134,0	132,0
7	сума вищих спиртів	283,9	341,7	293,5	285,75	269,9	254,3	251,2	279,3	259,5	222,0	185,8	174,5	172,4
8	етилацетат	6,0	7,0	7,0	9,8	14,8	14,4	14,2	7,4	11,8	12,4	16,0	16,4	16,6
9	ізоамілацетат	сліди	0,1	0,2	0,2	0,5	0,5	0,5	0,4	0,5	0,6	0,4	0,4	0,4
10	етиллактат	2,5	2,6	2,6	3,7	4,0	4,4	4,6	3,0	3,4	4,5	5,6	7,4	7,5
11	етиллактоат	сліди	сліди	сліди	сліди	сліди	0,4	0,5	сліди	0,3	0,4	0,4	0,3	0,3
12	сума естерів	8,5	9,7	9,8	13,7	19,3	19,7	19,8	10,8	16,0	17,9	22,4	24,5	24,8
13	метанол*)	0,0006	0,0007	0,0005	0,0005	0,0004	0,0004	0,0004	0,0007	0,0006	0,0005	0,0005	0,0004	0,0004
14	ацетон	0,1	0,2	0,2	0,3	0,2	0,1	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,5	0,5
15	1-гексанол	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,2	0,2	0,2	0,3	0,4
16	2-фенілетанол	54,9	54,8	54,8	45,2	40,1	37,0	35,0	61,6	59,6	51,5	46,3	39,8	38,9

*концентрація метилового спирту, %об.

При концентрації спирту в бражках 8 об.% кількість фільтрату барди становить в середньому 80...88 % взаємності від концентрації бражного дистиляту, а при концентрації — 12 об.% його кількість зменшується майже у 1,5 і становить відповідно 60...70 % (табл. 1).

Під час спиртового бродіння поряд із етиловим спиртом утворюються різноманітні органічні сполуки: кислоти, альдегіди, складні естери, вищі (сивушні) спирти, тощо. Їх синтез пов'язаний з біосинтетичними властивостями спиртових дріжджів і в значній мірі залежить від складу і рН суслу.

В таблиці 2, 3 наведені результати досліджень синтезу органічних сполук в залежності від кількості фільтрату барди та циклів його використання.

Концентрація оцтової кислоти в бражному дистиляті збільшується на третьому циклі в 1,7...2,2 раз, після чого поступово знижується і на 5—6 циклах практично не змінюється залишаючись на рівні 140—150% від концентрації в контролі.

Що стосується решти органічних кислот (табл. 2) їх кількість із збільшенням циклів рекуперації фільтрату барди зменшується, що можна пояснити їх участь у реакціях новоутворення органічних домішок спирту у бражній колоні на сам перед етилацетату, ізоамілацетату (табл. 3).

Із збільшенням кількості фільтрату барди та циклів її використання концентрація головних домішок спирту — ацетону, ацетальдегіду та етилацетату збільшується у 3,0...5,0; 1,7...3,2 та 2,4...2,8 рази відповідно.

Концентрація вищих спиртів — ізоамілового та ізобутилового (нижня проміжна домішка) суттєво змінюється і на шостому циклі при кількості фільтрату барди 60 % зменшується в середньому в 1,8 рази.

Концентрація пропанолу та ізоамілацетату (верхні проміжні домішки) збільшується в 1,3...1,8 та 4,0...5,0 рази відповідно.

Сумарна концентрація висококиплячих складних естерів — етиллактату та етилоктаноату (верхні проміжні домішки) збільшується в 1,9...3,1 рази відповідно.

Концентрація метилового спирту (кінцева домішка) зменшується в середньому 1,5 рази.

Зміна концентрації летких органічних сполук в бражному дистиляті пов'язана як із зміною складу суслу, біосинтетичними процесами в дріжджовій клітині так і реакціями етирефікації, які відбуваються в бражній колоні.

Висновки. При організації рециркуляції фільтрату барди під час приготування зернових замісів необхідно враховувати, що кількість барди та її фільтрату залежить, на сам перед, від концентрації сухих речовин замісу, концентрації спирту в бражці та бражному дистиляті. В разі «закритого» обігріву бражної колоні при концентрації спирту в бражці 6 об.% та бражному дистиляті 40 об.% кількість фільтрату барди знаходиться в межах 85...92 % від загальної потреби води на заміс, а при збільшенні концентрації спирту бражки до 12 об.% — зменшується в середньому до 60...68 %.

Зміну концентрації летких органічних сполук бражки при рециркуляції фільтрату барди на стадії приготування замісу необхідно враховувати при оптимізації процесу брагоректифікації та передбачити наступні заходи.

Збільшити відбір головної фракції в епюраційній колоні або передбачити подачу пом'якшеної води на її верхню тарілку (гідроселекція) при одночасному збільшенні гріючої пари на її обігрів.

Збільшити відбір непастеризованого спирту або розширити зону пастеризації в ректифікаційній колоні.

Організувати відбір верхніх проміжних домішок з 19—25 тарілок ректифікаційної колоні, рахуючи знизу.

В разі наявності колоні кінцевої очистки організувати її роботу в режимі «повторної ректифікації» для більш ефективного вилучення верхніх проміжних домішок.

Оптимальні технологічні параметри роботи брагоректифікаційної установки встановлюються експериментально, з урахуванням вищенаведених рекомендацій.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Технологія спирта* / В.Л. Яровенко, В.А. Маринченко, В.А. Смирнов, и др.; под. ред. проф. В.Л.Яровенко. — М.: Колос, 2002. — 464 с.
2. *Шиян П.Л.* Інноваційні технології спиртової промисловості. Теорія і практика: монографія / Шиян П.Л., Сосницький В.В., Олійнічук С.Т. — К.: Асканія, 2009. — 424 с.

3. Яковлев А.Н. Накопление побочных продуктов в процессе спиртового брожения / Яковлев А.Н., Яковлева С.Ф., Кавалева Т.С., Пешков А.Л. // Вестник ВГУИТ. — 2013. — № 3. — С. 183 — 185.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФИЛЬТРАТА БАРДЫ ПРИ ПРИГОТОВЛЕНИИ ЗЕРНОВЫХ ЗАМЕСОВ

П.Л. Шиян, Т.А. Мудрак, Я.А. Боярчук

Национальный университет пищевых технологий

В.В. Сосницький,

ГП «Укрспирт»

Проведении испытания спиртового сбраживания крахмалосодержащего вещества с заменой технологической воды фильтратом барды на стадии приготовления замеса. Установлено, что использование фильтрата барды влияет синтез летучих органических примесей спирта. Определена оптимальная кратность использования фильтрата барды на стадии приготовления замеса.

Ключевые слова: сбраживания, сусло, фильтрат барды, летучие органические примеси спирта, кратность использования фильтрата барды.

TECHNOLOGICAL ASPECTS PRODUCTION OF HOT SWEET DISH SPECIAL PURPOSE

O.O. Dudkina, A.V. Gavrysh, O.V. Nemirich, Y.M. Tkachuk, T.I. Ishchenko
National University of Food Technologies

Key words:

fondant,
gluten,
celiac disease,
surfactants, technology

Article history:

Received 21.05.2015
Received in revised form
5.06.2015
Accepted 12.06.2015

Corresponding author:

tmipt_xp@ukr.net

ABSTRACT

Scientifically sound and theoretically confirmed fondant technology for special applications. A principal functional diagram of the process of production of innovative dishes. A special group of the population is suffering from celiac disease. The only way to treat this disease and its prevention of serious complications is strict, constant compliance of gluten-free diet. So the purpose of the article was development of technological scheme of production fondants given physiological direction. During creating fondants it was suggested replacement of wheat flour to rice flour, as a ingredient which contain sugar was selected condensed whole milk (DSTU 4274:2003), as a plasticizer structure replaced butter in cocoa butter (DSTU 5004: 2008), powders from citrus peel (GOST 6829–89). Developed functional and hardware-technological scheme of production fondants of special purpose. Implementation of this technology requires no special equipment and can be adapted in the restaurant business establishments of various types and capacities

ТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ВИРОБНИЦТВА ГАРЯЧИХ СОЛОДКИХ СТРАВ СПЕЦІАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

О.О. Дудкіна,
А.В. Гавриш, О.В. Нєміріч, Ю.М. Ткачук, Т.І. Іщенко, канд. техн. наук
Національний університет харчових технологій

За результатами органолептичних досліджень обрано ПАР для поліпшення споживних властивостей фонданів для хворих на целіакію.

Розроблено функціональну та апаратурно-технологічні схеми виробництва фонданів спеціального призначення.

Ключові слова: целіакія, глютен, фондан, ПАР, технологія.

Вступ. На сьогодні асортимент виробів спеціального призначення, що виготовляються в Україні, вузький, обсяг виробництва — близько 2,0 % і, більшістю, це — дієтичні вироби, тоді як за кордоном цей показник складає 4,2...25,0 %.

Особливу групу населення складають хворі на целіакію. Єдиним способом лікування цього захворювання і профілактики всіх його важких ускладнень є суворе, постійне дотримання безглютенової дієти. Однак на сьогодні асортимент аглютенної продукції є обмеженим і вона переважно закордонного виробництва. Для забезпечення різноманітності дитячого та дієтичного раціону харчування для даної групи хворих потрібно створювати нові види аглютенної продукції [1, 2]. З цією метою в дослідженнях обрано гарячі солодкі страви — фондани з пшеничного борошна, які в Україні традиційно користуються великим попитом, особливо у дітей та підлітків. За класичною рецептурою для виробництва страви використовують такі інгредієнти: чорний шоколад (28...30 %), вершкове масло (13...14 %), пшеничне борошно (20 %), яйця курячі (22...25 %), цукор білий (13...14 %).

Мета досліджень. Метою досліджень було обґрунтування технології виробництва фонданів заданого фізіологічного спрямування. Для досягнення мети сформульовані завдання: обґрунтувати вибір ПАР для поліпшення споживних властивостей фондану спеціального призначення залежно від масової частки борошна рисового; розробити функціональну та апаратурно-технологічну схеми його виробництва.

Матеріали та методи. Об'єктами досліджень були фондани з борошна пшеничного як контроль; з рисового — як дослід. В дослідженнях використано традиційні методи визначення органолептичної оцінки страв за переведення абсолютних значень в відносні за допомогою шкали Харінгтона.

Результати досліджень. Під час створення фондану для хворих на целіакію за результатами попередніх досліджень запропоновано заміну пшеничного борошна на рисове, білки якого не містять глютену [3]. В якості сахаровміщуючого інгредієнта обрано молоко цільне згущене (ДСТУ 4274:2003), а пластифікатора структури — какао-масло (ДСТУ 5004:2008). Для підвищення харчової цінності фондану взято порошки з цедри цитрусових (ГОСТ 6829–89).

Рецептури нових фонданів з використанням інноваційних інгредієнтів показано в табл. 1.

Таблиця 1. Рецептури дослідних зразків фонданів, %

Сировина	Зразок №1	Зразок №2	Зразок №3
Борошно рисове	20	25	30
Какао-масло	16	11	6
Молоко цільне згущене	38	38	38
Яйця курячі	18	18	18
Цукор білий	6	6	6
Порошки з цедри цитрусових	2	2	2

При цьому під час їх реалізації виникають технологічні ускладнення (утворення надто плинної структури тіста, неможливість формування, крихкість готової страви) [2]. Тому технологічним рішенням було використання ПАР, до основних функціонально-технологічних властивостей яких відносять стабілізацію емульсії, модифікацію кристалічної форми жирових композицій, регулювання структурно-механічних властивостей напівфабрикатів і готових виробів. З огляду на це, в дослідженнях обрано три види ПАР — гідролізований та стандартизований лецитини, ефір лимонної кислоти фірми «GRINDSTED® CITREMSP 70». Дозування вказаних поліпшувачів складає від 0,7 до 1,0 %. На першому етапі досліджень було вивчено вплив обраних ПАР на органолептичні властивості фонданів спеціального призначення за різного дозування рисового борошна.

Для цього проведено органолептичну оцінку фонданів, що містили 20, 25 та 30 % рисового борошна до маси рецептурної композиції. Абсолютні значення оцінок були переведені за допомогою шкали Харінгтона в відносні одиниці і представлені у вигляді діаграм (рис. 1, 2, 3), що наочно демонструє недоліки та переваги нових страв в порівнянні з контрольним зразком і придатність їх застосування для споживання. За результатами дегустаційної оцінки відзначено, що страви з вмістом рисового борошна 25 % характеризуються в порівнянні з іншими зразками більш високими значеннями незалежно від виду ПАР, які за бальною оцінкою знаходяться в межах 4,5...4,7. Проте, серед вказаних зразків найвищу оцінку мали фондани з використанням ефіру лимонної кислоти — майже всі показники якості були оцінені як 4,75...4,8.

Розроблено функціональну схему виробництва фонданів спеціального призначення, що наведено на рис. 4. За даною схемою, на стадії підготовки сировини до виробництва (*підсистема С*) відбувається: C_1 — підготовка традиційних інгредієнтів та C_2 — підготовка інноваційних інгредієнтів рецептури. На стадії C_1 — цукор білий просіюють через сито з розміром комірок не більше $3 \cdot 10^{-3}$ м. На стадії C_2 — какао-масло вивільняють від тари і розплавляють за температури (32...36) °С.

Борошно рисове та порошок з цедри цитрусових просіюють через сита з розміром комірок не більше 2 та $1 \cdot 10^{-3}$ м відповідно.

Під час приготування рецептурної суміші (*підсистема В*) розплавлене какао-масло перемішують з молоком цільним згущеним (1...2) · 60 с. Окремо збивають яйця курячі та цукор білий протягом (1...3) · 60 с. З підготовлених інгредієнтів рецептури замішують тісто протягом (1...3) · 60 с. Після чого здійснюють формування заготовок. Виходом підсистеми В є напівфабрикат фондану спеціального призначення.

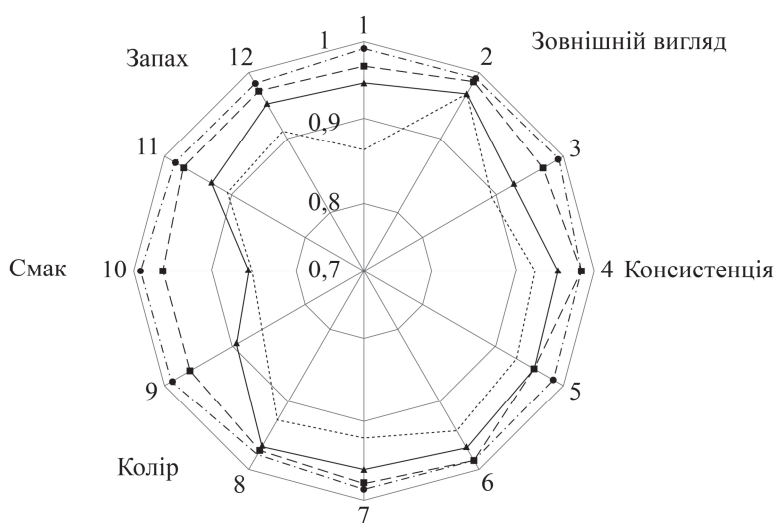


Рис. 1. Органолептичні профілі зразків фонтанів з лецитином гідролізованим, вміст рисового борошна:

---●--- Контроль —▲— 20% -■- 25% 30%

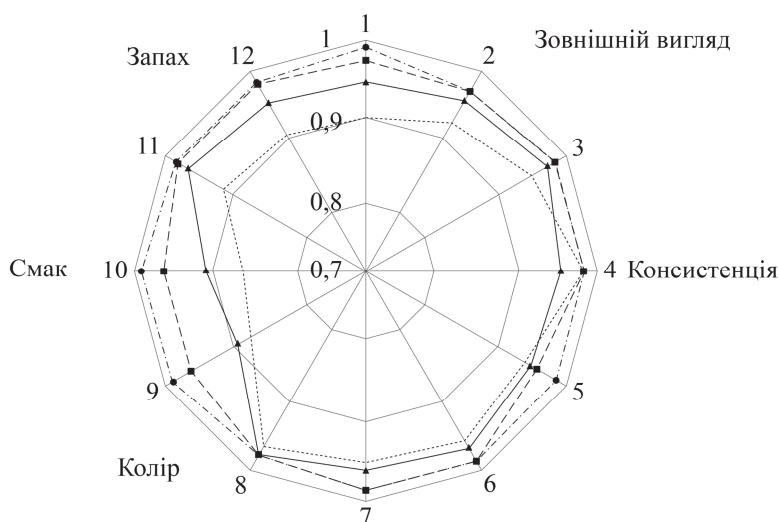


Рис. 2. Органолептичні профілі зразків фонтанів з лецитином стандартизованим, вміст рисового борошна:

---●--- Контроль —▲— 20% -■- 25% 30%

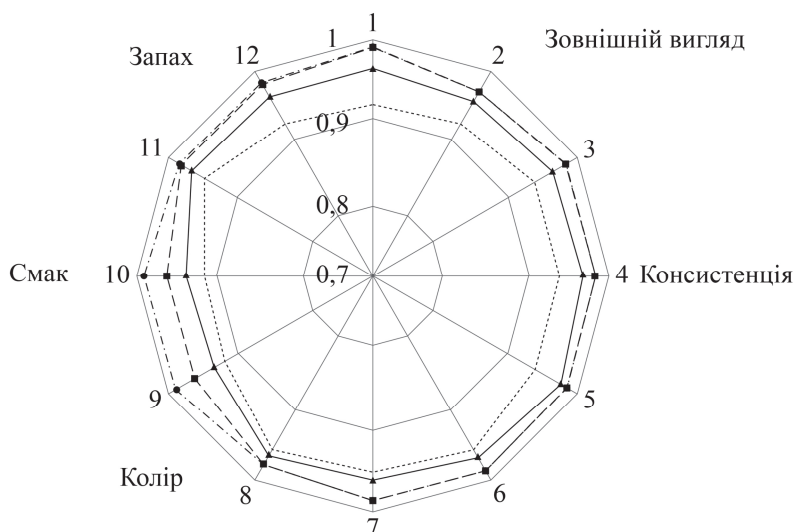


Рис. 3. Органолептичні профілі зразків фонданів з ефіром лимонної кислоти, вміст рисового борошна:

---●--- Контроль —◆— 20% -■- 25% 30%

В ході основної стадії (*підсистема А*) напівфабрикат фондану спеціального призначення випікають за температури (200...220) °С протягом (7...8) ·60 с. На стадії оформлення фондану можливе додавання морозива та м'яти свіжої. Реалізація страви передбачається в закладах ресторанного господарства різних типів та потужності без залучення додаткового обладнання.

Апаратурно-технологічна схема виробництва фонданів спеціального призначення наведена на рис. 5. Дільниця зберігання сировини передбачає: борошно рисове в мішках зберігається на дерев'яних підтоварниках за температури (6...10) °С і відносній вологості повітря (70...75) %, какао-масло, молоко цільне згущене, яйця курячі — у холодильній камері за температури (2...5) °С, ПАР, цукор білий і порошки з цедри цитрусових — на підтоварниках за температури (20...25) °С, відносній вологості повітря (55...70) %.

Згідно з апаратурно-технологічною схемою (рис. 5), на другому етапі (дільниця підготовки сировини) борошно рисове, порошки з цедри цитрусових та цукор білий просіюють на просіювачах (2), какао-масло розтоплюють в ємності з водяною сорочкою та мішалкою (4), змішують з млоком цільним згущеним. Яйця курячі піддають санітарно-гігієнічній обробці в ваннах мийних (1). Підготовлені яйця курячі збивають з цукром білим у машині збивальній (5).

В діжу тістомісильної машини (3) дозують всі підготовлені інгредієнти рецептури і замішують однорідне тісто.

На робочому столі (7) формують заготовки фонданів, масу яких визначають за встановленими витратами на упікання. Заготовки поміщають в пароконвектомат (8), де відбувається випікання за температури (200...220) °С протягом (7...8) ·60 с. Після випікання фондан спеціального призначення за необхідності оформлюють морозивом і м'ятою свіжою (9) і відправляють на реалізацію.

Таким чином, на підставі досліджень розроблено рецептуру, функціональну і апаратурно-технологічну схеми виробництва фонданів спеціального призначення.

Перспективи подальших досліджень полягають у визначенні фізико-хімічних показників якості та безпеки фонданів спеціального призначення, дослідження їх харчової та енергетичної цінності, а також рівня перетравлювання *in vitro* в порівнянні з традиційними виробами.

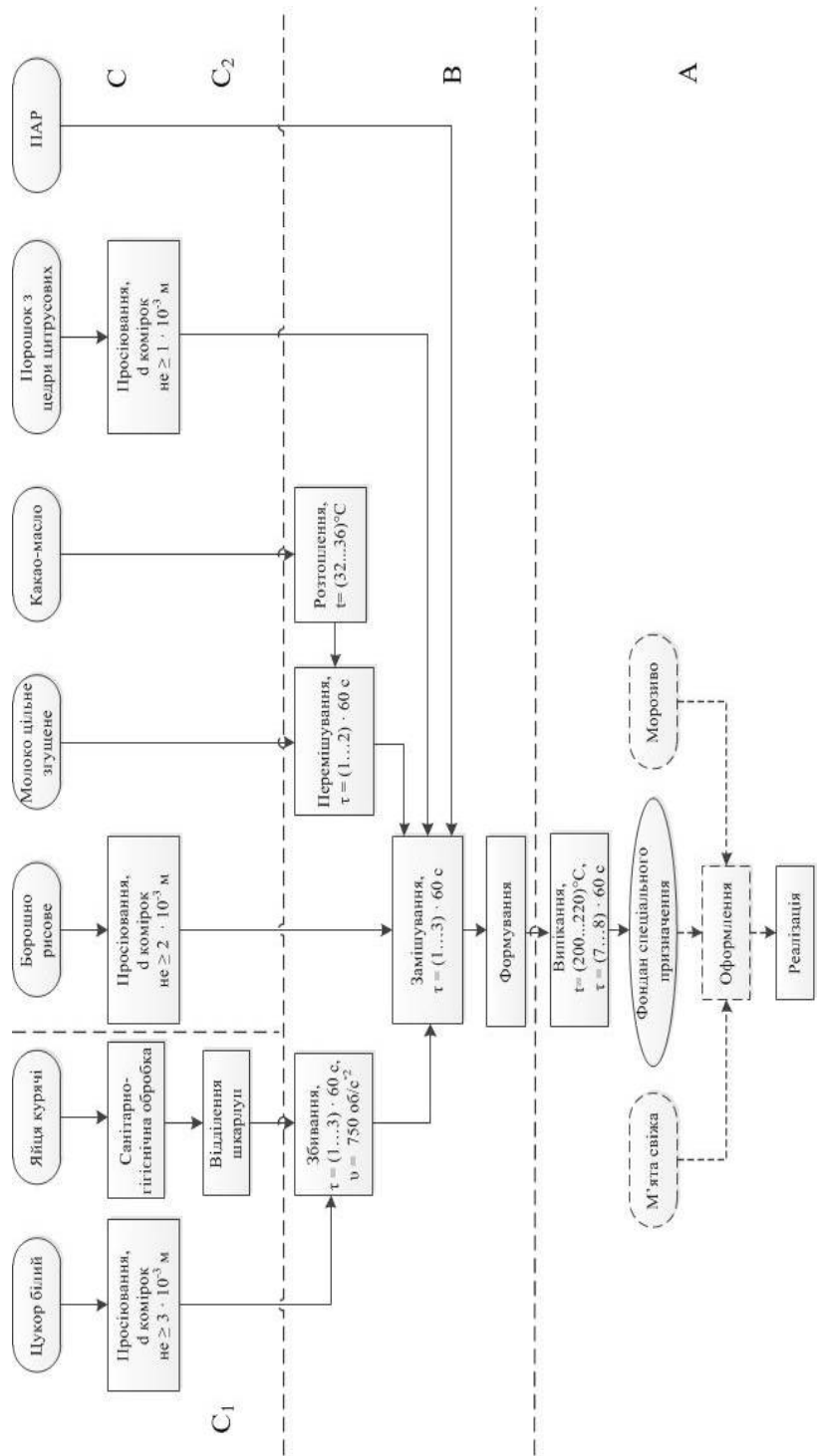


Рис. 4. Функціональна схема фондану спеціального призначення:
C — підготовка сировини до виробництва; C₁ — підготовка традиційних інгредієнтів; C₂ — підготовка інноваційних інгредієнтів;
B — приготування рецептурної суміші; A — основна стадія

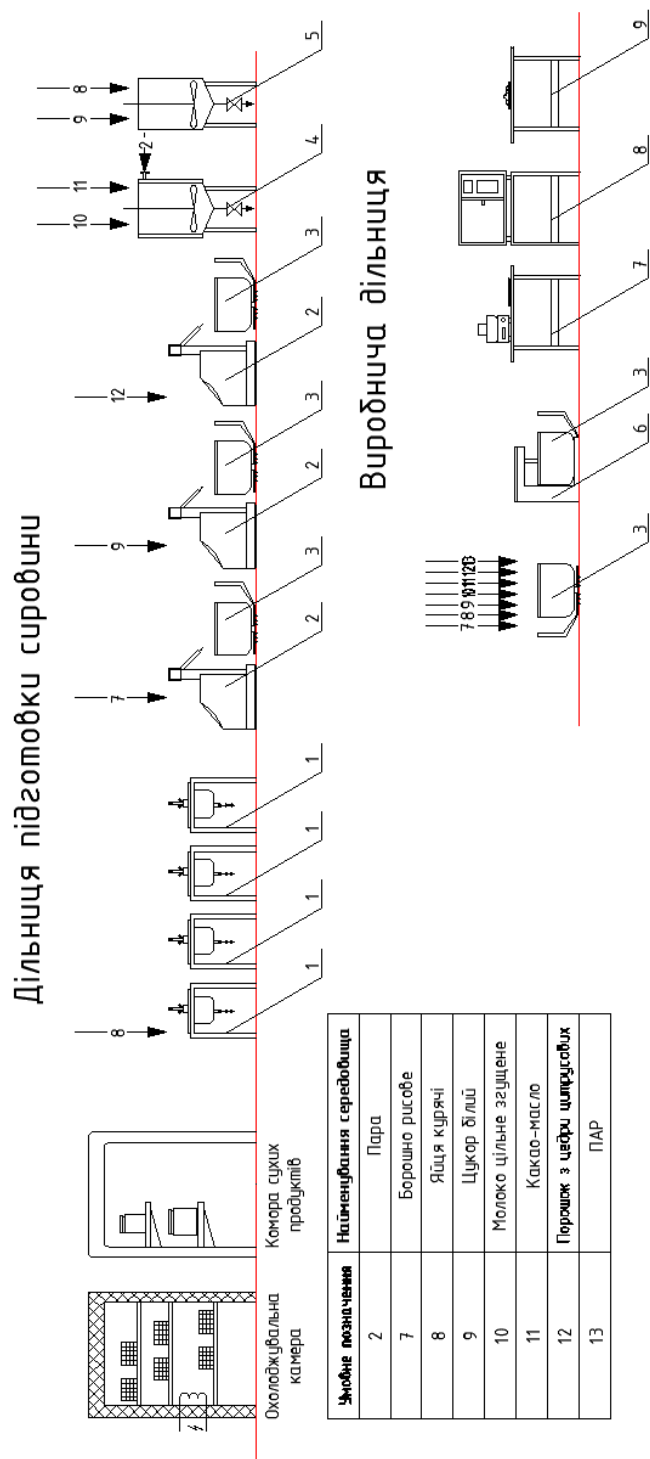


Рис. 5. Апаратурно-технологічна схема виробництва страви «Фондан спеціального призначення»:
1 — ванна мийна, 2 — просіювач, 3 — діжа, 4 — ємність з водяною сорочкою і мішалкою, 5 — машина збивальна, 6 — машина тістомісильна, 7 — стіл для формування заготовок, 8 — пароконвектомат, 9 — стіл для оформлення готового виробу

Висновки.

1. За результатами визначення органолептичної оцінки фонданів спеціального призначення в різний вмістом рисового борошна обрано в якості поліпшувача ПАР — ефір лимонної кислоти, який дозволяє отримати страви з високими смаковими властивостями і консистенцією, що наближена до контрольного зразка. Гідролізований та стандартизований лецитини не чинять ефективного впливу на споживні властивості фонданів. На підставі проведених досліджень складено рецептуру фонданів спеціального призначення.

2. Розроблено функціональну та апаратурно-технологічну схеми виробництва фонданів спеціального призначення. Показано, що технологічний процес не потребує тривалого часу та додаткового або спеціального обладнання для реалізації інноваційної технології. Дана технологія може бути адаптована в умовах закладів ресторанного господарства та харчової промисловості будь-яких типів та потужності.

ЛІТЕРАТУРА

1. Вишняк М.Н. Мучные кондитерские изделия для безглютенового питания / М.Н. Вишняк // Ползуновский альманах. — 2009. — № 2. — С. 95-96.
2. Козубаева Л.А. Безглютеновые мучные изделия для профилактического и лечебного питания / Л.А. Козубаева // Современные проблемы техники и технологии пищевых производств: матер. одиннадцатой Междунар. науч.-практ. конф. (5 декабря 2008 г.). — 2008. — С. 73—74.
3. Оболюкина, В.И. Изучение эффективности смесей эмульгаторов в кондитерских изделиях / В.И. Оболюкина, Н.А. Залевская, В.С. Гуреева, С.А. Кишко // Хлібопекарська і кондитерська промисловість України. — 2011. — № 5. — С. 11—12.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРОИЗВОДСТВА ГОРЯЧИХ СЛАДКИХ БЛЮД СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Е.А. Дудкина, А.В. Гавриш, А.В. Немирич, Ю.М. Ткачук, Т.И. Ищенко
Национальный университет пищевых технологий

По результатам органолептических исследований выбраны ПАВ для улучшения потребительских свойств фонданов для больных целиакией. Разработана функциональная и апаратурно-технологическая схемы производства фондана специального назначения.

Ключевые слова: фондан, глютен, целиакия, ПАВ, технология.

APPLICATION OF PLANETARY MECHANISMS IN DEVICES FOR AGITATING OF MATERIALS UNDER THE INFLUENCE OF FORCE OF INERTIA

V. Kostin, N. Romanchenko, A. Kovalev

National University of food technologies

Key words:

material, an agitator, the planetary mechanism, force of inertia, trajectories, locomotion

Article history:

Received 29.03.2015

Received in revised form 23.04.2015

Accepted 2.06.2015

Corresponding author:

akov@ua.fm

ABSTRACT

In the industry for agitating of materials widely use agitators of different phylum's. In most cases mixing process descends mechanical contact of actions of an agitator to admixed materials.

Such mean does not provide qualitative agitating on all volume of a working region and as demands additional expenses for purification and agitator decontamination. The operational analysis of the device made in article which organizes locomotion of different parts of a stuff on different complex trajectories shows that agitating of components of materials at the expense of forces of inertia, the size and which direction different points of a trajectory of locomotion - different, gives the chance to agitate qualitatively and in regular intervals among themselves components of materials without contact to actions of agitators

ЗАСТОСУВАННЯ ПЛАНЕТАРНИХ МЕХАНІЗМІВ ДЛЯ ПЕРЕМІШУВАННЯ РЕЧОВИН ПІД ДІЄЮ СИЛ ІНЕРЦІЇ

В.Б. Костін, Н.М. Романченко, О.І. Ковальов, канд. техн. наук

Національний університет харчових технологій

У промисловості для перемішування речовин широко використовують мішалки різних типів. У більшості випадків процес змішування відбувається безпосереднім контактом робочих органів мішалки з речовинами.

Проведений у статті аналіз роботи пристрою, який реалізує рух різних частин матеріалу за складними траєкторіями показує, що перемішування компонентів речовин за рахунок дії сил інерції, величина і напрям яких в різних точках траєкторії руху різні, дає можливість якісно і рівномірно перемішувати між собою компоненти речовин без контакту з робочими органами мішалок.

Ключові слова: речовина мішалка, планетарний механізм, сила інерції, траєкторій, рух.

Вступ. В харчовій, мікробіологічній, фармацевтичній та інших галузях широко застосовують процес змішування різних речовин. Для чого викорис-товують мішалки різних типів. Суттєвим недоліком більшості таких пристроїв є безпосередній контакт робочих органів з матеріалом який змішується. Це впливає на якість продукції, збільшує габарити та енергоємність мішалок, створює «застійні зони», в яких не відбувається якісного, рівномірного змішування компонентів. Крім того в подібних конструкціях необхідні додаткові витрати на очищення і знезаражування виконавчих механізмів та внутрішнього об'єму мішалки.

Мета дослідження. Розробка конструкції і методики розрахунку пристроїв з без-контактним інерційним способом змішування речовин.

Постановка проблеми та аналіз останніх досягнень. Вказаних вище недоліків можна позбутися, використовуючи альтернативний принцип змішування, а саме якщо забезпечити рух самої ємності вдовж визначеної траєкторії з різними прискореннями. Це можна реалізувати, якщо приводом використати планетарний механізм на сателітах якого закріпити ємності з речовиною, яку необхідно змішувати. Як відомо точки сателіта планетарного механізму в залежності від їх положення відносно його центра, рухаються з різними прискореннями вздовж визначених траєкторій (рис. 1) при постійній швидкості водила. Тому якщо ємність з герметичною кришкою закріпити на сателіті таким чином, щоб частка цієї ємності виходила за габарити сателіта, то частинки речовини, що містяться всередині ємності залежно від їх розташування відносно центра сателіта, будуть виконувати складний рух з швидкостями та прискореннями, що постійно змінюються за напрямом і величиною. Внаслідок цього, будуть змінні і сили інерції під дією яких і реалізується процес перемішування компонентів речовин в середині ємності.

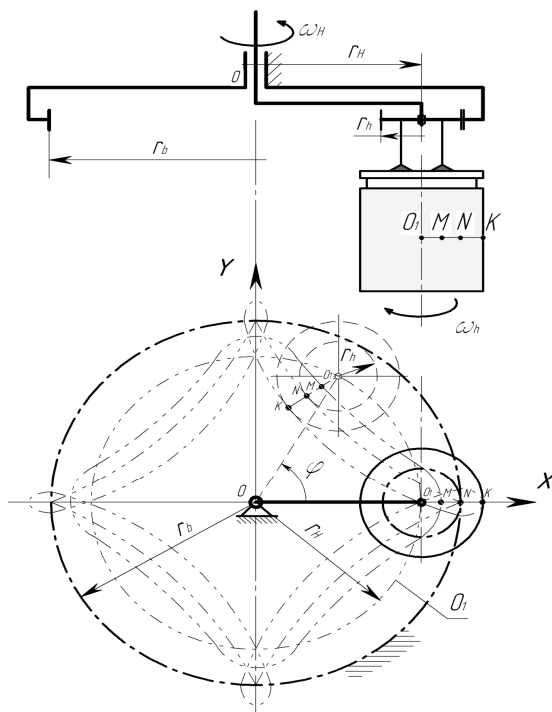


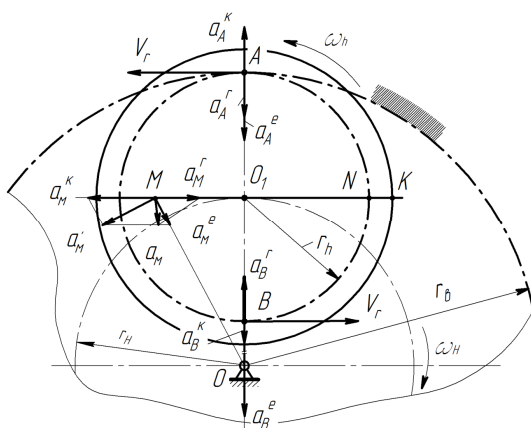
Рис. 1. Траєкторії руху характерних точок приводного механізму мішалки

Виклад основного матеріалу. Для визначення розрахункових залежностей проаналізуємо дію сил, що виникають при сталому руху ведучої ланки в планетарному механізмі. Сателіти планетарних передач здійснюють складний рух, тому абсолютні прискорення їх точок можна розкласти на прискорення в переносному руху ($\vec{a}_M^e$) та прискорення у відносному руху ($\vec{a}_M^r$) і прискорення Коріоліса ($\vec{a}_M^k$). Останнє виникає тому, що переносним рухом, який здійснює водило, є обертотий. Наприклад, для точки М передачі виконаної за схемою з внутрішнім зачепленням сателіта (рис. 2) можна записати:

$$\vec{a}_M = \vec{a}_M^e + \vec{a}_M^r + \vec{a}_M^k. \quad (1)$$

Тоді рівнодіюча сила інерції для точки М:

$$\bar{F}_M = \bar{F}_M^e + \bar{F}_M^r + \bar{F}_M^k. \quad (2)$$



**Рис. 2. Напрямок дії прискорень точок сателіта
приводного механізму мішалки**

Існує метод розрахунку рівнодіючої сил інерції, при якому вводять спрощення — всю масу сателіту вважають зосередженою в двох точках А і В діаметральної прямої.

Тоді рівнодіюча всіх сил інерції:

$$\bar{F} = \bar{F}_A + \bar{F}_B. \quad (3)$$

Прискорення точок А і В з урахуванням напрямку їх складових

$$a_A = a_A^e + a^r - a^k, \quad (4)$$

$$a_B = a_B^e + a^r - a^k. \quad (5)$$

В цьому випадку для обох точок

$$a^r = \omega_h^2 r_h, \quad (6)$$

$$a^k = 2\omega_h v_r. \quad (7)$$

Сили інерції у відносному русі $\bar{F}_A^r$ і $\bar{F}_B^r$ та сили інерції Коріоліса $\bar{F}_A^k$ і $\bar{F}_B^k$ будуть зрівноважені, а величина сили F буде рівнятися:

$$F = F_A^e + F_B^e, \quad (8)$$

де складові сили:

$$F_A^e = 0,5m_h \cdot a_A^e = 0,5m_h \cdot \omega_h^2 \cdot r_b, \quad (9)$$

$$F_B^e = 0,5m_h \cdot \omega_h^2 (r_b - 2r_h). \quad (10)$$

Тут r_b і r_h — радіуси початкових кіл відповідних коліс.

Тоді залежність (8) перепишеться у вигляді

$$F = m_h \cdot \omega_H^2 (r_b - r_h), \quad (11)$$

де m_k — маса сателіта.

Щоб визначити рівнодіючу силу інерції, що діє на окрему точку С масою m_q напишемо залежність для прискорення:

$$\bar{a}_e = \bar{a}_c^e + \bar{a}_c^r + \bar{a}_f^k, \quad (12)$$

тоді сила інерції буде рівнятися

$$\bar{F}_c = \bar{F}_c^e + \bar{F}_c^r + \bar{F}_c^k. \quad (13)$$

На рис. 3 зображено напрям сил $\bar{F}_c^e$, $\bar{F}_c^r$ і $\bar{F}_c^k$ для різних положень точки С, що рухається за траєкторією звичайної гіпоциклоїди (напрямок обертання водила Н і сателіта — протилежні).

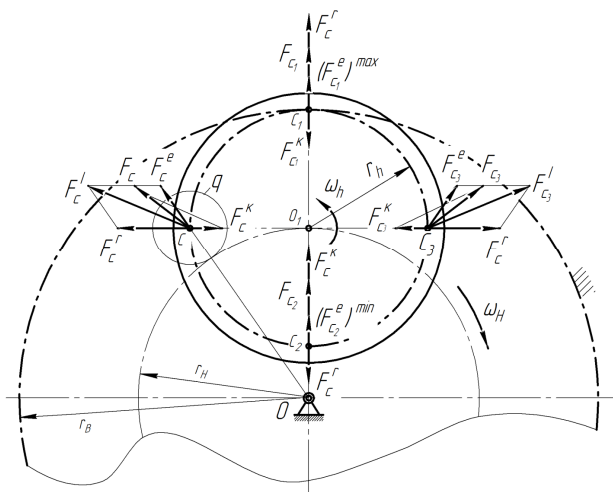


Рис. 3. Схема сил інерції, що діють на характерні точки сателіта приводного механізму мішалки

Зазначимо, що $F_c^r = m_q r_h \omega_{hH}^2$ — постійна величина (ω_{hH} — кутова швидкість сателіта відносно основного водила Н), а складова $F_c^e = m_q r_x \omega_H^2$ — величина змінна, тому що $r_x = OC$ змінюється від значення $(r_H + r_h)$ до значення $(r_H - r_h)$.

Сили F_c^e і F_c^r постійно змінюють своє взаємне положення, співпадаючи за напрямком в точках C_1 і C_2 .

В точці C_1

$$(F_{C_1}^e)^{\max} = m_q (r_H + r_h) \omega_H^2 \quad (14)$$

Напрямок прискорення Копіоліса a_c^k можна отримати, повернувши вектор відносної швидкості V_r точки в бік переносної оберткової швидкості $(\bar{\omega}_H)$.

Тоді

$$\bar{F}_C^k = -m a_C^k \quad (15)$$

Можна констатувати, що $\bar{F}_C^k$ завжди направлена в бік протилежний $\bar{F}_C^f$. Тобто, $\bar{F}_C^{\max}$ відповідає положенню C_1 , а за величиною

$$\bar{F}_C^{\max} = \bar{F}_C^f + (\bar{F}_C^e)^{\max} - \bar{F}_C^k \quad (16)$$

Підставляючи значення доданків, отримаємо

$$\bar{F}_C^{\max} = m_q [r_h \omega_{hH}^2 + (r_H + r_h - 2r_b) \omega_H^2] \quad (17)$$

В різних частинах ємностей компоненти речовин, що підлягають змішуванню рухаються за складними криволінійними траєкторіями (рис. 1) з різними миттєвими швидкостями і прискореннями та перебувають під дією відповідних сил інерції, в наслідок чого процес змішування відбувається без контакту з робочими органами мішалок.

Висновки. Аналіз роботи пристрою, який забезпечує рух різних частин матеріалу по складних траєкторіях показує, що перемішування компонентів речовин за рахунок дії сил інерції, величина і напрям яких в різних точках траєкторії руху різні, дає можливість якісно і рівномірно перемішувати між собою компоненти речовин без контакту з робочими органами мішалок.

Запропоновані мішалки безконтактного принципу дії високоефективні і можуть бути застосовані в хімічній, фармацевтичній, харчовій та інших галузях.

ЛІТЕРАТУРА

1. Кіницький Я.Т. Теорія механізмів і машин Підручник/ Кіницький Я.Т. — К.: Наукова думка, 2002.
2. Крайнев А.Ф. Машиноведение на языке схем, рисунков и чертежей (в 2-х книгах). — М.: Издательский дом «Спектр». Кн. 1: Технологии, машины и оборудование. — 2010 г. — 296 с.; Кн. 2: Детали машин, соединения и механизмы. — 2010 г. — 216 с.
3. Тимофеев Г.А. Теория механизмов и машин : учебн. пособие. — 2-е изд. перераб. и доп. — М.: Издательство Юрайт ; ИД Юрайт. 2010 г. — 351 с.,

ПРИМЕНЕНИЕ ПЛАНЕТАРНЫХ МЕХАНИЗМОВ ДЛЯ ПЕРЕМЕШИВАНИЯ ВЕЩЕСТВ ПОД ДЕЙСТВИЕМ СИЛ ИНЕРЦИИ

В.Б. Костин, Н.Н. Романченко, А.И. Ковалев

Национальный университет пищевых технологий

В промышленности для перемешивания веществ широко используют мешалки разных типов. В большинстве случаев процесс смешивания происходит механическим контактом рабочих органов мешалки со смешиваемыми веществами.

Проведенный в статье анализ работы устройства, которое реализует движение частей материала по разным сложным траекториям показывает, что перемешивание компонентов веществ за счет сил инерции, величина и направление которых в разных точках траектории движения — разная, дает возможность качественно и равномерно перемешивать между собой компоненты веществ бесконтактным способом.

Ключевые слова: вещество, мешалка, планетарный механизм, сила инерции, траектория, сложное движение.

STUDY OF THE INFLUENCE OF THE OSCILLATION PROCESSES IN THE END DEVICES WITH CORRUGATED SUCKER RETENTION EFFORTS ON STRUCTURAL ELEMENTS OF GROUP PACKING

M. Iakymchuk, A. Bepal'ko

National University of Food Technologies

Key words:

consumer packaging, multiple packaging, the device gain retention, vacuum suction cups, oscillatory phenomena, compensation

Article history:

Received 21.04.2015

Received in revised form 5.06.2015

Accepted 10.06.2015

Corresponding author:

mykolaiaakymchuk@mail.ua

ABSTRACT

Authors consider the problem of synthesis of end devices for moving structural elements of group packages from consumer unit packaging with food in the soft and rigid packagings on the basis of vacuum suction cups. Conducted analytical studies of capture packages vacuum corrugated scopic, taking into account the harmonious vibrations that have considerable impact on the value of retention of an object. Together with analytical studies carried out experiments on dedicated systems. A comparison of the obtained experimental data and theoretical constraints have shown sufficient adequacy of past (differences within 5 per cent). To achieve the necessary efforts of retention of consumer packaging with vacuum corrugated scopic is referring to the fluctuations of the vacuum depth increase accordingly (but will increase Energy consumption) or provide devices to compensate for oscillatory phenomena

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ КОЛИВАЛЬНИХ ПРОЦЕСІВ В ЗАХОПЛЮВАЛЬНИХ ПРИСТРОЯХ З ГОФРОПРИСОСКАМИ НА ЗУСИЛЛЯ УТРИМАННЯ СТРУКТУРНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ГРУПОВОЇ УПАКОВКИ

М.В. Якимчук, А.П. Беспалько, канд. техн. наук,

Національний університет харчових технологій

Автори розглядають проблему синтезу захоплювальних пристроїв для переміщення структурних елементів групових упаковок зі споживчих одиничних упаковок з харчовими продуктами у м'якій та жорсткій тарі на основі вакуумних присосок. Виконано аналітичні дослідження процесу захоплення упаковок вакуумними гофроприсосками з урахуванням гармонійних коливань. Для досягнення необхідного зусилля утримання споживчої упаковки вакуумними гофроприсосками рекомендується з огляду на наявність коливань відповідно збільшувати глибину вакууму або завбачати пристрої компенсації коливальних явищ.

Ключеві слова: споживча упаковка, групова упаковка, захоплювальний пристрій, зусилля утримання, вакуумприсоски, коливальні явища, компенсація.

Вступ. Сьогодення пакувальної галузі характеризується розробкою та використанням великої номенклатури упаковок, які мають різні форми, розміри, маси, фізичні та механічні

характеристики матеріалів з яких вони виготовлені, оригінальні споживчі елементи [1]. Для зручного транспортування упаковок від виробника до споживача з упаковок формують транспортну одиницю у вигляді групової упаковки.

Для створення групової упаковки здебільшого використовуються захоплювальні пристрої. Захоплювальні пристрої служать для захоплення та утримання в певному положенні упаковок під час їх переміщення.

Всі захоплювальні пристрої, залежно від класифікаційних ознак умовно можна поділити на групи, які розрізняються способом контакту робочих органів із елементами групової упаковки. Це наступні способи: механічний, камерний, вакуумний, магнітний, комбінований та пасивний.

За результатами проведеного огляду встановлено, що для формування групової упаковки з продукції, пакованої в «м'яку» споживчу тару, наприклад, з полімеру, яка характеризується змінними розмірами та формою, а також в жорстку упаковку складної форми найбільш широкого використання набули вакуумні захоплювальні пристрої.

Одним із основних елементів, які служать для утримання упаковок в таких пристроях, є присоски. Принцип їх дії заснований на явищі створення розрідження в герметично — ущільненій камері, утвореній поверхнею захопленого вантажу і корпусом присоски, що призводить до появи перепаду тиску між ущільненою камерою та навколишнім середовищем і виникненням зусилля захоплення вантажу. За конструктивною глибиною камери захоплення присоски поділяються на: мілкі, середньої глибини та глибокі; за формою захоплювального елемента: круглі та овалні; за кількістю гофр: одно, півтори та три с половиною гофр; за способом захоплення: вакуумні, камерні, струменеві. Найбільш широко використовуються присоски круглої форми, так як виготовлення їх спряжено з достатньо простою технологією — за допомогою прес-форм.

Дослідження технологічних операцій переміщення структурних елементів групової упаковки вакуумними захоплювальними пристроями показало, що на динаміку роботи захоплювального пристрою суттєво впливають наступні фактори: реологічні властивості харчового продукту, фізико-механічні властивості матеріалу упаковок, конструкція захоплювального пристрою та спосіб його кріплення до модулів переміщення. Захоплювальний пристрій з елементами групової упаковки можна розглядати як коливальну систему з пружними елементами [2,3]. Кількість пружних елементів суттєво впливає на гармонійні коливання системи, що відображається на зусиллі утримання. Найбільші гармонійні коливання спостерігаються під час використання гофроприсосок, які мають спеціальні кільця, що дозволяють в широкому діапазоні компенсувати висоти та кути нахилу поверхні захоплення, мінімізувати вплив згинальних моментів тощо.

Метою досліджень є розробка математичної моделі для визначення зусилля утримання структурних елементів групової упаковки вакуумними захоплювальними пристроями з урахуванням параметрів коливальних процесів під час захоплення та переміщення структурних елементів групової упаковки.

Методика досліджень. Приймемо допущення, що упаковки виготовлені з картону і є абсолютно жорсткими тілами, в яких відсутні пружні коливання. При цьому матеріал упаковок має пористу структуру. Еластичні матеріали присоски в сукупності з кільцями утворюють пружний елемент. Під час підйому структурних елементів групової упаковки виникає динамічне навантаження $F_{\text{дин}}$, що є функцією надлишкової сили $F_{\text{над}}$, котра залежить від характеру її розвитку в часі t і жорсткості пружного елемента k , тобто $F_{\text{дин}} = f(t, k)$. Коливальна система такої конструкції представлена у вигляді одномасової моделі, яка складається із зведеної маси структурних елементів групової упаковки m з одним пружним зв'язком k_m , обумовленим використанням гофроприсоски (рис.1).

Під час переміщення x_m зведеної маси m з жорсткістю k_m кінетична і потенціальна енергії системи визначаються як:

$$E_k = m \dot{x}_m^2 / 2; \quad E_p = k_m x_m^2 / 2 \quad (1)$$

Рушійною силою для маси m є рушійна сила приводу F . Відповідно рівняння руху має вигляд:

$$m \ddot{x}_m + k_m x_m = F \quad (2)$$

Вирішення рівняння (5.38) запишемо у вигляді переміщення вантажу

$$x_M = f(\dot{x}) \cdot \sin f_K \cdot t / f_K \quad (3)$$

де $f(\dot{x})$ — закон зміни швидкості під час підйому вантажу; f_K — колова частота вільних коливань, яка визначається з виразу $f_K = \sqrt{k_M/m}$; t — поточний час.

Конструкція вакуумної захоплюючої головки з присосками 3,5 — гофро



Модель коливальної системи

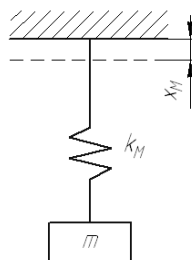


Рис. 1. Модель коливальної системи під час використання вакуумного захоплювального пристрою

Двічі продиференціюємо рівняння (3) та отримаємо вирази для опису процесу коливання вантажу

$$\dot{x}_M = f(\dot{x}) \cdot \cos f_K \cdot t; \quad \ddot{x}_M = -f(\dot{x}) \cdot f_K \cdot \sin f_K \cdot t \quad (4)$$

Динамічне навантаження від коливального процесу, що діє на захоплювальну головку з боку зведеної маси під час її підймання, має вигляд

$$F_{\text{дин}} = m \cdot \ddot{x}_M = -(G/g) \cdot f(\dot{x}) \cdot f_K \cdot \sin f_K \cdot t \quad (5)$$

Запишемо вираз (5) з урахуванням впливу на частоту вільних коливань зведеної маси та жорсткості присоски

$$F_{\text{дин}} = -\frac{G}{g} \cdot f(\dot{x}) \cdot \sqrt{\frac{k_M}{m}} \cdot \sin \sqrt{\frac{k_M}{m}} \cdot t \quad (6)$$

Величина максимального прискорення механізму піднімання під час виконання технологічної операції переміщення упаковки вакуумним захоплювальним пристроєм у вертикальній площині визначимо за формулою

$$\ddot{x}_M^{\text{max}} = \frac{F_{\text{дин}}}{m} - g \quad (7)$$

$$P_{\text{внутр}} = G + Q_y + \frac{F_{\text{ін}}' + W_n'}{\mu} + W_n - F_{\text{адг}} + F_{\text{дин}} \quad (8)$$

де $F_{\text{адг}}$ — сила адгезії упаковки з присоскою, Н; G — сила тяжіння упаковки, Н; W_n — сила опору повітря, Н; Q_y — сила пружності присоски, Н; $F_{\text{ін}}'$ — сила інерції та W_n' — опору повітря по вісі x ; μ — коефіцієнт динамічної в'язкості повітря, Па·с.

Підставимо рівняння (7) у вираз (8) та визначимо зусилля утримання упаковки вакуумною гофроприсоскою, яка відповідає розрахунковій схемі рис. 2.

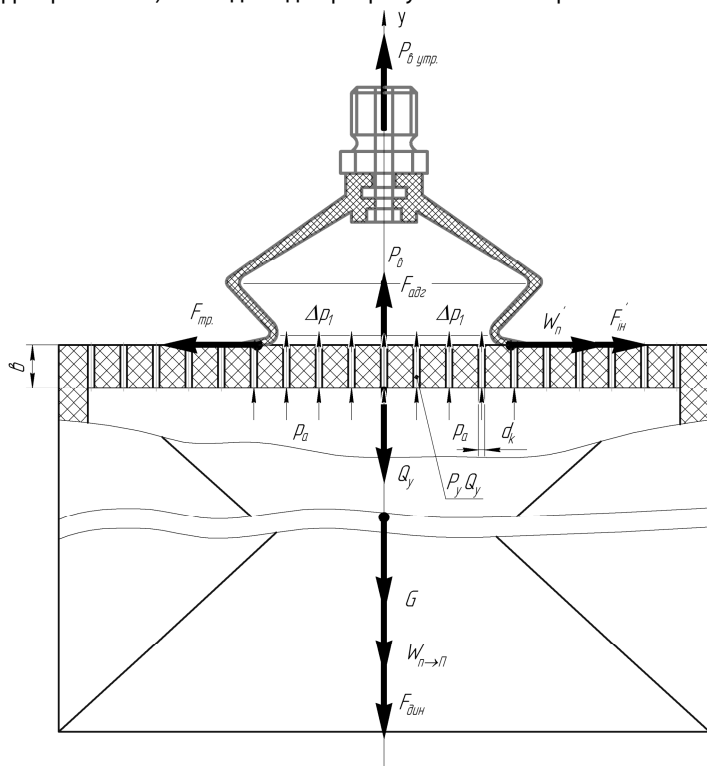


Рис. 2. Схема сил в процесі утримання гофроприсоскою упаковки з пористого матеріалу споживчої тари

Значення абсолютного тиску повітря на поверхні пористої упаковки в результаті повітропроникності матеріалу визначаємо:

$$\Delta P_1 = \sqrt{G_s \frac{\mu \cdot b}{\xi} \cdot \frac{RT_a}{S} + P_a^2} \quad (9)$$

де ξ — коефіцієнт, яким можна характеризувати повітропроникність пакувального матеріалу, м^2 ; b — товщини стінки матеріалу упаковки, м ; R — газова стала для повітря, $\text{Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$; T_a — абсолютна температура повітря у перерізі капіляра, К ; S — активна площа присоски, м^2 ; P_a — атмосферне значення тиску повітря; G_s — масові витрати повітря, $\text{кг}/\text{с}$.

Остаточна величина вакууму в гофроприсосці, яка забезпечить силу утримання $P_{\text{вутр}}$ з урахуванням фізико-механічних властивостей пакувального матеріалу, має вигляд:

$$P_{\text{в}} = ((G + Q_y + \frac{F'_{\text{ин}} + W'_n}{\mu} + W_n - F_{\text{адг}} + F_{\text{дин}}) / S) - \sqrt{G_s \frac{\mu \cdot b}{\xi} \cdot \frac{RT_a}{S} + P_a^2} \quad (10)$$

Результати досліджень. Результати аналітичних досліджень за розробленою моделлю представлено у вигляді графіка. Це — порівняльна характеристика зусилля утримання між гофроприсосками та без них (рис. 3).

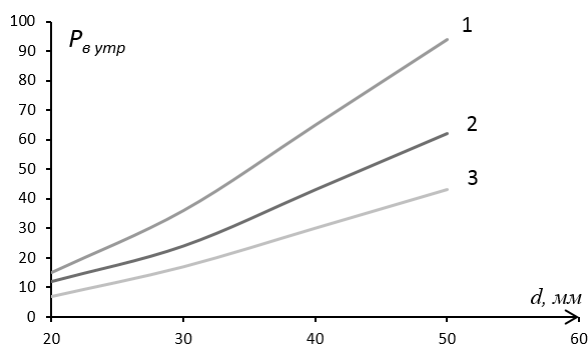


Рис. 3. Графік зміни зусилля утримання упаковок присосками з гофро та без них в залежності від їх діаметрів з урахуванням коливальних процесів під час виконання операції піднімання структурного елемента групової упаковки (закон руху — лінійний з постійним прискоренням $\ddot{x}_M = 2,5 \text{ м/с}^2$; величина вакуума: $-0,7 \text{ бар}$):

1 — присоскою без гофру; 2 — гофроприсоскою з 1,5 — гофро;
3 — гофроприсоскою з 3,5 — гофро.

Для перевірки адекватності запропонованої моделі способу визначення зусилля утримання структурних елементів групової упаковки вакуумними гофроприсосками була розроблена та виготовлена експериментальна установка. Загальний вигляд експериментальної установки показано на рис. 4.

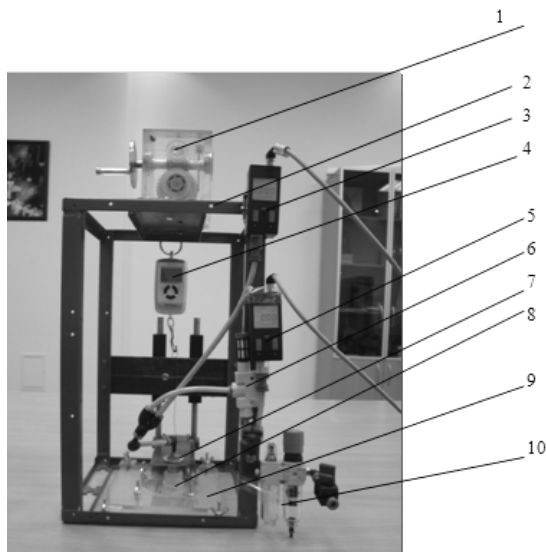


Рис. 4. Експериментальна установка для дослідження впливу мехатронного модуля з вакуумним захоплювальним пристроєм на зусилля відриву:

1 — черв'ячний редуктор; 2 — корпус установки; 3 — електронний манометр;
4 — електронний динамометр; 5 — електронний вакуумметр; 6 — ежектор; 7 — жорстка пластина, на якій закріплена вакуумна присоска; 8 — вакуумна присоска; 9 — пластикова пластина з перфорованими отворами та механізмом кріплення досліджуваного зразка упаковок в горизонтальній площині; 10 — регулятор тиску

Конструкція установки складається з корпусу 2, горизонтально розташованої пластинкової пластини 9 з перфорованими отворами по всій поверхні та механізмом для кріплення досліджуваного зразка. Вакуумна присоска 8 закріплена на жорсткій пластині 7. Пластина з присоскою переміщується у вертикальній площині по двох напрямних (рис.5). Вакуум для установки створює ежектор 6. Глибина вакууму вимірюється за допомогою електронного вакуумметра 5. Конструкція установки передбачає прикладання до присоски механічного зусилля, при якому відбувається переміщення пластини 7 з присоскою 8 у вертикальній площині по двох напрямних 11. Величина зусилля плавно змінюється за допомогою спеціального механічного пристрою з черв'ячним редуктором 1 та вимірюється електронним динамометром 4. Сигнали від електронних датчиків передаються через аналогоцифровий (АЦП) перетворювач на комп'ютер та записуються спеціальною програмою.

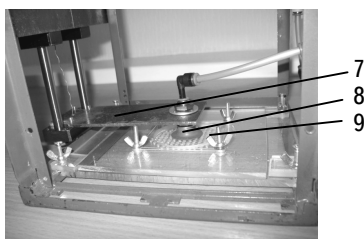


Рис. 5. Конструкція механізму закріплення досліджуваного зразка матеріалу:

7 — жорстка пластина, на якій закріплена вакуумна присоска; 8 — вакуумна присоска;

9 — пластикова пластина з перфорованими отворами та механізмом кріплення досліджуваного зразка упаковок у вертикальній площині

Для вакуумного захоплювального пристрою під час експериментів використовувались стандартні присоски різних діаметрів, матеріалів та конструкцій (рис. 6), які є найбільш вживаними в пакувальній галузі.



Рис. 6. Плоскі та сильфонні вакуумні присоски

Приклад порівняльних значень зусиль відриву картонних упаковок з різних марок картону від присоски, отриманих за допомогою математичної моделі (8), (9) та за результатами експериментальних досліджень для магістрального тиску повітря 6 бар наведено в таблиці.

Таблиця. Експериментальні та розрахункові значення зусиль відриву F картонних упаковок товщиною 0,40 мм з різних марок картону від вакуумної присоски (діаметр 40 мм; матеріал — пербуна; гофр — 1,5 мм)

Марка картону	Зусилля відриву F , Н	
	Експериментальне	Розрахункове
Хром-ерзац макулатурний марки Н першого сорту ТУ У 05509659-008-2000	58,8	60,8
Макулатурний картон марки НМ, ТУ У 21.1-05509659-008-2001	51,9	54,7
Тарний макулатурний картон КТ — 25, ТУ У 21.1-5509659-026:2005	46,1	47,5
Макулатурний картон марки ММ, ТУ У 21.1-05509659-020-2001	58,9	62,1

Похибка отриманих результатів знаходиться в межах до 5 %, що є допустимим для таких досліджень і доводить адекватність запропонованих математичних моделей реальним процесам.

Висновки. За результатами дослідження встановлено, що використання гофроприсосок дає додаткові технічні можливості для захоплення упаковок зі складною конфігурацією твірних поверхонь, але і є додатковим джерелом коливальних процесів, які суттєво зменшують зусилля утримання упаковок до 50% в порівнянні з присосками без гофр при однакових показниках величини вакууму, кінематичних та динамічних навантажень. Для досягнення заданого зусилля утримання гофроприсосками структурних елементів групової упаковки необхідно збільшувати глибини вакуума, що призводить до суттєвих енергетичних витрат, або забезпечити зменшення впливу коливальних процесів шляхом установки додаткових пристроїв компенсації [3].

ЛІТЕРАТУРА

1. *Пакувальне обладнання: підручник* / Гавва О.М., Беспалько А.П., Воячко А.І., Кохан О.О. — К.: ІАЦ «Упаковка», 2010. — 746 с.
2. *Бурлай Ю.В.* Оборудование для укладки и упаковки штучных изделий в тару / Ю.В. Бурлай, Л.А. Сухой. — М.: Машиностроение, 1975. — 280 с.
3. *Коренев Б.Г.* Динамические гасители колебаний: теория и технические приложения / Б.Г. Коренев, Л.М. Резников. — М.: Наука, 1988. — 304 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КОЛЕБАТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ В ЗАХВАТНЫХ УСТРОЙСТВАХ С ГОФРОПРИСОСКАМИ НА УСИЛИЯ УДЕРЖАНИЯ СТРУКТУРНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ГРУПОВОЙ УПАКОВКИ

Н.В. Якимчук, А.П. Беспалько

Национальный университет пищевых технологий

Авторы рассматривают проблему синтеза захватных устройств для перемещения структурных элементов групповых упаковок из потребительских единичных упаковок с пищевыми продуктами в мягкой и жесткой таре на основе вакуумных присосок. Проведены аналитические исследования процесса захвата упаковок вакуумными гофроскопическими с учетом возникающих при этом гармоничных колебаний. Для достижения необходимого усилия удержания потребительской упаковки вакуумными гофроскопическими рекомендуется в виду наличия колебаний соответственно увеличивать глубину вакуума (но при этом возрастут энергозатраты) или предусмотреть устройства для компенсации колебательных явлений.

Ключевые слова: потребительская упаковка, групповая упаковка, устройство усиления удержания, вакуумприсоски, колебательные явления, компенсация

IMPROVEMENT OF AUTOMATIC FUNCTIONAL STRUCTURE OF CONTROL OF TECHNOLOGICAL OBJECTS

B.M. Goncharenko, A.P. Lobok

National University of Food Technologies

Key words:	ABSTRACT
theory of automatic control, functional structure, mathematical model, transfer function, control algorithm, optimization	The methods of linear automatic control theory (ACT) and modern control theory (MCT), which are used in the development of process automation systems and food production are implemented as hierarchical structures based on computer networking industry. According to the system approach shows the main directions of use of mathematical modeling to create effective systems for automating complex, including non-linear processes, operating under conditions of uncertainty. Reference is made to information technologies and methods used in intelligent systems.
Article history:	These citations reflect the basic directions and methods used in recent years in developing advanced automated control systems and the synthesis of control appropriate actions to ensure their required or desired nature, such as robust or adaptive
Received 1.04.2015	
Received in revised form 20.04.2015	
Accepted 25.05.2015	
Corresponding author:	
goncharenkobn@i.ua	

ВДОСКОНАЛЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СТРУКТУРИ СИСТЕМ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМИ ОБ'ЄКТАМИ

Б.М. Гончаренко, д-р техн. наук,

О.П. Лобок, канд. фіз.-мат. наук

Національний університет харчових технологій

Наведені методи лінійної теорії автоматичного регулювання (ТАР) та сучасної теорії автоматичного керування (ТАК), які застосовуються при розробленні систем автоматизації технологічних процесів харчових виробництв та реалізуються як ієрархічні структури на основі комп'ютерних промислових мереж. Згідно з системним підходом показані основні напрямки використання математичного моделювання при створенні ефективних систем автоматизації складних, в тому числі і нелінійних об'єктів, що функціонують в умовах невизначеності. Згадуються інформаційні технології та методи, що застосовуються в інтелектуальних системах.

Ключові слова: теорія автоматичного регулювання, керування, системний аналіз, математична модель, передавальна функція, алгоритм керування, оптимізація.

Вступ. Теорія автоматичного керування історично складалась прикладами та теоретичними дослідженнями в цій галузі у вигляді теорії автоматичного регулювання (ТАР) та пізніше сучасної теорії автоматичного керування (ТАК). Остання досліджує властивості складних (нелінійних, з запіздуванням, слабо визначених) об'єктів на основі системного підходу до створення систем автоматизації за допомогою нелінійних і спеціальних математичних моделей та спеціально синтезованих керувальних алгоритмів і комп'ютерних програм як регуляторів (адаптивних, робастних, спеціальних), а також інформаційних систем прямого керування або дорадчих, застосування комп'ютерних технологій та інтелектуальних методів, які всі разом складають функціональну структуру систем автоматичного керування.

Постановка задачі. У відомих авторам друкованих або дисертаційних роботах з автоматизації керування технологічними об'єктами як правило висвітлювався один з використовуваних новітніх методів, застосованих до одного з можливих конкретних технологічних об'єктів керування. Але не наводився послідовний, системний та повний опис всіх можливих на той час новітніх і сучасних методів та підходів до автоматизації складних нелінійних об'єктів, що функціонують в умовах невизначеностей і вимагають застосування якщо не методів штучного інтелекту, то його елементів: нейронних мереж, нечіткої логіки, генетичних алгоритмів керування. Лише останнім часом у роботі [1] ґрунтовно оговорені досягнення і проблеми як класичної, так і сучасної теорії автоматичного керування. Так само вже систематичне і послідовне нагадування у даній статті про можливості новітніх методів має принести безсумнівну користь для їхнього застосування.

Мета статті. Дати нарис розвитку методів ТАР від простих лінеаризованих технологічних об'єктів керування до сучасної ТАК складними нелінійними об'єктами, що функціонують в умовах невизначеності.

Виклад основного матеріалу. Класична ТАР виникла з потреб автоматизації окремих «простих» об'єктів і ґрунтувалася на лінійних математичних моделях, за що дістала назву крім класичної ще й лінійної. Для лінійної ТАР характерним є конкретне застосування методів та технічних засобів [2], а з алгоритмів керування обмежений перелік типових законів, з яких найдосконалішим є ПІД-закон. Типовими були закони, доступні реалізуватися у вигляді електронно-механічних пристроїв.

Сучасна ТАК характеризується створенням систем автоматизації для складних об'єктів на основі нелінійних або ж і спеціальних математичних моделей, використанням спеціальних алгоритмів керування (нелінійних, адаптивних, робастних), застосуванням новітніх комп'ютерних технологій та інтелектуальних методів.

Сучасна ТАК сформувалась на дослідженні методів керування класом «складних» об'єктів, при аналізі яких враховуються їхні нелінійність, нестационарність, багатовимірність, розподіленість координат, недетермінованість, а також й невизначеність, бо складні об'єкти стають такими саме в умовах суттєвих невизначеностей. Були розроблені для застосування формалізовані регулярних методи синтезу систем керування на основі простору станів, матмоделей в координатах стану, векторно-матричного числення, теорії оптимізації розширеного масштабу. Сучасна ТАК має методи синтезу різнотипних систем: багатовимірних, нелінійних, з розподіленими координатами, зі змінюваними параметрами та структурами, адаптивних, дискретних, робастних та таке інше.

Синтезовані при наявності невизначеностей у матмоделі регулятори і системи називаються робастними, що трактується як мала чутливість до можливих змін математичної моделі об'єкта або кола зворотного зв'язку.

Сутність проблеми робастності становить вивчення питання збереження певних властивостей замкненої системи при можливих варіаціях (невизначенні) деяких її характеристик або умов функціонування. Основна й принципово нова ідея синтезу робастного керування полягає в тому, щоб однаковим регулятором забезпечити стійкість замкнених систем не тільки для номінального (без врахування помилок моделі) об'єкта, але й для будь-яких об'єктів, що належать множині «збурених» об'єктів, що визначаються класом невизначеності.

Початком строгої класичної теорії робастного керування, розповсюдженої на багатовимірні системи, послужила пропозиція критерія оптимальності на основі H^∞ — норми багатовимірної передавальної функції замкненої системи або енергії виходу системи при поданні на вхід сигналу з одиничною енергією. Якщо виходом є помилка керування, то H^∞ — норму, мінімізуємо енергію помилки для найгіршого випадку вхідного збурювання. У скалярному випадку норма такої функції скінченна й дорівнює максимальному значенню амплітудно-частотної характеристики.

Сучасна ТАК стосується в першу чергу складних нелінійних технологічних об'єктів, які функціонують в умовах невизначеності [2]. Звичайно система вважається складною [3], якщо для побудови її адекватної моделі недостатньо апріорної інформації і її поведінка (реакція на діяння) істотно залежить від невідомих чинників, умови її функціонування невизначені, тобто є складними, а створення системи автоматизації є проблематичним. Проте такими складними-невизначеними системами майже завжди успішно керує людина-оператор. Тому для керування виникли методи штучного інтелекту на основі нейронних мереж, нечіткої (fuzzy) логіки, еволюційних (генетичних) алгоритмів, нечітких когнітивних карт, дерев розв'язків і

таке інше. На засадах сучасної ТАК ґрунтуються системи штучного інтелектуального керування: експертні системи, які відтворюють керувальні дії високофахових спеціалістів-експертів; спеціалізовані діалогові системи, які забезпечують паритетний інтерактивний діалог людини-оператора з ЕОМ; інформаційні системи оброблення сигналів та зображень, які забезпечують збирання та оброблення даних про стан об'єктів та процесів керування, їхній аналіз (розпізнавання, тлумачення) або прогнозування; інформаційні системи керування, які виконують оцінювання стану об'єктів та прийняття (або підтримання) рішень для забезпечення бажаних техніко-економічних показників функціонування об'єктів в умовах невизначеності. Для функціонування останніх потрібне отримання і використання інформації про стан як самих складних (нестационарних, недовизначених) об'єктів керування, так і зовнішнього відносно їх середовища, тому такі системи мають в складі бази даних і бази знань різноманітного наповнення. Автоматизація організаційних процесів традиційно використовувала переважно евристичні методи, а автоматизація технологічних процесів більше — формалізовані регулярні. Гібридний клас організаційно-технологічних систем об'єднав формалізовані методи з інтелектуально-евристичними, що на основі апіорної інформації забезпечує регуляризацію задач керування та розв'язання їх в класі інтелектуальних систем [4]. Сучасні технічні засоби автоматизації дозволяють так вдосконалювати системи автоматизації, що нові синтезовані алгоритми керування реалізуються або програмним шляхом, або з використанням промислових мікропроцесорних контролерів.

Ефективним шляхом вдосконалення САК в харчових виробництвах є впровадження підсистем підтримки прийняття рішень (ПППР — DSS — Decision Support System) менеджерами в складних ситуаціях на основі досягнень в галузі інформаційних технологій, телекомунікаційних мереж, ПЕОМ, динамічних електронних таблиць, експертних систем. Структура ПППР включає три головні складові підсистеми: інтерфейсу користувача, керування базами даних, керування базами моделей. Перше покоління ПППР (з 1970 р.) було засобом комп'ютеризованої допомоги у прийнятті управлінських рішень і мало такі ознаки: керування даними (банки всіх доступних даних, їх оброблення та оцінювання), керування обчисленнями — загальне моделювання, спілкування — інтерфейси користувачів (фахові мови програмування).

Сучасні ПППР забезпечують допомогу в цілому діапазоні рішень, підтримку рішень користувача підвищенням їхньої ефективності, інтеграцією моделей і аналітичних методів при обробленні вибірки даних, забезпеченням дружнього інтерфейсу та простоти доступу, інтерактивністю розв'язування задач в режимі діалогу, гнучкістю та адаптивністю при зміні середовища або підходу до розв'язання задач. У ПППР знайшли практичне застосування математичні методи прийняття рішень, нейронні мережі, системи нечіткої логіки та експертні системи. Характерними є оптимізаційні задачі, що входять до лінійного програмування при поетапному розв'язуванні (динамічне програмування). До них належать задачі розпізнавання образів та побудова прогнозів.

Нейронна мережа — це сукупність нейронів, що зв'язані великою кількістю зв'язків. Під штучною нейронною мережею розуміють математичну модель, а також пристрій паралельних обчислень, як системи штучних нейронів, що з'єднані та тих, що взаємодіють між собою. Штучні нейронні мережі являють з себе розподілені і паралельні системи, здатні до адаптивного навчання шляхом аналізу позитивних і від'ємних впливів. Елементарним перетворювачем в даних мережах є штучний нейрон або просто нейрон за аналогією з біологічним прототипом. Математично штучний нейрон представляють як деяку нелінійну функцію від одного аргументу — лінійної комбінації всіх вхідних сигналів. Дану функцію називають функцією активації.

Штучний нейрон складається з елементів трьох типів: помножувачів (синапсів), суматора і нелінійного перетворювача. Синапси здійснюють зв'язок між нейронами, домножують вхідний сигнал на число, що характеризує силу зв'язку (вага синапсу). Суматор виконує додавання сигналів, що надходять по синаптичним зв'язкам від інших нейронів, і зовнішніх вхідних сигналів. Нелінійний перетворювач реалізує нелінійну функцію одного аргументу — виходу суматора. Ця функція називається функцією активації чи передавальною функцією нейрона. Нейрон в цілому реалізує скалярну функцію векторного аргументу. Математична модель штучного нейрону:

$$S = \sum_{i=1}^n W_i \cdot X_i + b,$$

$$Y = f(S),$$

де S — результат підсумовування (sum); W_i — вага (weight) синапсу, $i = 1 \dots n$; X_i — компонент вхідного вектора (вхідний сигнал), $i = 1 \dots n$; b — значення зміщення (bias); n — число входів нейрона; Y — вихідний сигнал нейрона; $f(S)$ — нелінійне перетворення (функція активації).

Синаптичні зв'язки з позитивними вагами називають збуджувальними, з негативними — гальмівними. Описаний обчислювальний елемент можна вважати спрощеною математичною моделлю біологічних нейронів, але щоб підкреслити відмінність біологічних і штучних нейронів, останні іноді називають *нейроподібними елементами* або *формальними нейронами*.

Головна ідея нечіткої логіки [5] полягає в заміні складної математичної моделі реального процесу на логіко-лінгвістичну модель керування цим процесом. В рамках керування передбачається використання досвіду оператора. Стратегія керування формується як набір лінгвістичних правил, які доступні для виконання людиною, але які складно формалізувати на основі звичайних алгоритмів керування, бо вони не можуть бути інтерпретовані однозначно, хоч і містять важливу інформацію. Основою підходу є моделювання нечітких параметрів лінгвістичної змінної. При прийнятті керувальних рішень для складних об'єктів підходи імітаційного моделювання, орієнтовані на використання кількісних об'єктивних оцінок, і методи традиційної теорії прийняття рішень виявляються недостатніми. Ефективним розв'язком цієї задачі є використання когнітивного моделювання, яке дозволяє структурувати і систематизувати наявну інформацію, визначити сценарії функціонування системи та спрогнозувати динаміку досягнення цілей, а також досліджувати альтернативи рішень і обирати з них оптимальні.

Когнітивний підхід заснований на створенні та дослідженні когнітивних карт ситуацій, які в широкому розумінні представляють собою схематичний, спрощений опис фрагментів функціонування системи, що відноситься до конкретної проблемної ситуації. Основною метою когнітивного моделювання є формування та уточнення гіпотези щодо функціонування досліджуваного об'єкту, що розглядається як слабкоструктурована система, яка складається з окремих внутрішніх і зовнішніх елементів, підсистем, що взаємодіють одне з одним, на основі структурної схеми причинно-наслідкових зв'язків.[3]. Основним завданням, яке вирішується в рамках когнітивного підходу є прогнозування та вибір альтернативних стратегій керування. Когнітивні моделі дозволяють здійснювати аналіз досліджуваної ситуації за допомогою вивчення структури взаємних впливів концептів когнітивної карти та динамічного аналізу, який полягає у генерації можливих сценаріїв розвитку. Когнітивні моделі є ідеальними для моделювання та керування складними виробничими процесами, бо поєднують в собі переваги нечіткої логіки та нейронних мереж: нечіткої логіки (відпадає необхідність знання точних математичних моделей, діє правило ЯКЩО — ТО для слабо формалізованих об'єктів); нейронних мереж (нелінійність опису, можливість самонавчання, щоб отримати оптимальні закони керування).

Використання синергетичного підходу (самоорганізації) [6] для керування дозволяє створити динамічні процеси, що базуються на організації та самоорганізації, відповідають природі об'єкта керування, узгоджують керування з результатом і вихідними (початковими) значеннями. Це дає оцінити нелінійності, нестійкості, нерівноважності, усвідомити процеси, що розвиваються завдяки флуктуаціям, що породжують точки біфуркації, в яких з'являються різні напрями змінювань системи, можливість спонтанного виникнення самоорганізації із безладу і хаосу в дисипативних структурах (вони започаткували «науку про складність» — нелінійну динаміку). У спадок нелінійній динаміці залишилося ряд проблем, які почали розв'язуватися з відкриттям стохастичної поведінки динамічних систем і знаходженням стійких локалізованих структур, які є основою виникнення динамічного хаосу (турбулентності) та вихорових структур. Нелінійна динаміка в межах теорії якості та біфуркації динамічних систем запропонувала свої алгоритми «спрощення» складних систем. Одним з головних алгоритмів є пропозиція масштабної інваріантності на всіх рівнях, прикладом якої слугують фрактальні множини на основі принципів самоподібності. Наразі предметом нелінійної динаміки стає дослідження складних систем зі змінною структурою та хаосом, систем з пам'яттю та самонавчанням. Цей напрям відомий як нейронаука. Її розвиток показав, що основним принципом розуміння процесів постановки нових проблем є комп'ютерне моделювання, бо дає нові розв'язки незнайомих ситуацій керування. Синергетичний підхід пропонує таку структуру керування та процедур самоорганізації, щоб потрібний стан системи ставав стійким, а рух у фазовому просторі приводив в його бажану точку.

В кінці XX століття був заснований сценарно-цільовий підхід для аналізу і прогнозування роботи організаційно-економічних систем. Він враховує: цілі, що складаються з цільових компонентів і представляються у вигляді графа типу дерева; операції, які забезпечують досягнення цілей перетворенням об'єктів; об'єктів, які є результатом виконання операцій (готові продукти, напівпродукти, вантажі, документи, фінансові або інформаційні потоки); ресурси, які використовуються для проведення операцій (сировина, кошти); переходи, які

відбуваються в системі як факт передавання об'єктів між операціями; події, які конкретизують передавання об'єктів між операціями. Аналіз проводиться на двох рівнях: на першому складається цільовий сценарій у вигляді графів операцій і цілей, на другому — формується і досліджується структурна реалізація сценарію в формі прографа. Програф — це процесно-ресурсно-об'єктний граф, що має два підрівня: базовий та табличний. Отримання максимального прибутку можливе за умови досягнення таких підцілей: дотримання технологічного регламенту, скорочення часу на прийняття оперативних управлінських рішень, використання інтелектуальних підсистем автоматизації на різних рівнях, впровадження мікропроцесорної техніки та комп'ютерно-інтегрованих технологій, вдосконалення керування технологічними процесами, проведення діагностики та прогнозування. Цільовий сценарій у вигляді графа операцій поєднує властивості статичних і динамічних моделей організаційно-технологічних систем. Статика дає візуалізацію послідовності виконання операцій, а динаміка виконання ілюструється за допомогою міток (маркерів), які знаходяться на вершинах графа. Граф цілей — орієнтований граф, в якому вершини відповідають цілям, ілюструє ієрархію цілей. Граф цілей узгоджується з графом операцій таким чином, щоб для кожного шляху на графі цілей існувала послідовність переходів на графі операцій. Використовуючи графи операцій і цілей, виводяться базовий і табличний прографи шляхом введення в цільовий сценарій символів об'єктів, подій, ресурсів і часової шкали, в межах якої розгортаються події.

Використання теорії марківських процесів дає доступ до розгляду дискретних просторово-часових структур. Але стан системи визначається не змінними стану, а їхніми ймовірностями та щільністю розподілу ймовірності. Для визначення стану процесу при $t \geq t_0$ потрібно знайти лише стан у момент початку t_0 , тобто марківський процес не має післядії. Для однорідного марківського процесу, який залежить лише від періоду часу з моменту початку стану, можна записати

$$A(t + \Delta t) = P(\Delta t) A(t),$$

де $A(t)$ — матриця, елементи якої $a_i(t)$ дають оцінку ймовірності стану i системи в момент часу t ; $P(\Delta t)$ — матриця, елементи якої $P_{ij}(\Delta t)$ свідчать про ймовірність переходу із стану i в стан j в момент t .

Останнім часом за врахування умов невизначеності стали застосовними математичні моделі, побудовані в нечіткому середовищі [6]. Використовуючи функції належності $\mu_{x_i}(x) \in [0,1]$ як сумісність змінної x і нечіткої множини x_i , моделі подають у вигляді відображення, яке кожній нечіткій вхідній множині ставить у відповідність вихідну (з виходу) нечітку множину. Нечітку модель подають у вигляді

$$M = \mu_1 / x_1 + \mu_2 / x_2 + \dots + \mu_i / x_i$$

де M — нечітка множина; μ_i — функції належності; x_i — елементи нечіткої множини.

Висновки. З метою систематичного огляду методів сучасної теорії автоматичного керування при розробленні (синтезі) систем автоматизації технологічних об'єктів харчових виробництв реалізуються ієрархічні структури на основі комп'ютерних промислових мереж. Показані основні напрямки використання сучасних методів для створення ефективних систем автоматизації складних, в тому числі і нелінійних об'єктів, що функціонують в умовах невизначеності.

ЛІТЕРАТУРА

1. М54. Методы классической и современной теории автоматического управления. Учебник в 5-ти тт. 2-е изд. перераб. и доп. Т 1. Математические методы, динамические характеристики и анализ систем автоматического управления / Под ред. К.А. Пупкова, Н.Д. Егупова. — М.: Издат-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2004. — 636 с., ил.
2. Ладанюк А.П. Сучасні методи автоматизації технологічних об'єктів [Текст]: монографія / А.П. Ладанюк, О.А. Ладанюк, Р.О. Бойко, В.В.Івашук, Д.О.Кроніковський, Д.А. Шумигай // — К.: Інтер Логістік Україна, 2015. 408 с.
3. Ладанюк А.П. Іноваційні технології в управлінні складними біотехнологічними об'єктами агропромислового комплексу [Текст]: монографія / А.П. Ладанюк, В.М. Решетнюк, В.Д. Кишенько, Я.В. Смітюх // — К.: НУХТ «Центр учбової літератури», 2014. — 280 с.

4. Дорф Р. Современные системы управления / Р. Дорф, Р. Бишоп // — М.: Лаборатория базовых знаний, ЮНИМЕДИАСТАЙЛ, 2002. 831 с.

5. Леоненков А.Ю. Нечеткое моделирование в среде Matlab и fuzzy Tech / А.Ю. Леоненков. — С.Птб.: БХВ, 2003. — 720 с.

6. Владимирский Э.И. Синергетические методы управления хаотическими системами [Текст]: / Э.И. Владимирский, Б.И. Исмаилов // — Баку: ELM, 2011. — 240 с.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ОБЪЕКТАМИ

Б.Н. Гончаренко, А.П. Лобок

Национальный университет пищевых технологий

Приведены методы линейной теории автоматического регулирования (ТАР) и современной теории автоматического управления (ТАУ), которые применяются при разработке систем автоматизации технологических процессов пищевых производств и реализуются как иерархические структуры на основе компьютерных промышленных сетей. Согласно системному подходу показаны основные направления использования математического моделирования при создании эффективных систем автоматизации сложных, в том числе и нелинейных объектов, функционирующих в условиях неопределенности. Упомянуты информационные технологии и методы, применяемые в интеллектуальных системах.

Ключевые слова: теория автоматического регулирования, управление, системный анализ, математическая модель, передаточная функция, алгоритм управления, оптимизация.

AUTOMATIC CONTROLLERS IN MULTI-COMPLEX CONTROL SYSTEM

A. Ladanyuk , R. Boiko, Y. Smityuh
National University of Food Technologies

Key words:	ABSTRACT
automatic controllers, fuzzy control, multi-agent systems	The article discusses approaches for evaluating the ability to create effective systems of automatic control based on multi-agent approach, using different types of automatic controllers.
Article history: Received 12.02.2015 Received in revised form 15.04.2015 Accepted 20.04.2015	In particular sufficient detail the analytical basis of their descriptions of the different types and features of the contained use, as shown in the sales structure. In this case, special attention should be the development of intelligent controllers based principles of fuzzy logic and fuzzy set theory. Illuminated urgent task today, namely the creation of structures of cognitive agents of technological systems. It is shown that for technological facilities that operate in an uncertain and changing load, can also be used tabular methods of PID adaptive properties.
Corresponding author: Ladanyuk@ukr.net	Also determined that in multi-agent systems agents controllers are allocated to groups that implement these tasks: switching and stabilization, coordination and protection are their priority

АВТОМАТИЧНІ РЕГУЛЯТОРИ В БАГАТОАГЕНТНИХ СИСТЕМАХ УПРАВЛІННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМИ КОМПЛЕКСАМИ

**А.П. Ладанюк д-р техн. наук,
Р.О. Бойко, Я.В. Смітюх, канд. техн. наук**
Національний університет харчових технологій

В статті розглядаються підходи за якими оцінюється можливість створення ефективних систем автоматичного регулювання на основі багатоагентного підходу з використанням різних типів автоматичних регуляторів. При цьому особливої уваги заслуговує розробка інтелектуальних регуляторів, що базуються принципах нечіткої логіки та теорії нечітких множин.

Ключові слова: автоматичні регулятори, нечіткий регулятор, багатоагентні системи.

Вступ. Ефективність багатоагентних систем суттєво залежить від якості регулювання технологічних змінних. Найбільш широко використовуваний ПІД-регулятор (контролер) продовжує вдосконалюватись для покращення показників управління об'єктами, які мають складні динамічні характеристики [1].

В багатоагентних системах універсальний ПІД-регулятор може використовуватись як когнітивний агент. Для визначення параметрів цього регулятора за допомогою, наприклад, генетичного алгоритму знаходиться комбінації K_p (пропорційної), T_i (інтегральної), T_d (диференціальної) складових, яка забезпечує ефективне регулювання технологічних змінних в широкому діапазоні зміни характеристик об'єкта та суттєвих змінних збурень.

Агент з таким регулятором може працювати самостійно та проявляти когнітивні властивості (накопичувати знання зовнішнього середовища, які використовуються для пристосування до змінюваних умов роботи шляхом зміни параметрів регулятора). Такий регулятор може використовуватись також на нижніх шарах когнітивного агента з ієрархічною структурою.

Мета досліджень. Створення наукових основ побудови багатоагентних систем автоматизованого управління технологічними процесами харчової промисловості. При цьому необхідними є побудова структур системи, когнітивних агентів та спеціальних регуляторів.

Результати досліджень. Традиційний ПІД-регулятор включає три складові: пропорційну (P), яка компенсує похибку регулювання; інтегральну (I) для зменшення інтегральної похибки за час регулювання; диференціальну (D) для формування сигналу за похідної похибки. Передаточна функція ПІД-регулятора має вид:

$$W(S) = K_p e + \frac{K_i}{T_i \cdot p} + T_d \cdot p, \quad (1)$$

де: K_p , T_i , T_d — параметри регулятора, відповідно: коефіцієнт передачі, час інтегрування, час диференціювання; S — комплексна змінна. Для дискретно-часової області в цифровому виді передаточної функції (1) апроксимуються виразами за допомогою Z -перетворень, $Z = e^{ST}$ (дискретного перетворення Лапласа):

$$\begin{aligned} W(S) = K_p &\rightarrow W(Z) = K_p, \\ W(S) = \frac{K_i}{S} &\rightarrow W(Z) = \frac{K_i T}{1 - Z^{-1}}, \\ W(S) = K_d \cdot S &\rightarrow W(Z) = \frac{K_d (1 - Z^{-1})}{T}. \end{aligned} \quad (2)$$

Загальна передаточна функція ПІД-регулятора в дискретній області має вид:

$$G_c(Z) = \frac{K_0 + K_1 Z^{-1} + K_2 Z^{-2}}{1 - Z^{-1}}, \quad (3)$$

де $K_0 + K_1 T + K_d / T$; $K_1 = -K_p - 2K_d / T$; $K_2 = K_d / T$, T — час дискретизації.

В різницевому виді вихідний сигнал регулятора дорівнює:

$$U(n) - U(n-1) = K_0 e(n) + K_1 e(n-1) + K_2 e(n-2), \quad (4)$$

де: e — сигнал похибки; n — дискретний час.

Таким чином, в дискретно-часовій області вихід регулятора в поточний момент часу обчислюється на основі значення виходу в попередній момент часу, похибки в поточний момент, похибки в попередньому ітераційному циклі за один крок до поточного моменту та за два кроки до поточного моменту. Традиційна схема замкненої системи автоматичного регулювання технологічним об'єктом показана на рис. 1.

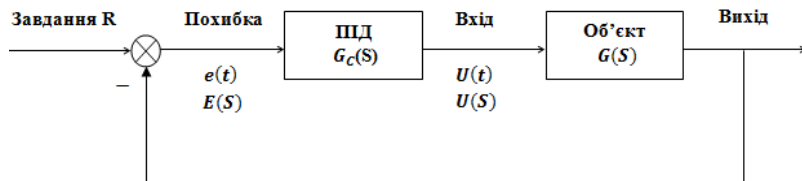


Рис.1. Структура замкненої системи

Для складних динамічних об'єктів використовуються адаптивні та нечіткі регулятори. При реалізації нечітких регуляторів завжди розв'язуються три задачі:

- визначення способу фазифікації вхідних змінних, тобто формування шкал цих змінних з функціями належності вхідних значень до терм-множин змінних, визначення процедури обчислення степенів належності для поточних значень змінних;

- створення бази нечітких правил та визначення процедури висновку, тобто обчислення степенів належності для вихідних змінних;

- визначення способу дефазифікації вихідних змінних, тобто формування шкали вихідних змінних з функціями належності та визначення процедури обчислення степенів належності та поточних значень вихідних змінних.

Для створення бази нечітких правил, які відповідають пристрою управління, можна використати метод, описаний в [2], у якому процес висновку (виведення) виражається простою формулою для виходу системи:

$$U = (\alpha E + (1 - \alpha)EC), \quad (5)$$

де E , EC — нечіткі вхідні змінні для похибки управління $e(t)$ та її зміни $\Delta e(t)$, відповідно; α — фактор регулювання бази нечітких правил. Схема нечіткого ПІД-регулятора представлена на рис. 2.

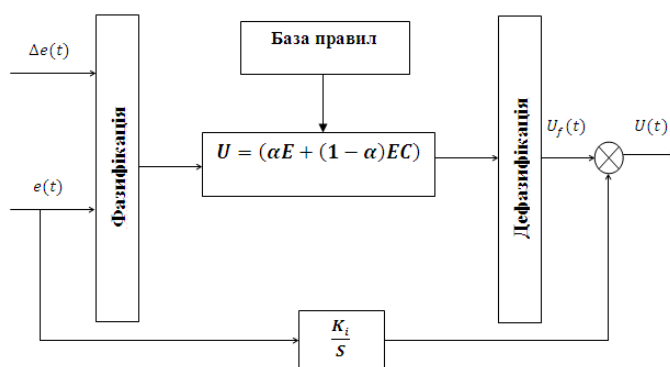


Рис. 2. Нечіткий ПІД-регулятор

Фазифікація при нечіткому управлінні подається так:

$$E = K_e e(t); EC = K_{EC} \Delta e(t), \quad (6)$$

А дефазифікація визначається як:

$$U_f(t) = K_f \cdot U \quad (7)$$

Додатковий інтегровальний елемент вводиться для перевірки та забезпечення стійкості, тоді:

$$U(t) = U_f(t) + K_i \int_0^t e(t) dt \quad (8)$$

Модель формування поведінки нечіткого агента, який керує об'єктом, обирається двох-рівневою: на верхньому рівні — мережа, наприклад, імунологічного типу, на нижньому — ПІД-регулятор, адаптивні властивості якого забезпечуються інтелектуальним генетичним алгоритмом.

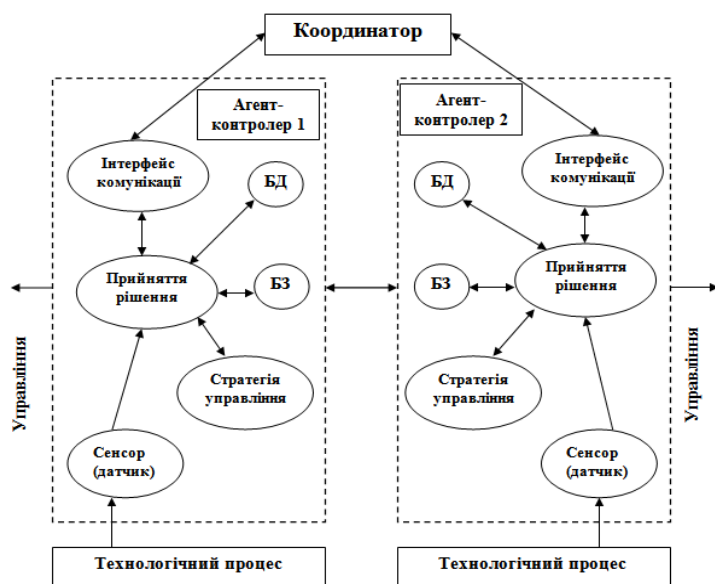


Рис. 3. Структура когнітивного агента технологічного комплексу

Процедура отримання параметрів регулятора формується групою трьох коефіцієнтів K_p , T_i , T_d та забезпечується необхідний перехідний процес. Для цього використовується генератор випадкових чисел, за допомогою якого формується N груп коефіцієнтів у формі матриці $3 \times N$:

$$K = \begin{vmatrix} K_{p1} & K_{i1} & K_{d1} \\ K_{p2} & K_{i2} & K_{d2} \\ K_{pN} & K_{iN} & K_{dN} \end{vmatrix} \begin{matrix} x_1 \\ x_2 \\ x_N \end{matrix} \quad (9)$$

Кожний рядок матриці відповідає групі параметрів (варіанту рішення), а матриця в цілому — початковий набір груп параметрів.

Цільова функція має вигляд:

$$I = \int_0^{\infty} (a_1 |e(t)| + a_2 x^2(t)) dt + a_3 t_n, \quad (10)$$

де $e(t)$ — похибка; $x(t)$ — перехідний процес за регульованою змінною; t_n — час перехідного процесу; $a_i, i = 1, 3$ — вагові коефіцієнти.

Для технологічних об'єктів, які функціонують в умовах невизначеності та при змінюваному навантаженні, можуть використовуватись також табличні методи надання ПІД-регулятору адаптивних властивостей. Наприклад, для цього в систему включається еталонна модель з нечіткою логікою [5]. Тоді на основі експертних оцінок формується база правил у вигляді таблиці на основі продукційних правил, які формують поправочні коефіцієнти до параметрів регуляторів за визначеними функціями належності.

Другим варіантом табличного підходу є формування таблиці значень параметрів регулятора, якщо кожному режиму роботи об'єкта можна поставити у відповідність їх певну комбінацію. Для цього також необхідно визначити види та величини дестабілізуючих факторів, які можна вимірювати. Безумовно, необхідно провести попередню роботу для ідентифікації режимів роботи об'єкта, але це виправдано позитивним результатом за рахунок урахування додатково різних нелінійностей та нестационарності.

На верхньому рівні використовується мережа з адаптивними ПІД-регуляторами, які розраховуються за допомогою генетичного алгоритму, та регулюють стан об'єкта, який повинен відповідати поточній ситуації.

При роботі технологічних об'єктів виникають різні задачі, наприклад, *захисту* (коли необхідно терміново припинити подачу матеріальних або енергетичних потоків), *перемикання* (коли змінюється завдання від координатора), *автоматичного регулювання* (стабілізації технологічних змінних). В багатоагентних системах агенти-контролери виділяються в групи, які реалізують ці задачі: перемикання та стабілізація, координація та захист. Всі задачі, які реалізує система автоматизації, повинні мати певні пріоритети.

В технічній літературі описано кілька спроб побудови системи управління динамічними об'єктами на багатоагентній основі. Відзначається, що при цьому покращується взаємодія агентів та проявляється їх властивості автоматичності, адаптивності, гнучкості, що сприяє вдосконаленню процесів моніторингу та управління [3,4]. Кожний агент спеціалізований та відповідає за конкретні функції при розподіленому управлінні, а окремо розв'язується задача координації агентів.

Висновки. При використанні багатоагентних систем для управління технологічними комплексами та окремими підсистемами повинні виконуватись правила:

- забезпечення матеріальних та енергетичних балансів з урахуванням потоків речовини та енергії в статичних (квазістатичних) та динамічних режимах. Відомо, що саме цей фактор є визначальним у порівнянні зі змінними технологічних режимів окремих установок;
- незалежності (автономності) агентів. Це означає, що в штатних ситуаціях кожен агент виконує свої функції незалежно від інших і цей режим роботи є основним. При виникненні нештатної ситуації локальний агент звертається до інших, активізуючи обмін інформацією між ними;
- кооперації, тобто координації роботи інших агентів, коли активізується робота агента-координатора.

ЛІТЕРАТУРА

1. Aidan O'Dwyer Handbook of PI and PID Controller Tuning Rules (2nd Edition) / Aidan O'Dwyer . — London, 2006. — P.564.
2. Long S. On self-regulation of fuzzy control rule/ S. Long, P. Wang/ Long, S. // Fuzzy Mathematics, 1982. Vol.3, no. 3, p.105—112.
3. Jia Lu Boiler-turbine Main Steam Based on Multi-Agent Control System/ Jia Lu, V.P. Shkodyrev, L.A. Stankevich// Distributed Intelligent System and Technology Workshop. — St. Petersburg, 2008. — P.169—176.
4. Wooldridge M.J. An Introduction to Multi-Agent System/ John Wiley and Sons, Chichester, England, 2002.
5. Васильев В.И. Интеллектуальные системы управления. Теория и практика: учебное пособие/ В.И. Васильев, Б.Г. Ильясов. — М. Радиотехника, 2009. — 392 с.

АВТОМАТИЧЕСКИЕ РЕГУЛЯТОРЫ В МНОГОАГЕНТНЫХ СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ КОМПЛЕКСАМИ

А.П. Ладанюк, Р.О. Бойко, Я.В. Смитюх

Национальный университет пищевых технологий

В статье рассматриваются подходы по которым оценивается возможность создания эффективных систем автоматического регулирования на основе многоагентного подхода с использованием различных типов автоматических регуляторов. При этом особое внимание заслуживает разработка интеллектуальных регуляторов, основанных принципах нечеткой логики и теории нечетких множеств.

Ключевые слова: автоматические регуляторы, нечеткий регулятор, многоагентные системы.

DETERMINATION OF ECONOMIC EFFECTIVENESS OF MEASURES OF IMPROVING WORKING CONDITIONS AT THE FOOD INDUSTRY ENTERPRISES

O. Yevtushenko, A. Siryk, P. Porodko

National university of food technologies

Key words:

safety, labour, occupational injuries, accident, occupational safety

Article history:

Received 10.03.2015

Received in revised form 17.14.2015

Accepted 19.05.2015

Corresponding author:

alsok3030@gmail.com

ABSTRACT

In the article, based on the statistics, economic effectiveness was defined as the implementation of the automated system management by occupational safety for the food industry enterprise due to the implementation of capacities to predict the amount of days of disability from injuries and occupational diseases. The research for the average meat-processing enterprise (slaughterhouse) of Ukraine was done, based on statistics of 2013 — 2014.

Therefore was estimated: savings from reduction of occupational morbidity; savings due to the transfer of workers, payment of which was given at the rate of work in hazardous working conditions; damage to the company due to occupational diseases and injuries.

The results can be used in improving projects of management decisions to ensure safe working conditions of the employees of the food industry enterprises as well as of enterprises of other industries of Ukraine

ВИЗНАЧЕННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАХОДІВ З ПОЛІПШЕННЯ УМОВ ПРАЦІ НА ПІДПРИЄМСТВІ ХАРЧОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

О.В. Євтушенко, канд. техн. наук,

А.О. Сірик, П.В. Породько

Національний університет харчових технологій

У статті на основі статистичних даних визначено економічну ефективності від впровадження автоматизованої системи управління охороною праці для підприємства харчової промисловості, за рахунок реалізації можливостей щодо прогнозування кількості днів непрацездатності від травматизму та професійних захворювань. Отримані результати можуть бути використані при вдосконаленні проектів управлінських рішень щодо забезпечення безпечних умов праці робітників підприємств харчової промисловості, а також підприємств інших галузей промисловості України.

Ключові слова: безпека, праця, виробничий травматизм, нещасний випадок, охорона праці.

Постановка проблеми. У відповідності з Національною програмою поліпшення стану безпеки, гігієни праці та виробничого середовища на 2014 — 2018 роки, затвердженої Законом України від 4 квітня 2013 р. № 178-IV, на всіх підприємствах повинні бути розроблені та впроваджені комплексні організаційно-технічні заходи з охорони праці спрямовані на забезпечення безпечних і нешкідливих умов праці працівників в процесі трудової діяльності, профілактики травматизму, недопущення виникнення аварій і надзвичайних ситуацій.

На основі аналізу даних по травматизму в харчовій промисловості, за останнє десятиріччя, встановлено, що організаційні та кваліфікаційні фактори на підприємствах харчової промисловості призводять до 80% виробничих травм [1, 10].

Розроблення і широке впровадження комплексу правових, інженерно-технічних, санітарно-гігієнічних і естетичних заходів, які сприяють безперервному зниженню виробничого травматизму і захворюваності, одночасно мають і велике економічне значення, оскільки від умов, в яких працює людина, значною мірою залежить від її ставлення до праці, працездатність, тривалість активної діяльності тощо.

Разом з тим тривалий час у нашому суспільстві вважалося, що заходи з охорони праці необхідно запроваджувати без будь-якої економічної оцінки, тобто економічний ефект від поліпшення умов праці неможливий. Однак за останні роки стало зрозуміло, що покращення умов праці дає високий економічний ефект. При цьому необхідним є такий підхід до визначення економічної ефективності поліпшення умов праці, який враховував би їх комплексний вплив, взаємний зв'язок, збільшувальну і зменшувальну дію одного фактора на інший.

Методика визначення економічної ефективності заходів з поліпшення умов праці, яка склалася на цей час, виходить з комплексного впливу умов праці на її продуктивність та інші економічні показники. При високому ступені стомленості людина не тільки працює менш продуктивно, але може чинити невірні, хибні дії, наслідки яких можуть бути непередбаченими. Якщо трудове навантаження точно відповідає фізіологічним можливостям людини, її здібностям і нахилам, а санітарно-гігієнічні умови праці оптимальні, працездатність і продуктивність праці високі, то підвищення інтенсивності праці не спричинить ніяких небажаних змін в організмі людини.

У роботі [2] запропоновано комплекс засобів автоматизації управління охороною праці для підприємств харчової промисловості, які складаються з програмних продуктів: «Контроль знань з охорони праці виробничого персоналу», який дозволяє контролювати рівень знань з охорони праці безпосередньо орієнтованих на професію працівників різних технологічних рівнів, а також дає змогу перевіряти та оцінювати умови праці, працівників під час трудової діяльності та «Analysis_of_accidents 1.0», який дає можливість оперативно виконати обробку інформації про нещасний випадок, проаналізувати її і ухвалити раціональні управлінські рішення щодо забезпечення безпеки праці на підприємстві.

Метою роботи є — визначення економічної ефективності від впровадження автоматизованої системи управління охороною праці для підприємства харчової промисловості.

Виклад основного матеріалу дослідження. Дослідження проведемо для середньостатистичного м'ясопереробного підприємства (м'ясокомбінату) України на основі статистичних даних за 2013 — 2014 р.р. за наступних вихідних даних: чисельність працівників підприємства — 500 осіб; середньорічна заробітна плата — 28800 грн.; середня кількість днів непрацездатності за 2013 р. — 1640.

На основі статистичних даних та методик, наведених [3—7] здійснюється прогнозування кількості днів непрацездатності на 2014 та подальші роки з визначенням причин-факторів виробничого травматизму та створенням системи управління охороною праці.

Економія від впровадження системи управління охороною праці на підприємстві утворюється за рахунок таких джерел [8—9]: зменшення кількості захворювань і травм і, як наслідок, зниження втрат робочого часу (у вигляді умовно звільнених робітників та економії їхньої заробітної плати з відрахуванням); зменшення оплати за ставками шкідливих професій і оплати додаткових відпусток за роботу в шкідливих умовах внаслідок переведення працівників у нормальні умови праці; зменшення збитків через професійні захворювання і травматизм; скорочення збитків від плинності кадрів через незадоволення умовами праці.

Сумарна економія визначається як

$$E_c = E_p + E_{\text{ш}} + E_{\text{л}} + E_{\text{п}}, \quad (1)$$

де E_p — зниження собівартості (економія) від зменшення захворювання і травматизму із заробітної плати умовно звільнених робітників; $E_{\text{ш}}$ — зниження собівартості від зменшення виплат за ставками шкідливих професій і оплати додаткових відпусток; $E_{\text{л}}$ — зниження собівартості від зменшення виплат за лікарняними листами; $E_{\text{п}}$ — зниження собівартості від зменшення збитків через плинність кадрів.

Для визначення *економії від зниження виробничо-зумовленої захворюваності* E_p треба знайти відсоток захворюваності Z (у робочих днях) по відношенню до робочого часу одного робітника протягом року:

$$З = \frac{Д \cdot 100}{Р \cdot \Phi}, \quad (2)$$

де $Д$ — дні відсутності через виробничо-зумовлену захворюваність протягом року; $Р$ — середньоспискова чисельність робітників; Φ — річний ефективний фонд часу одного робітника (год.).

Встановивши для середньостатистичного м'ясопереробного підприємства за 2013 рік $Д_{13} = 1640$ днів, та визначивши на основі прогнозування $Д_{14} = 1515$ днів, при $Р_{13} = 500$ роб., $Р_{15} = 500$ роб., $\Phi_{14} = 1996$ год., $\Phi_{14} = 2001$ год., отримаємо

$$З_{13} = \frac{1640 \cdot 8 \cdot 100}{500 \cdot 1996} = 1,31\%; \quad З_{14} = \frac{1515 \cdot 8 \cdot 100}{500 \cdot 2001} = 1,21\%.$$

При цьому умовне звільнення робітників

$$В_p = \left(1 - \frac{100 - З_{13}}{100 - З_{14}}\right) P_c \cdot 0,5 = \left(1 - \frac{100 - 1,31}{100 - 1,21}\right) 500 \cdot 0,5 = 0,25 \text{ роб.},$$

де $З_{13}$, $З_{14}$ — відсоток втрат робочого часу через захворюваність за 2013 та 2014 р.р. відповідно; P_c — середньоспискова чисельність робітників у 2013 році; 0,5 — коефіцієнт нерівномірності впровадження заходів з охорони праці.

При умовному звільненні 0,25 робітників економія фонду заробітної плати та відрахувань на соціальне страхування — E_p за рахунок підвищення продуктивності праці

$$E_p = В_p З_{cp} \left(1 + \frac{П_{oc}}{100}\right) = 0,25 \cdot 28800 \cdot (1 + 0,12) = 8,064 \text{ тис. грн.},$$

де $З_{cp}$ — середньорічна основна і додаткова заробітна плата одного робітника, грн.; $П_{oc}$ — відсоток відрахувань на соціальне страхування (12%).

Економія за рахунок переведення робітників, оплата яких здійснювалась за ставками робіт зі шкідливими умовами праці, у нормальні умови

$$E_{ш} = P\Phi(C_m - C_n) \left(1 + \frac{П_{oc}}{100}\right), \quad (3)$$

де C_m — середня тарифна ставка (годинна) на шкідливих і важких роботах 16,5 грн.; C_n — середня тарифна ставка для робіт з нормальними умовами праці 15,0 грн.; P — кількість робітників, що переведені на нормальні умови праці.

Заходи з охорони праці дали змогу в 2014 р. поліпшити умови праці в середньому 5 працівникам кожного підприємства

$$E_{ш} = 5 \cdot 2001 \cdot (16,5 - 15) \left(1 + \frac{12}{100}\right) = 16800 \text{ грн.}$$

Крім економії з основної заробітної плати й соціального страхування, завдяки переведенню робітників зі шкідливих умов праці на нормальні, варто врахувати також зменшення оплати додаткових відпусток за роботу в шкідливих умовах, E_l (6 днів по 120 грн).

$$E_l = 5 \cdot 6 \cdot 120 = 3600 \text{ грн.}$$

Сумарна економія для середньостатистичного підприємства м'ясної галузі від переведення робітників у нормальні умови праці завдяки заходам, що передбачені системою охорони праці:

$$E_{ш} = 16800 + 3600 = 20,4 \text{ тис. грн.}$$

Збиток, заподіяний підприємству профзахворюваннями і травматизмом. Досвід показує, що матеріальні збитки підприємства понад чотири рази перевищують виплати за лікарняними листками. Враховуючи, що при травматизмі, який пов'язаний з виробництвом, виплати за лікарняними листками дорівнюють середній заробітній платі, можна прийняти (підприємство оплачує лікарняні до п'ять днів, решту — фонд страхування):

$$Y_{cp} = B_d K_1 = \frac{Z_{cp} K_1}{\Phi}, \quad (4)$$

де Y_{cp} — середньоденний збиток підприємства; B_d — витрати за лікарняними листами за один день непрацездатності; K_1 — коефіцієнт, що враховує відносний розмір матеріального збитку при відомих витратах за лікарняними листами ($K_1 = 4,14$); Z_{cp} — середньорічна основна й додаткова зарплата одного робітника, тис. грн.

$$E_l = \frac{Z_{cp}}{\Phi_{14}} (D_{n13} - D_{n14}) = \frac{28,8}{250} (1640 - 1515) = 14,4 \text{ тис. грн.}$$

де 1640 і 1515 — дні непрацездатності від захворювань, пов'язаних з виробництвом у 2013 р. та у 2014 р. за прогнозом.

4. Плинність кадрів на підприємстві за 2013 р. становила 21,1 %. Однак кількість осіб, які звільнилися через несприятливі умови праці, зменшилася і становила відповідно 6,96 % у 2013 р. і 6,33 % — у 2014 р. Відсоток зменшення плинності кадрів через поліпшення умов праці становить 0,63 %, тобто 3 робітники ($500 \times 0,63 = 3,15$).

Економія від скорочення плинності кадрів:

$$E_n = Z_n P, \quad (5)$$

де Z_n — зменшення плинності кадрів робітників; P — втрати на заміну звільненого і навчання нового робітника (грн.).

Загальна економія від зниження плинності кадрів через поліпшення умов праці: при витраті на 1 роб., $P = 3500$ грн.

$$E_n = 3 \cdot 3500 = 10,5 \text{ тис. грн.}$$

Таким чином, сумарна економія від впровадження СУОП на основі прогнозування ризиків на середньостатистичному підприємстві м'ясної галузі становить

$$E_c = E_p + E_{ш} + E_l + E_n = 8,1 + 20,4 + 14,4 + 10,5 = 53,4 \text{ тис. грн.}$$

Величина річного економічного ефекту:

$$E = E_c - E_n K, \quad (6)$$

де K — одноразові витрати на розроблення і впровадження АСУОП (240 тис. грн.); E_n — нормативний коефіцієнт порівнюваної економічної ефективності заходів з охорони праці $E_n = 0,08$,

$$E = 53,4 - 0,08 \cdot 240 = 34,2 \text{ тис. грн.}$$

Висновки. Таким чином, річний економічний ефект від впровадження автоматизованої системи управління охороною праці для умовного середньостатистичного підприємства загальною чисельністю 500 працівників складає 34,2 тис. грн за рахунок реалізації можливостей щодо прогнозування кількості днів непрацездатності від травматизму та професійних захворювань.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Євтушенко О.В.* Підвищення рівня безпеки праці на підприємствах харчової промисловості на основі прогнозування ризиків травмування: Автореф. дис. кандидата. техн. наук: 05.26.01 / ДУ «Національний науково-дослідний інститут промислової безпеки та охорони праці». — К., 2014. — 20с.
2. *Євтушенко О.В.* Комплекс засобів автоматизації управління охороною праці для підприємств харчової промисловості / О.В. Євтушенко // Наукові праці Національного університету харчових технологій. — 2015. — Вип. 2. т. 21 — С.122 — 131.
3. *Євтушенко О.В.* Прогнозування ризиків виробничого травматизму на підприємствах харчової промисловості / О.В. Євтушенко // Наукові праці Національного університету харчових технологій. — 2015. — Вип. 51 — С.46 — 55.
4. *Євтушенко О.В.* Удосконалення методу визначення причинно-наслідкових зв'язків характерних для виробничого травматизму в харчовій галузі / О.В. Євтушенко, Л.А. Сербінова // Проблеми охорони праці в Україні. — 2014. — Вип. 28 — С.63 — 68.
5. *Рекомендації щодо профілактичних заходів*, що можуть включатися до загальнодержавних, регіональних, галузевих програм поліпшення стану безпеки, гігієни праці та виробничого середовища. — К.: Національний науково-дослідний інститут охорони праці, 2011. — 11 с.
6. *Рекомендації щодо розроблення системи профілактики виробничого травматизму (СПВТ) на основі ризикоорієнтованого підходу.* — К.: Національний науково-дослідний інститут охорони праці, 2012. — 40 с.
7. *Рекомендації щодо профілактики нещасних випадків на виробництві, спричинених організаційними факторами.* — К.: Національний науково-дослідний інститут охорони праці, 2011. — 8 с.
8. *Безопасность жизнедеятельности* / под ред. Е.А. Арустамова. — 10-е изд. перераб. і доп. — М.: Издательство “Дашков и К0”, 2006. — 476 с.
9. *Графкіна М.В.* Охорона праці та виробнича безпека / М.В. Графкіна. — М.: Велбі, 2009. — 234 с.
10. *Evtushenko O.* Analysis of indicators of workplace occupational injuries at the food industry enterprises of Ukraine / O. Evtushenko, A. Siryc, P. Porodko, T. Krukouskaya // Ukrainian food journal. — 2015. — Vol. 4., Issue 1. — P. 157—169.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕРОПРИЯТИЙ ПО УЛУЧШЕНИЮ УСЛОВИЙ ТРУДА НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

О.В. Евтушенко, А.О. Сирик, П.В. Породько

Национальный университет пищевых технологий

В статье определено экономическую эффективность от внедрения автоматизированной системы управления охраной труда на предприятии пищевой промышленности. Полученные результаты могут быть использованы при совершенствовании проектов управленческих решений по оперативному анализу состояния условий труда на предприятии, определение рациональных направлений профилактики производственного травматизма и обоснование организационных мероприятий по охране труда.

Ключевые слова: *безопасность, труд, производственный травматизм, несчастный случай, охрана труда.*

MATHEMATICAL MODEL AND MACHINE CALCULATION ALGORITHM OF RECYCLE RATIO AND FUEL CONSUMPTION IN TUNNEL BAKING OVEN

S.D. Dudko

National University of Food Technologies

Key words:

tunnel oven,
cyclothermic system,
recycle ratio,
fuel consumption,
combustion gas enthalpy,
air excess coefficient

Article history:

Received 13.02.2015
Received in revised form
19.04.2015
Accepted 21.05.2015

Corresponding author:

dudko_ipdo@ukr.net

ABSTRACT

Mathematical model of recirculated circuit for baking oven is studied. The adaptation of the model for machine calculation of basic values that characterize the work of the cyclothermic system - recycle ratio and fuel consumption was completed. The algorithm, providing for execution of cyclic calculation in a sequence: heating channel — cyclothermic system as a whole — heating channel, was proposed. Unlike existing methods of calculation eliminates the need to have value of combustion gas temperature in exhaust as a source data. The new method is free of this defect. To perform a complete thermal calculation of baking oven is enough to know in addition to the usual source data the temperature and flow rate of the out coming gases that are the result of the heating channels previous calculation. This method can enhance the possibility of computer simulation using in the design of new devices and debugging optimal baking modes in existing furnaces

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ І АЛГОРИТМ МАШИННОГО РОЗРАХУНКУ КОЕФІЦІЄНТА РЕЦИРКУЛЯЦІЇ ТА ВИТРАТИ ПАЛИВА В ТУНЕЛЬНІЙ ХЛІБОПЕКАРСЬКІЙ ПЕЧІ

С.Д. Дудко, канд. техн. наук

Національний університет харчових технологій

Розглянута математична модель рециркуляційного контуру хлібопекарської тунельної печі. Виконана адаптація зазначеної моделі під потреби машинного розрахунку основних величин, що характеризують роботу циклотермічної системи — коефіцієнта рециркуляції та витрати палива.

Описаний алгоритм, який передбачає виконання циклічних розрахунків у послідовності: канал — циклотермічна система в цілому — канал.

Ключові слова: тунельна піч, циклотермічна система, коефіцієнт рециркуляції, витрата палива, ентальпія димових газів, коефіцієнт надлишку повітря.

Вступ. Існуючі математичні моделі та відповідні методики розрахунку печей з циклотермічною нагрівною системою [1, 2], що на сьогоднішній день переважно використовуються в інженерній практиці, є недостатньо пристосованими для комп'ютерного розрахунку. Вони не забезпечують достатньої точності розрахунків та можливості маніпулювання даними, що

необхідно при імітаційному моделюванні теплового стану печі. Спільною рисою цих методик є послідовність розрахунку: спочатку визначаються величини і параметри, що характеризують нагрівну систему в цілому (коефіцієнт рециркуляції газів та коефіцієнти надлишку повітря у відповідних перерізах газового тракту, об'ємна витрата газів у нагрівних каналах тощо), після чого виконуються розрахунки каналів на предмет їх спроможності за визначених умов передати необхідну кількість теплоти до пекарної камери. Такий підхід передбачає необхідність мати серед вихідних даних температуру викидних газів (методика [1] — також їх ентальпію), яка насправді залежить від температури і витрати газів на виході з каналів усіх теплових зон і з достатньою точністю може бути визначена лише в кінці розрахунку.

Метою роботи є побудова на основі удосконаленої математичної моделі алгоритму машинного розрахунку каналів тунельної печі, що має кілька зон обігріву.

Методи досліджень. Пропонується видозмінити розрахункові рівняння та, відповідно, порядок розрахунку, зробивши його циклічним у такій послідовності: канали — нагрівна система в цілому — канали і т.д. до отримання результатів із заданою точністю. Принципова можливість розрахунку каналів хлібопекарської печі окремо від нагрівної системи в цілому показана в [3]. Застосування такого підходу дає можливість виключити з числа вихідних даних температуру викидних газів та відкриває шлях до імітаційного моделювання різних теплових станів печі.

Результати досліджень. Математична модель циклотермічної нагрівної системи печі складається з таких основних рівнянь:

1. Рівняння теплового балансу пічного агрегату.

Теплова енергія витрачається в пічному агрегаті для випікання виробів та покриття всіх супутніх цьому процесу втрат. Для сучасної тунельної печі втрати у топковому пристрої складають менше 1%, тому ними можна знехтувати. За відсутності вбудованого парогенератора і теплоутилізатора рівняння теплового балансу пічного агрегату зручно представити в такому вигляді:

$$Q_a = Q_c + Q_{g,p}, \quad (1)$$

де Q_a — теплота, що надходить до печі; Q_c — витрати теплоти на обігрів пекарної камери; $Q_{g,p}$ — втрати теплоти підвідними і збиральними газоходами через огорожу печі.

Через те, що втрати газоходами важко розрахувати, а їх абсолютне значення порівняно незначне, цю складову теплового балансу печі зазвичай об'єднують зі складовою витрат пекарної камери як додаток до втрат каналами через огорожу печі. Тобто при виконанні розрахунків приймають $Q_a \approx Q_c$.

З урахуванням сказаного, по газовій стороні рівняння теплового балансу печі записується так:

$$Q_c = B(LHV - I_{off}^0 + I_{a,s}^0) \quad (2)$$

де LHV — нижня теплотворна здатність палива (газоподібного), кДж/м^3 ; I_{off}^0 — умовна (на одиницю палива) ентальпія викидних газів, кДж/м^3 :

$$I_{off}^0 = V_{off}^0(ct)_{off}$$

$I_{a,s}^0 = V^0(ct)_a \alpha_{off}$ — умовна ентальпія підсмоктаного повітря з приміщення до нагрівної системи печі, кДж/м^3 ; $(ct)_a$ — фізична ентальпія підсмоктаного повітря, кДж/м^3 .

2. Рівняння теплового балансу пекарної камери (з газової сторони), або інакше — рівняння підсистеми теплообмінних каналів має вигляд, кВт:

$$Q_c = B(1 + r)(I_{in}^0 - I_{out}^0 + I_{a,c}^0), \quad (3)$$

де I_{in}^0 — умовна ентальпія димових газів на вході в канали, кДж/м^3 :

$$I_{in}^0 = V_{in}^0(ct)_{in};$$

I_{out}^0 — умовна ентальпія димових газів на виході з каналів, кДж/м^3 :

$$I_{out}^0 = V_{out}^0 (ct)_{out};$$

$I_{a,c}^0$ — умовна ентальпія підсмоктаного повітря до системи каналів, кДж/м³:

$$I_{a,c}^0 = V^0 (ct)_a (\alpha_{out} - \alpha_{in}).$$

Рівняння (2) і (3) зовні відрізняються наявністю в другому випадку множника $(1+r)$. Річ у тому, що рівняння (3) складається з величин, що визначають стан системи в межах рециркуляційного контуру — на ділянці від камери змішування до вентилятора рециркуляції. Тому формула враховує рециркуляційний потік газів, що означає, що розрахунок ведеться не на одиницю, а на $(1+r)$ одиниць палива.

3. Для точки злиття газів характерним є такий баланс кількості теплоти, кДж/с:

$$V_{out}(\overline{ct})_{out} = \sum [V_{out,j}(ct)_{out,j}], \quad (4)$$

де $V_{out} = B(1+r)V_{out}^0$ — об'ємна витрата димових газів на виході з каналів (фактично — у точці їх злиття), м³/с; $V_{out,j}(ct)_{out,j}$ — відповідно об'ємна витрата та фізична ентальпія газів на виході з j -го каналу, м³/с, кДж/м³.

Якщо припустити, що підсмоктування повітря відбувається рівномірно по довжині каналу, тоді співвідношення між часткою середньої витрати газів у каналі відносно сумарної середньої витрати в усіх каналах і часткою витрати газів на виході з каналу відносно сумарної витрати в точці їх злиття будуть однаковими:

$$\frac{\overline{V}_j}{\sum \overline{V}_j} = \frac{V_{out,j}}{V_{out}} = f_j$$

і питома ентальпія газів у точці їх злиття після обігріву каналів:

$$(\overline{ct})_{out} = \sum [f_j(ct)_{out,j}] \quad (5)$$

Коефіцієнт f_j є важливою величиною при розрахунку нагрівної системи, оскільки саме з його допомогою визначається середня витрата газів і, відповідно, теплопередача в каналі.

4. Залежність середньої витрати димових газів у каналі, м³/с, від коефіцієнта рециркуляції та витрати палива має вигляд:

$$\overline{V}_j = f_j B(1+r) [V_g^0 + V^0(\alpha - 1)] \quad (6)$$

Маючи основні рівняння математичної моделі рециркуляційного контуру зробимо деякі перетворення. Знайдемо значення ентальпії викидних газів $(ct)_{off}$ із балансу теплоти на ділянці між місцем злиття і вентилятором рециркуляції. При цьому, як ішлося у п. 1, втратою газоходами теплоти через обшивку печі нехтуємо. Тоді зменшення температури газів у підвідних газоходах відбуватиметься не за рахунок теплообміну, а лише за рахунок проникнення холодного повітря із зовні. Тепловий баланс ділянки від точки злиття газів до вентилятора:

$$V_{off}^0 (ct)_{off} = V_{out}^0 (\overline{ct})_{out} + V^0 (ct)_a (\alpha_{off} - \alpha_{out}) \quad (7)$$

Звідси отримуємо вираз:

$$(ct)_{off} = \frac{V_{out}^0 (\overline{ct})_{out} + V^0 (ct)_a (\alpha_{off} - \alpha_{out})}{V_{off}^0}$$

Підставимо отримане значення ентальпії викидних газів у (2) і розв'язавши рівняння відносно витрати палива, одержимо вираз, що складається з попередньо заданих та відомих величин, отриманих з розрахунку каналів печі, $\text{м}^3/\text{с}$:

$$B = \frac{Q_c}{LHV - V_{out}^0(ct)_{out} + V^0(ct)_a \alpha_{out}} \quad (8)$$

При виконанні розрахунків вихідними даними є:

Теплотехнічні параметри палива (нижня теплотворна здатність LHV, об'єм продуктів згорання V_g^0 та повітря V^0 на одиницю палива);

Теплове навантаження на канал Q_j , кВт;

Температура газів у камері змішування t_{mix} , °C;

Коефіцієнти надлишку повітря в димових газах на виході з топки та з печі α_t , α_{off} ;

Об'ємна витрата димових газів на виході з каналів $V_{out,j}$, $\text{м}^3/\text{с}$;

Ентальпія димових газів на виході з каналів $(ct)_{out,j}$, кДж/м³.

Пропонується такий алгоритм машинного розрахунку:

1. Задається значення коефіцієнта рециркуляції r і розраховується коефіцієнт надлишку повітря у камері змішування:

$$\alpha_{mix} = \frac{\alpha_t + r\alpha_{off}}{1 + r}$$

При проходженні димових газів через нагрівну систему коефіцієнт надлишку повітря в них збільшується: $\alpha_{mix} < \alpha_{in} < \alpha_{out} < \alpha_{off}$. Для проведення розрахунків необхідно визначитися із значеннями коефіцієнта на вході α_{in} і на виході α_{out} з теплообмінних каналів. Тут можливі різні підходи, які не є предметом розгляду цієї статті.

2. Об'єм продуктів згорання (на одиницю палива) у відповідних перерізах газового тракту, $\text{м}^3/\text{м}^3$:

$$V_i^0 = V_g^0 + V^0(\alpha_i - 1)$$

Індекс « i » означає переріз, у якому визначається коефіцієнт α (відповідно, « mix », « in », « out » та « off »).

3. Ентальпія димових газів на виході з камери змішування розраховується за емпіричною залежністю, наведеною у [4], кДж/м³:

$$(ct)_{mix} = t_{mix} [(1 - x_{mix})(1,381 + 1,693t_{mix} \cdot 10^{-4}) + x_{mix}(1,31 + 1,181t_{mix} \cdot 10^{-4})].$$

Частка повітря в димових газах x_i при відповідних значеннях α_i визначається за формулою:

$$x_i = \frac{V^0(\alpha_i - 1)}{V_g^0 + V^0(\alpha_i - 1)}$$

4. Питома фізична ентальпія (на одиницю об'єму димових газів) на вході в канали розраховується з балансу ентальпій з урахуванням підсмоктування повітря з розрахунку, що втрати теплоти газоходом враховані в тепловому балансі пекарної камери, кДж/м³:

$$(ct)_{in} = \frac{V_{mix}^0(ct)_{mix} + V^0(ct)_a(\alpha_{in} - \alpha_{mix})}{V_{in}^0}$$

Щоб визначити температуру газів на вході в канали при відомому значенні ентальпії користуємося формулою, кДж/м³:

$$(ct)_{in} = t_{in} [(1 - x_{in})(1,381 + 1,693t_{in} \cdot 10^{-4}) + x_{in}(1,31 + 1,181t_{in} \cdot 10^{-4})]$$

Відтак, температура на вході в канали є коренем квадратного рівняння і розраховується за формулою, °C:

$$t_{in} = \frac{-1,31 + \sqrt{1,31^2 + 4(ct)_{in}(0,509x_{in} + 1,181) \cdot 10^{-4}}}{2(0,509x_{in} + 1,181) \cdot 10^{-4}}$$

5. Значення умовної ентальпії повітря і димових газів, кДж/м³:

$$I_{a.s}^0 = V^0(ct)_a \alpha_{off}$$

$$I_{a.c}^0 = V^0(ct)_a (\alpha_{out} - \alpha_{in})$$

$$I_{in}^0 = V_{in}^0(ct)_{in}$$

$$I_{out,j}^0 = V_{out,j}^0(ct)_{out,j}$$

$$I_{out}^0 = \sum V_{out,j}^0(ct)_{out,j}$$

6. Фізична ентальпія газів у точці їх злиття, кДж/м³:

$$(\overline{ct})_{out} = \frac{\sum [V_{out,j}(ct)_{out,j}]}{V_{out}},$$

$$V_{out} = \sum V_{out,j}$$

7. Фізична ентальпія викидних газів, кДж/м³:

$$(ct)_{off} = \frac{V_{out}^0(\overline{ct})_{out} + V^0(ct)_a(\alpha_{off} - \alpha_{out})}{V_{off}^0}.$$

8. Умовна ентальпія викидних газів, кДж/м³:

$$I_{off}^0 = V_{off}^0(ct)_{off}$$

9. Розраховується витрата палива за формулою (8).

10. Розраховується фактичне значення коефіцієнта рециркуляції за формулою, отриманою з виразу (3):

$$r = \frac{Q_c}{B(I_{in}^0 - I_{out}^0 + I_{a.c}^0)} - 1$$

Отримане значення підставляється в початок розрахунку (п. 1 алгоритму) і виконуються повторні розрахунки доки задане і розраховане значення r не співпадуть з необхідною точністю.

11. Отримане в такий спосіб значення коефіцієнта рециркуляції є аргументом системи рівнянь циклотермічної нагрівної системи, у якій частина вихідних даних стосовно теплообміну в каналах була задана апіорі або обчислена у першому наближенні без урахування рециркуляції. До їх числа відносяться температура газів на вході в канали, вміст повітря в газах у характерних перерізах газового тракту, середня об'ємна витрата газів у кожному каналі та похідні від них величини.

Для уточнення значень величин і параметрів попередньо задані та наближені слід замінити щойно розрахованими. Зокрема, необхідно розрахувати середню витрату димових газів у каналах згідно з (6). Для цього спочатку за даними попереднього розрахунку каналів визначаються коефіцієнти f_i :

$$f_j = \frac{\overline{V_j}}{\sum V_j}$$

12. Уточнені значення підставляється у вихідні дані розрахунку каналів, результатом виконання якого будуть нові значення $V_{out,j}$ та $(ct)_{out,j}$. Відповідно до наведеного алгоритму розраховують нові значення коефіцієнта рециркуляції та витрати палива. Ітерації проводять за двома критеріями. Першим критерієм є різниця між значенням середньої об'ємної витрати газів у каналах, отриманим із розрахунку каналів, з одного боку, та обчисленим за формулою (6) з іншого. Другий критерій — різниця значень коефіцієнта рециркуляції, отримана у двох послідовних ітераціях. Ітерації виконують доки відповідні різниці не стануть менше визначеної бажаної точності обчислень.

13. За результатами останньої ітерації розраховується:

13.1. температура викидних газів:

$$t_{off} = \frac{-1,31 + \sqrt{1,31^2 + 4 \cdot (ct)_{off} \cdot (0,509 \cdot x_{off} + 1,181) \cdot 10^{-4}}}{2 \cdot (0,509 \cdot x_{off} + 1,181) \cdot 10^{-4}}$$

13.2. секундний об'єм викидних $V_{off} = BV_{off}^0$ та рециркулюючих $V_{rec} = rV_{off}$ газів, а також витрата димових газів у вентиляторі рециркуляції $V_{fan} = V_{off} + V_{rec}$.

Ці дані можуть становити інтерес для обґрунтування вибору конкретної моделі вентилятора рециркуляції та димососа або розрахунку димової труби, а також як вихідні дані для розрахунку теплоутилізатора.

Висновки.

1. Запропонована видозмінена математична модель і алгоритм машинного розрахунку коефіцієнта рециркуляції та витрати палива, який дозволяє виконати повний тепловий розрахунок печі без використання в числі вихідних даних температури викидних газів. Це розширює можливості для розробників нових конструкцій шляхом застосування імітаційного моделювання різних теплових станів печі.

2. Для розрахунку циклотермічної системи обігріву окрім характеристик палива, теплового навантаження на канали, температури газів у камері змішування та значень коефіцієнта надлишку повітря в топці і викидних газах достатньо мати значення ентальпії та витрати димових газів на виході з кожного каналу. Ці значення можуть бути результатом попереднього теплового розрахунку каналів.

3. Для повного теплового розрахунку печі пропонується проводити циклічні обчислення у послідовності: канали — циклотермічна система в цілому — канали і т.д. до отримання результатів з бажаною точністю.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Маклюков И.И.* Промышленные печи хлебопекарного и кондитерского производства: [учебник для вузов пищевой пром-сти] / И.И. Маклюков, В.И. Маклюков. — 4-е изд., перераб. и доп. — М.: Легкая и пищевая пром-сть, 1983. — 272 с.

2. *Расчет и проектирование печей хлебопекарного и кондитерского производства:* [учебник для вузов] А.А. Михелев, Н.М. Ицкович, М.Н. Сигал, А.В. Володарский. — 3-е изд. перераб. и доп. — М.: Пищевая пром-сть, 1979. — 326 с., ил. — Спс. лит. с 321.

3. *Никончук В.И.* Методика расчета греющего канала хлебопекарной печи [Текст] / В.И. Никончук, А.А. Корчинский, А.Т. Лисовенко, Л.Ф. Мартынов // Хлебопекарная и кондитерская пром-сть. — 1984. — № 12. — С. 22.

4. *Брызун В.А.* Новый подход к определению энтальпии и температуры продуктов сгорания [Текст] / В.А. Брызун // Хлебопекарная и кондитерская пром-сть. — 1987. — № 7. — С. 19 — 20.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ И АЛГОРИТМ МАШИННОГО РАСЧЕТА КОЭФФИЦИЕНТА РЕЦИРКУЛЯЦИИ И РАСХОДА ТОПЛИВА В ТУННЕЛЬНОЙ ХЛЕБОПЕКАРНОЙ ПЕЧИ

С.Д. Дудко

Национальный университет пищевых технологий

Рассмотрена математическая модель рециркуляционного контура хлебопекарной печи. Выполнена адаптация указанной модели под нужды машинного расчета основных величин, которые характеризуют работу циклотермической системы — коэффициента рециркуляции и расхода топлива. Описан алгоритм, предусматривающий выполнение циклических расчетов в последовательности: канал — циклотермическая система в целом — канал.

Ключевые слова: *туннельная печь, циклотермическая система, коэффициент рециркуляции, расход топлива, энтальпия дымовых газов, коэффициент избытка воздуха.*

ДО ВІДОМА АВТОРІВ

Шановні колеги!

Редакційна колегія журналу «*Харчова промисловість*» запрошує Вас до публікації наукових робіт.

Засновник та видавець журналу: Національний університет харчових технологій.

Журнал зареєстрований Президією ВАК України (Постанова № 1-05/6 від 16.12.2009 р.) як наукове видання з технічних наук.

У журналі висвітлюються результати науково-дослідних робіт з технології харчових продуктів, хімічних, біохімічних, мікробіологічних процесів, апаратів, обладнання, автоматизації харчових ви-робництв та економіки харчової промисловості.

Обсяг статей — до 10 машинописних аркушів (до 10000 друкованих знаків).

ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ СТАТЕЙ

Статті мають бути підготовлені з урахуванням Постанови Президії ВАК України № 7-05/6 «Про підвищення вимог до фахових видань, внесених до переліків ВАК України». Друкуються наукові статті, які мають такі необхідні елементи: постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями; аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких започатковано розв'язання певної проблеми і на які спирається автор; виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття; формулювання цілей статті (постановка завдання); виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів; висновки з цього дослідження і перспективи подальших розвідок у цьому напрямі.

До публікації приймаються не опубліковані раніше статті, що містять результати фундаментальних теоретичних розробок та найзначніших прикладних досліджень викладачів, наукових співробітників, докторантів, аспірантів і студентів. Всі статті підлягають обов'язковому рецензуванню провідними спеціалістами у відповідній галузі харчових технологій, яких призначає науковий редактор журналу.

Рукопис статті надсилається у двох примірниках, українською мовою, включаючи таблиці, рисунки, список літератури.

Статті подаються у вигляді **вичитаних** роздруковок на папері формату А4 (поля з усіх сторін по 2 см, шрифт Arial або Time New Roman, кегль 14, інтервал 1,5) та електронної версії (редактор Microsoft Word) на електронному носії. На електронному носії не повинно бути інших версій та інших статей, у тексті статті — порожніх рядків. Між словами допускається лише один пробіл. Усі сторінки тексту мають бути пронумеровані.

На першій сторінці наводяться: у лівому верхньому куті — шифр УДК (напівжирним шрифтом), нижче ініціали і прізвища авторів (напівжирним шрифтом), наукові ступені авторів, назва установи, де працює автор; далі — назва статті великими напівжирними літерами, під назвою — анотація українською мовою з ключовими словами (5—6 слів / ключових словосполучень) набрана світлим курсивом; фраза «**Ключові слова**» — напівжирним шрифтом.

У кінці першої сторінки, під короткою рисою, ставиться знак авторського права, ініціали, прізвища авторів, рік.

Матеріали, представлені у статті мають бути розділені на основні змістові розділи, такі як: вступ, мета досліджень, матеріали та методи, результати досліджень, висновки. Кожен з наведених розділів статті починається з нового абзацу («**Вступ**», «**Мета досліджень**», «**Матеріали та методи**», «**Результати досліджень**», «**Висновки**» — напівжирним курсивом).

Після тексту статті в алфавітному або порядку згадування в тексті наводиться список літературних джерел (кожне джерело з абзацу). Бібліографічні описи оформляються згідно з ГОСТ 7.1—84 «Библиографическое описание документа. Общие требования и правила составления» та вимогами ВАК України. У тексті цитоване джерело позначається у квадратних дужках цифрою, під якою воно стоїть у списку літератури. Бібліографічний опис подається мовою видання. Не допускається посилання на неопубліковані матеріали. У переліку джерел мають переважати посилання на роботи останніх років.