

УДК 664.644

Ковбаса В. М., Терлецька В. А., Єгорова І. К., Хіврич Б. І., Миронова Н. Г., Дорохович А. М., Кобилінська О. В. Розробка продуктів екструзійної технології з використанням пророшеного зерна. – К.: УкрІНТЕІ, 1996. – 20 с. – (Нове у науці, техніці та виробництві: Огляд інформ. Сер. Пром. переробка та зберігання харчових продуктів. Вип. 2).

ISBN 5-7778-0240-0

Розглянуті питання змін компонентів зернових в процесі солодощення. Показано, що це сприяє підвищенню харчової цінності солодів і дає можливість використовувати їх у виробництві багатьох продуктів, в тому числі і в продуктах екструзійної технології.

Для інженерів та науково-технічних працівників харчової промисловості.

ISBN 5-7778-0240-0

© В. М. Ковбаса, В. А. Терлецька,
І. К. Єгорова, Б. І. Хіврич,
Н. Г. Миронова, А. М. Дорохович,
О. В. Кобилінська, 1996

УКРАЇНЬСЬКА
ІНФОРМАЦІЙНА КОРПОРАЦІЯ «УкрІНТІ»
УКРАЇНЬСЬКИЙ ІНСТИТУТ
НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ТА ЕКОНОМІЧНОЇ
ІНФОРМАЦІЇ (УкрІНТЕІ)
УКРАЇНЬСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

НОВЕ У НАУЦІ, ТЕХНІЦІ ТА ВИРОБНИЦТВІ

С е р і я. Промислова переробка та зберігання харчових продуктів

О Г Л Я Д О В А І Н Ф О Р М А Ц І Я

В И П У С К 2

В. М. КОВБАСА, В. А. ТЕРЛЕЦЬКА, І. К. ЄГОРОВА,
Б. І. ХІВРИЧ, Н. Г. МИРОНОВА, А. М. ДОРОХОВИЧ,
О. В. КОБИЛІНСЬКА

РОЗРОБКА ПРОДУКТІВ ЕКСТРУЗІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ З ВИКОРИСТАННЯМ ПРОРОЩЕНОГО ЗЕРНА

Київ

1996

ВСТУП

Останнім часом набули широкого розповсюдження продукти, у виробництві яких застосовують гідротермічну обробку одночасно з механічною (пропарювання, варіння, сушіння, обсмаження, плющення тощо), що змінює фізико-хімічні властивості сировини. Внаслідок цього значно зменшуються витрати енергії на приготування готової страви, а частина продуктів придатна до вживання без кулінарної обробки.

Екструзійна обробка – один з ефективних методів перетворення натуральної сировини в нову, більш придатну до споживання форму. Внаслідок комплексної дії тепла, вологи і механічних зусиль компоненти вихідних матеріалів зазнають різних змін, що сприяє підвищенню засвоюваності, появи аромату, поліпшенню смаку.

Новим перспективним видом сировини для продуктів екструзійної технології є пророщені зернові. Процес пророщування зерна забезпечує суттєві зміни хімічного складу харчового продукту, його харчові та біологічні цінності. При цьому збільшується частка небілкового азоту в зерні, легкорозчинних фракцій і незамінних амінокислот. Зерно після пророщування має спрощену біополімерну структуру вуглеводів і підвищену концентрацію вітамінів.

ЕКСТРУЗІЯ ЯК ПРОЦЕС ОБРОБКИ ХАРЧОВОЇ СИРОВИНИ

В останні роки широкого розповсюдження набуває екструзійний метод виробництва різноманітних продуктів швидкого приготування, дієтичних і призначених для дитячого харчування, кондитерських, борошняних, м'ясних, рибних та інших виробів. Як вихідний матеріал використовують сільськогосподарську сировину.

Екструзія – короткочасний високотемпературний процес приготування харчових продуктів, що має забезпечити добру засвоюваність різних видів зерна та інших продуктів [1].

Процес екструзії харчових продуктів є складним, оскільки обробка різних композицій біополімерів, крім фізичних, супроводжується хімічними перетвореннями. Ці перетворення відбуваються під дією різного виду механічних зусиль в присутності вологи і при значному тепловому впливі (до 200° С) [2].

Продукт нагрівається або тільки за рахунок перетворення механічної енергії, що була витрачена на подолання внутрішнього тертя і пластичну деформацію продукту, в тепло (автогенний режим роботи), або за рахунок додаткового обігрівання зовнішніми нагрівачами (політропний режим роботи).

Методи екструзії, зокрема методи для обробки крохмалю і крохмалемісткої сировини, можна поділити на три основні: холодне формування, тепла обробка і формування при низькому тиску, тепла обробка і формування при високому тиску (гаряча екструзія).

При першому методі мають місце тільки механічні зміни в матеріалі внаслідок повільного його пересування під тиском і утворення заданих форм.

При другому методі сухі інгредієнти сировини змішують з певною кількістю води і подають в екструдер, де одночасно з механічним впливом здійснюють їх теплову обробку. Продукт нагрівається електричними, рідинними і паровими нагрівачами. Отриманий екструдат відрізняється щільністю, невеликим збільшенням об'єму, пластичністю, пористою будовою. Іноді екструдату необхідна додаткова обробка – підсушування.

Третій метод – гаряча екструзія, або екструзійна варка, проводиться при високих температурі і тиску, значному переході механічної енергії в теплову, що призводить до значних змін в якісних показниках матеріалу. Крім того, може мати місце підвод тепла, що регулюється зовні, як безпосередньо в продукт, так і кризь зовнішні стінки екструдера. Екструзійна варка – порівняно новий прогресивний технологічний процес термомеханічної обробки різних дисперсійних, пастоподібних і пюреподібних продуктів. Використання її дозволило розширити асортимент і здешевити виробництво деяких готових сумішей для дитячого харчування миттєвого приготування, закусок, пюреподібних супів, продуктів з високим вмістом білка і модифікованих крохмалепродуктів різного призначення [2].

Для проведення екструзії крохмалемісткої сировини використовується шнековий екструдер. Основним робочим органом екструдера є шнек спеціальної конструкції, що обертається в циліндрі, на одному кінці якого є тангенціально і радіально розташовані отвори для завантаження сировини, а на протилежному – з торця кріпиться матриця. Навантажений матеріал захоплюється шнеком, пересувається до матриці і випресовується кризь отвори.

Зовнішній вигляд виробів та їх якість значною мірою визначаються розмірами і формою отворів матриці. Матеріал матриць повинен мати високу міцність, достатню зносостійкість і чинити найменший опір переміщенню продукту відносно поверхні отворів.

Циліндр екструдера в залежності від стадій процесу обробки, що відбуваються в ньому, можна умовно поділити на три зони: 1 – приймання сировини; 2 – стиснення (клейстеризації); 3 – випресовування.

Особливістю зон є те, що продукти в кожній з них характеризуються різними фізико-хімічними і структурно-механічними властивостями. Внаслідок цього проходження в цілому залежатиме від того, як відбувається обробка продукту в кожній зоні. Під впливом механічних зусиль, тепла і вологи крохмаль і крохмалемістка сировина перетворюються в гомогенну масу, що за консистенцією подібна до макаронного тіста, але на відміну від нього має нестійку структуру і високий ступінь клейстеризації зерен. Ступінь деструкції крохмалю і крохмалемісткої

сировини залежить від інтенсивності механічних зусиль, теплового впливу та їх тривалості. Вважається, що при цьому в молекулах крохмалю відбувається розрив як валентних, так і водневих зв'язків, в результаті чого утворюються полімери з меншим розміром частинок.

Після виходу продукту із отворів матриці внаслідок значного перепаду тиску і температури відбувається різке випаровування вологи, що призводить до утворення високопористої структури і значного збільшення поперечних розмірів екструдату. Розміри пор і товща їх стінок обумовлюються різницею тисків і реологічними властивостями маси, що випресовується. При контролі стану поверхні екструдату за допомогою мікроскопа спостерігається її сітчастість. Наявність складок біля стінок пор дозволяє дійти висновку, що товщина їх нерівномірна і утворення нової структури супроводжується складними процесами релаксації напруг внаслідок поступового переходу пружної частини деформації в пластичну [3].

При екструзійній обробці продуктів, які містять білки і крохмаль, екстродована маса набуває виражених пластичних властивостей. Під впливом температури, що з часом підвищується, відбувається розтяг і перебудова деяких полімерних структурних утворень і екзотермічне розширення маси (білки частково денатурують).

Використання екструзії підтвердило її високу ефективність в порівнянні з традиційною технологією виробництва багатьох видів харчових продуктів. Використання методу екструзії забезпечує зниження енергетичних і трудових витрат при вологотермічній обробці сировини, а також відкриває можливості отримання нових продуктів, які мають високу харчову цінність.

Екструзійна технологія різко інтенсифікує процес вологотеплової обробки сировини і доповнює його ефективним механічним впливом на компоненти, що забезпечує не тільки розварюваність харчової сировини, а також деструктуризацію крохмалю та інших складних полімерних частин сировини.

Метод екструзійної обробки, що використовується для виробництва харчових продуктів, має істотні переваги: високий ефект стерилізації, можливість використання широкої гами сировини, збагачення продуктів різними добавками (білком, харчовими волокнами, вітамінами); гнучкість і безперервність технологічного процесу; малі розміри екструдера; низька собівартість продукції. Термічна обробка продукту в екструдері забезпечує знищення практично всієї, навіть спорової, мікрофлори.

В кондитерській промисловості екструдери використовуються для формування виробів з пластичної кондитерської маси. Вони призначені для безперервного випресовування (витиску-

вання) фігурних виробів. До пластичних кондитерських мас належать в основному жирові маси в певному інтервалі температур (пралінова, марципанова маси та ін.). На виході із екструдера вироби розрізають на невеликі шматочки, або додатково обробляють (наносять глазур тощо).

В макаронній промисловості екструзія ще з 1947 р. використовується для холодного формування макаронних виробів [4].

Характерною особливістю конструкції екструдера є те, що камера і шнеки змонтовані згідно з технологічним завданням. Розрізняють завантажувальну камеру, в яку можна вводити добавки твердих речовин, закриті камери з отворами для підтримання температури і тиску, а також для внесення рідини і відбору проб. На шнеках встановлюють елементи, які дають можливість транспортувати, змішувати і розрізати продукти, завдяки чому їх можна підібрати у відповідності з технологічним завданням. Цей принцип використовується сьогодні на екструдерах зі шнеками, що обертаються в одному напрямку і назустріч один одному.

Складність конструкцій та їх висока вартість компенсуються підвищеними експлуатаційними характеристиками екструдерів. Останнім часом продовжується вдосконалення конструкцій робочих органів екструдерів (шнеків, циліндрів, матриці), системи їх обігріву, схеми розмішень робочих органів, їх кількість тощо.

Конструктивні особливості екструдерів дозволяють розглядати їх як хімічні реактори, в яких реакція може бути проведена при високих температурах, тиску і зусиллях зсуву. Це дозволяє використовувати їх для комбінованої хімічної і вологотермічної обробки матеріалів [5].

Найбільш вагомим змін при екструзії зазнає крохмальна складова частина продуктів харчування. Так, при контакті з водою зерна крохмалю поглинають значну кількість вологи, збільшуючись в об'ємі. При термічній та механічній обробці крохмалю не тільки руйнується структура його зерен, але й відбувається деструкція великих молекул полісахаридів, що полегшує атакованість їх ферментами і зброджуваність, а також суттєво змінює реологічні властивості крохмальних клейстерів. При цьому відбувається, головним чином, деполімерізація амілози і меншою мірою – амілопектину. Внаслідок деструкції знижується здатність крохмалю до клейстеризації.

Ступінь зміни структури та властивостей крохмалю в процесі екструзії залежить від вологості вихідної сировини. При екструдюванні за однакових умов цільнозмеленого кукурудзяного зерна, але при різній його вологості (від 6,6 до 13,7%), одержані екструдати, які суттєво відрізняються за структурою та

властивостями. Зниження вологості вихідної сировини збільшувало розчинність крохмалю, ступінь клейстеризації та атакованість його ферментами. Водоутримуюча здатність екструдату при цьому знижувалась, вміст декстринізованого крохмалю збільшувалася з 10 до 60%. Дійшли висновку, що основним процесом деструкції крохмалю при екструзійній обробці сировини з низьким вмістом води є декстринізація.

Внаслідок екструзійної обробки зазнає змін не тільки крохмаль, а й інші компоненти та активні речовини сировини. Білки при високотемпературному процесі змінюють свою структуру, в основному, внаслідок денатурації. Деякі молекули зміщуються та розтягуються і, як наслідок, розгортаються білкові молекули, змінюється їх орієнтація. Хоч вплив високої температури і тиску триває близько 20 с, відбувається часткова денатурація білкових компонентів, що призводить інколи до зменшення їх розчинності.

При екструзійній обробці в продукті може швидко знижуватися вміст термолабільних харчових добавок (вітамінів А, С, тіаміну, ніацину). Те ж саме може відбуватися і зі смаковими добавками, які входять у рецептуру (0,5–1,5% до маси сировини). Особливості перетворення продуктів слід враховувати при виборі умов обробки. Завдяки сучасним конструкціям апаратів руйнування смакових речовин, пігментів та вітамінів під час екструзії зведено до мінімуму.

ЗМІНИ СКЛАДОВИХ КОМПОНЕНТІВ ТА БІОЛОГІЧНО АКТИВНИХ РЕЧОВИН ЗЕРНОВОЇ СИРОВИНИ В ПРОЦЕСІ СОЛОДОРОЩЕННЯ

Солод, крім пивоваріння, використовується також для виробництва продуктів профілактичного і лікувального характеру завдяки наявності в його складі корисних для організму людини біологічно активних речовин. За рубежом і в нашій країні проводяться дослідження з розробки раціональних технологій отримання солоду з різних зернових культур.

Продукти переробки зернових є основними джерелами рослинного білка в харчуванні людини.

Хімічний склад зернових вивчали такі провідні вчені, як Н. П. Козьміна, В. Л. Кретович, В. Д. Кобилянський, В. Ф. Голєнков та інші. Отримані ними дані в основному схожі, різниця у величинах показників пояснюється відмінностями в сортах зернових, екологічними умовами, характером використання добрив і ступенем зрілості зерна при збиранні врожаю (табл. 1).

Т а б л и ц я 1. Середній хімічний склад зерна, г на 100 г продукту

Показник	Ячмінь	Жито	Горox	Гречка
Вода	14,0	14,0	14,0	14,0
Білки	10,3	9,9	20,5	10,8
Жири	2,4	2,2	2,0	3,2
Моно- і дисахариди	1,3	1,5	4,6	1,5
Крохмаль	48,1	54,0	44,0	52,9
Клітковина	4,3	2,6	5,7	10,8
Зола	2,4	1,7	2,8	2,0
Енергетична цінність*	264	287	298	295

* В Ккал.

Відомо, що метою пророщування злаків є накопичення активних ферментів. Активування і утворення ферментів в солоді пов'язане з фізіологічними процесами пророщування зерна. Важлива роль при пророщуванні зерна належить протеолітичним ферментам, які гідролізують білкові речовини, роблять доступними для дії цитолітичних і амілолітичних ферментів некрохмальні полісахариди і крохмаль.

Дослідженнями вітчизняних і зарубіжних вчених показано, що при солододороженні зростає активність як ендо-, так і екзопептидаз. За даними Н. В. Голікової і Л. І. Хатунцевої, на активність ендопептидаз ячмінного солоду позитивно впливає підвищення ступеня замочування з 44 до 46% [8]. Проте Л. Нарцисс свідчить, що при вологості ячменю, що пророщувався, 40, 43 і 46% найсприятливіша для ендопептидаз вологість – 43% [12].

Стосовно впливу температури пророщування зернових на активність протеолітичних ферментів також немає одної думки. Так, Н. В. Голікова відмічає інтенсивне накопичення протеолітичних ферментів при підвищенні температури в першому періоді солододороження і зниження – в другому [8]. В. І. Шиков встановив найбільшу активність кислої протеїнази, карбоксипептидази і дипептидази при підвищенні температури солододороження з 16 до 25° С [9].

Таким чином, відомості про вплив умов солододороження на активність протеолітичних ферментів суперечливі і стосуються в основному ячмінного солоду.

Цитазний комплекс, за даними Х. Моерса, в період замочки ячменю знижується [10]. За даними Л. М. Рябченюка, ендо- β -поліглюкозидна активність ячменю за сім діб солодорушення збільшується в 13–23 рази. На утворення ендоглюконаз впливають умови солодорушення. Так, замочування ячменю (за умови достатньої аерації) до вологості 46% сприяє накопиченню цитолітичних ферментів [11]. Низька температура пророщування (13–15° С), за даними Л. Нарцисса, більш сприяє утворенню ендо- β -глюконази, ніж температура вище 17° С [12]. Цей же автор відмічає позитивний вплив на активність ферменту кисню і негативний – вуглекислоти. Активність ендо- β -глюконази ячмінного солоду є сортовою ознакою.

Відомо, що активність амілолітичних ферментів проявляється при солодорушенні. За даними Л. Нарцисса і Т. Фридриха, збільшення активності β -амілази при пророщуванні ячменю спостерігається протягом 5–6 днів, а в подальшому майже не збільшується. Збільшення вологості пророщуваного зерна призводить до більш високої активності цього ферменту; відмічається менший вплив на цей показник температури солодорушення, ніж вологості, але при 17° С спостерігається більш низьке накопичення активності β -амілази, ніж при 13–15° С [13].

На накопичення α -амілазної активності ячмінного солоду позитивно впливає підвищена температура в перший період пророщування, проте в подальшому це накопичення сповільнюється.

З цього випливає, що відомості про зміни гідролітичних ферментів зернових при солодорушенні неповні і їх не вистачає для остаточних висновків.

При солодорушенні відбуваються зміни якісного і кількісного складу цукрів. Так, Д. А. Корольов відмічає зростання суми редуруючих цукрів від 1,1 до 8,1% (по мальтозі), а після ферментації – до 48,7% в перерахунку на суху речовину [14]. За даними В. Л. Кретовича, після 36 год пророщування жита кількість водорозчинних вуглеводів зростає з 32 до 52% [15].

Якісний склад цукрів свіжопророщеного солоду, в основному, складається з мальтози, також відбувається збільшення вмісту глюкози і фруктози, а вміст інших цукрів змінюється мало [16].

При солодорушенні зерна за рахунок нерозчинних збільшується кількість водорозчинних і низькомолекулярних фракцій білкових речовин. Встановлено, що ступінь гідролізу білкових речовин збільшується з підвищенням ступеня замочування до 47–50%. Тривалість пророщування також позитивно впливає на гідроліз білка, але вологість має більше значення [8].

Таблиця 2. Зміни білкового комплексу зерна в процесі солодоращення

Показники	Ячмінь			Горох			Гречка		
	вихідний	пророщений	солод*	вихідний	пророщений	солод*	вихідний	пророщений	солод*
Білок, %	13,70	13,90	13,80	24,50	24,70	24,60	10,70	10,90	10,80
Фракції білка, %:									
водорозчинна	1,36	3,80	3,62	1,56	3,90	3,74	1,24	3,61	3,45
солерозчинна	0,94	1,76	1,65	0,96	1,93	1,61	0,98	1,74	1,62
лугорозчинна	5,02	2,88	2,92	5,16	2,71	2,82	5,0	2,89	2,94
спирторозчинна	1,18	0,70	0,72	1,30	0,80	0,86	1,30	0,73	0,75
Сума амінокислот, г/100 г продукту:									
замінних	6,84	6,46	6,49	11,77	12,20	12,49	6,21	6,00	6,08
незамінних	3,87	4,90	4,88	8,98	6,84	6,97	2,20	3,03	3,19
Перетравлення протеїну in vitro: гідролізовано, %									
пепсином 3 год	51,40	55,80	—	53,50	58,10	—	56,40	59,10	—
трипсином 5 год	73,70	82,50	—	74,70	84,30	—	78,40	86,30	—

*W = 14%

В білковому комплексі зерна (табл. 2) розрізняють три основних позитивних процеси динаміки змін азотистих речовин:

1. Значно зростає концентрація небілкового азоту, який представлений в основному вільними амінокислотами та іншими амінами.

2. Змінюється хімічний склад самого білка, що виражається у збільшенні концентрації водо- і солерозчинних фракцій за рахунок зменшення фракцій, що погано перетравлюються, — луго- і спирторозчинних, а також за рахунок зменшення кількості нерозчинного залишку.

3. Пророщування веде до зміни концентрації окремих амінокислот відносно вмісту загального білка. Достатньо виражена тенденція зміни співвідношення незамінних і замінних амінокислот на користь перших.

Із збільшенням тривалості пророщування частка незамінних амінокислот у білку зростає в 1,27 раза, а замінних — зменшується на 6%. При цьому відносна концентрація лізину збільшується на 27,7%, сума метіоніну і цистину — на 16,6%. Зміна

співвідношення амінокислот у білку призводить до підвищення біологічної цінності протеїну на 4,1%.

Зазначені хімічні перетворення азотистих речовин сприяють підвищенню ступеня перетравлення *in vitro*.

Про вплив температури солодоращення на гідроліз білкових речовин одностайної думки немає. Деякі вчені вважають, що з підвищенням температури пророщування гідроліз прискорюється [17], інші – що сповільнюється [15].

Авторами був визначений амінокислотний склад солоду деяких зернових (табл. 3).

Т а б л и ц я 3. Амінокислотний склад зерна і солоду деяких культур, % мг/100 мг білка*

Амінокислоти	Горох	Гречка	Кукурудза	Пшениця	Овес
Незамінні:					
Валін	3,92/4,03	4,77/3,94	4,20/3,49	5,59/3,61	5,70/3,54
Ізолейцин	3,03/3,68	4,67/3,82	3,00/3,66	4,96/3,74	4,00/3,76
Лейцин	10,5/7,60	6,26/6,66	13,0/12,0	8,53/8,41	7,70/7,95
Лізин	5,58/7,13	6,31/5,91	2,20/2,65	2,08/2,83	4,40/2,71
Метіонін	1,22/1,31	1,49/1,25	1,70/0,59	1,83/0,73	2,30/0,58
Треонін	4,70/3,18	3,21/4,18	2,80/4,04	3,15/4,09	3,00/4,01
Триптофан					
Фенілаланін	4,33/5,10	4,13/4,19	3,60/5,13	6,09/5,21	5,70/5,36
Замінні:					
Аланін	3,67/5,05	5,26/5,16	5,20/8,42	3,11/5,20	5,10/8,31
Аргінін	8,35/8,52	12,2/9,47	7,50/4,25	4,83/5,26	7,70/4,05
Аспарагінова кислота	10,8/9,76	8,67/9,15	8,40/7,26	3,84/7,84	9,10/8,31
Гістидин	2,68/2,65	2,58/2,83	2,50/2,54	2,47/2,76	2,60/2,62
Гліцин	5,38/4,32	6,74/5,80	4,80/4,14	4,13/4,60	4,70/4,05
Глутамінова кислота	16,5/20,7	14,4/20,8	22,1/21,8	22,9/21,7	22,0/21,8
Пролін	3,70/6,18	3,70/5,89	7,91/9,25	8,40/6,07	3,60/4,27
Серін	4,57/5,52	4,22/5,62	3,49/4,59	5,28/4,70	4,10/5,06
Тирозин	3,15/3,26	2,66/3,36	3,50/4,33	4,08/4,41	3,40/4,25
Цистин	1,50/1,26	2,23/1,93	2,03/1,89	2,53/1,95	2,00/1,74

*У чисельнику дані для зерна, у знаменнику – для солоду.

Роботами ряду дослідників доведено, що вміст геміцелюлоз і гумі-речовин ячменю, а також ступінь їх розщеплення при пророщуванні безпосередньо впливає на розпушеність солоду.

За даними К. Шустера і співробітників, а також Л. М. Рябенюка, вміст гумі-речовин при солододорошенні різко знижується. Вони дійшли висновку, що гумі при солододорошенні гідролізуються, а також поповнюються за рахунок гідролізу геміцелюлоз. Оскільки в період солододорошення перебільшує їх гідроліз, то кількість гумі в солоді зменшується. За даними цих авторів, гумі-речовини при солододорошенні змінюються не тільки кількісно, а і якісно, що підтверджується зміною їх в'язкості і вуглеводного складу. При солододорошенні розщеплюються геміцелюлози ендосперму, які не містять уронової кислоти, а мають підвищений вміст глюкозанів, поряд з цим розщеплюються також гумі-речовини [11].

Сушка є заключним етапом в процесі виробництва солоду. На цій стадії відбувається видалення вологи, а також формуються колір, аромат, смак і певний хімічний склад для кожного виду солоду.

На першому етапі сушки кількість низькомолекулярних вуглеводів збільшується за рахунок підвищення активності гідролітичних ферментів. У період зниження вологості солоду і підвищення в його шарі температури відмічають зниження їх кількості. Це пояснюється частковою інактивацією ферментів на кінець висушування, а також витратами цукрів на утворення забарвлюючих речовин. А. Плегул [20], Л. Нарцисс [12], В. Н. Степаненко [21] встановили залежність реверсії сахарози від температури висушування.

Вміст загального азоту дещо збільшується при підв'яленні, а потім до кінця підсушування практично не змінюється. Проте, водорозчинний азот підлягає більш складним змінам. Вміст високомолекулярного азоту при сушінні ячмінного солоду знижується, збільшується вміст низькомолекулярного азоту, який витрачається в подальшому на утворення забарвлюючих речовин. Вміст розчинного азоту помітно зменшується при температурі сушіння понад 90° С [20].

Смак сухого солоду обумовлюється меланоїдінами – забарвленими ароматичними речовинами. Встановлено, що, крім амінокислот і цукрів, в утворенні кольору солоду беруть участь поліфеноли, каротіноїди, антоціаногени, продукти термічної декстринізації цукру, термічної зміни білкових речовин і реакції карамелізації.

Реакційна здатність амінокислот різна, хімічна активність амінокислот залежить від будови молекул, а саме від відстані між групами NH_2 - і COOH - [22].

В реакції мелаїдіноутворення беруть участь не тільки амінокислоти, а і низькомолекулярні білки. При цьому спочатку вступає у взаємодію вільна аміногрупа NH_2 -, а в подальшому – NH -, яка міститься в кільці індолу.

Другим компонентом реакції мелаїдіноутворення повинен бути цукор і обов'язково редукуючий, тобто з вільною карбонільною групою. Встановлено, що в цю реакцію можуть вступати і декстрини при розщепленні їх на мальтозу і глюкозу. Найбільш активно в реакцію меланоїдіноутворення вступають пентози, потім гексози і тільки після них – дисахариди.

Амінокислоти з цукрами взаємодіють вже при кімнатній температурі. З підвищенням температури швидкість реакції меланоїдіноутворення зростає. При зниженні температури вона сповільнюється і при 0° С зупиняється [23].

Вважається, що оптимальні умови для реакції меланоїдіноутворення створюються у випадку, якщо навколо молекули азотмісткого компонента є молекулярний шар води.

Основну роль в утворенні аромату солоду відводять карбонільним сполукам, які легко вступають в реакції заміщення і конденсації. Головним компонентом аромату вважають альдегіди: пировиноградний, ізомасляний, масляний, ізовалеріановий, капроновий, диацетил і ацетони, фурфурол [24].

При висушуванні солоду утворюється велика кількість карбонільних сполук, це пояснюється глибоким розкладом вуглеводів з утворенням оксиметилфурфуролу, ацетону, диацетилу, мальтолу, а також розкладом амінокислот з утворенням карбонільних сполук з більш коротким вуглеродним ланцюгом. Велика кількість оксиметилфурфуролу утворюється при кінцевій стадії висушування солоду – відсушуванні.

В процесі сушіння солоду протягом першого періоду (6–12 годин) спостерігається збільшення активності амілолітичних ферментів, в кінці процесу сушіння – зниження. Після сушіння активність α -амілази вища, ніж в свіжепророщеному солоді, а β -амілази складає майже 55% від активності солоду до висушування. Іони кальцію впливають як стабілізатори на амілази солоду.

На першому етапі сушіння відбувається збільшення активності як енд-, так і екзопептидаз і підсилюється гідроліз білків, в результаті чого збільшується вміст розчинного азоту усіх форм [18].

При подальшому висушуванні солоду з підвищенням температури протеолітична активність знижується. При цьому різні групи протеолітичних ферментів поведуть себе по-різному. Ендопептидаза при 80° С активності не втрачає. Екзопептидази менш стійкі: дипептидаза і лужна пептидаза знижують активність вже при 70° С, а лейцинамінопептидаза зберігає її навіть при 90–100° С [16].

При тривалому впливі високих температур активність усіх груп протеолітичних ферментів знижується.

Цитолітичні ферменти відрізняються низькою термо-стійкістю. В перший період сушіння солоду ендо- β -поліглюкозидаза зберігає свою активність, а екзо- β -поліглюкозидаза зберігає лише 40–60% активності свіжепророщеного солоду [25].

РОЗРОБКА НОВИХ БІОЛОГІЧНО ПОВНОЦІННИХ ПРОДУКТІВ ЕКСТРУЗІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ З ВИКОРИСТАННЯМ СОЛОДУ

Харчова цінність продуктів визначається вмістом білків, жирів, вуглеводів, вітамінів, мінеральних речовин, а також біологічно активних сполук.

Білки є найбільш цінним компонентом їжі. Вони беруть участь у важливих функціях організму. Особливість білків полягає в їх незамінності іншими харчовими речовинами. Білки їжі в організмі людини розщеплюються до органічних кислот, з яких знову синтезуються нові амінокислоти, а потім і білки. Це так звані замінні амінокислоти. Проте є всім амінокислот, а саме: ізолейцин, лейцин, лізин, валін, метіонін, треонін, триптофан, фенілаланін, які не утворюються в організмі дорослої людини і надходять із їжею. Це так звані незамінні амінокислоти. При нестачі амінокислот затримуються ріст і розвиток організму.

Оптимальний вміст незамінних амінокислот в харчовому білку залежить певною мірою від віку, статі, професії людини та інших факторів. Для немовлят важливі додаткові незамінні амінокислоти – аргінін та гістидин. В організмі дорослої людини нестача цих амінокислот викликає ряд негативних явищ.

Білок, що містить всі незамінні амінокислоти, називається «ідеальним». Найбільше наближаються до «ідеального» тваринні білки, рослинні засвоюються гірше.

Проте не слід забувати, що надлишок білка в харчуванні викликає перезбудження нервової системи, порушення обміну вітамінів (наприклад, А, В₆), і, як наслідок, гіповітаміноз.

Жири в організмі людини виконують роль постачальника енергії (калорій). Певною мірою жири є пластичним матеріалом, тому що вони входять до складу клітинних компонентів. При тривалому обмеженні жирів в харчуванні спостерігається порушення діяльності центральної нервової системи, послаблюється імунітет, тобто знижується здатність організму боротися з інфекціями. Надлишкове вживання жирів сприяє розвитку атеросклерозу та ожиріння.

Важливими енергетичними компонентами їжі є вуглеводи. За хімічним складом вуглеводи поділяються на прості цукри та полісахариди. До простих цукрів відносять моносахариди (глю-

коза, фруктоза, ксілоза, арабіноза), дисахариди (сахароза, мальтоза, лактоза), трисахариди (рафіноза), тетрасахариди (стахіоза).

До полісахаридів відносять крохмаль, геміцелюлозу, інулін, целюлозу, камеді та інше.

З точки зору засвоюваності в організмі вуглеводи умовно поділяють на дві групи: ті, що засвоюються організмом людини і ті, що не засвоюються (харчові волокна). До засвоюваних належать моно- і дисахариди, інулін, крохмаль, декстрини як продукти проміжного гідролізу крохмалю; до незасвоюваних – целюлоза, геміцелюлоза, лігнін, пектинові речовини.

Вважають, що доросла людина при помірних навантаженнях повинна вживати 365–400 г засвоюваних вуглеводів.

Систематичний надлишок засвоюваних вуглеводів в їжі може викликати ряд хвороб. Одна з них – ожиріння, яке, в свою чергу, сприяє виникненню діабету і атеросклерозу. Найменше зростання концентрації глюкози в організмі викликають бобові, які із цієї причини часто використовуються при лікуванні діабету.

Показник «харчова цінність» визначає всю повноту корисних властивостей продукту і включає в себе біологічну і енергетичну цінність. Величина харчової цінності розраховується визначенням проценту задоволення кожної з найбільш важливих харчових речовин середнім значенням потреб людини в харчових речовинах і енергії.

Біологічна цінність продукту визначає ступінь затримки азоту їжі в зростаючому організмі, або ефективність його утилізації для підтримання азотної рівноваги у дорослих, що залежить від кількості і якості білка. Якість білка характеризується вмістом незамінних амінокислот.

Для визначення цінності амінокислотного складу використовують показник амінокислотного СКОРу, який дорівнює відношенню вмісту амінокислоти в досліджуваному білку до вмісту цієї ж амінокислоти в «ідеальному білку». Амінокислота, що має амінокислотний СКОР менший, ніж 100%, називається лімітуючою.

Аналіз хімічного складу сировини, яка традиційно використовувалась для виробництва сухих сніданків, показав, що всі вони мають кількісний дефіцит есенціальних амінокислот, тому для отримання продукту з повноцінним білком необхідно додавати до рецептури інгредієнти, які б компенсували нестачу дефіцитних амінокислот. Ми пропонуємо використовувати як збагачувач пророслені зернові культури, що містять в своєму складі незамінні амінокислоти, яких бракує в основній сировині, фізіологічно активні вуглеводи, багатий комплекс вітамінів і харчових волокон.

Керуючись методом нутріціології взаємного збагачення білків, можна створити такі рецептурні композиції, склад яких відповідав би усім вимогам еталона.

Розглянемо розрахунок біологічно повноцінної композиції на прикладі суміші пшеничного борошна і солоду гороху:

X_1 – кількість білка пшеничного борошна;

X_2 – кількість білка солоду гороху.

Для визначення оптимального співвідношення рецептурної композиції складаємо систему рівнянь:

$$4,1X_1 + 4,03X_2 = 5,0 \text{ – валін}$$

$$4,2X_1 + 3,68X_2 = 4,0 \text{ – ізолейцин}$$

$$6,5X_1 + 7,6X_2 = 7,0 \text{ – лейцин}$$

$$2,1X_1 + 7,13X_2 = 5,5 \text{ – лізін}$$

$$3,2X_1 + 2,6X_2 = 3,5 \text{ – метіонін + цистин}$$

$$2,5X_1 + 3,18X_2 = 4,0 \text{ – треонін}$$

$$0,96X_1 + 1,27X_2 = 1,0 \text{ – триптофан}$$

$$6,5X_1 + 8,36X_2 = 6,0 \text{ – фенілаланін + тирозин}$$

Основними лімітуючими кислотами в цій композиції є лізін і метіонін + цистин. Розраховуємо систему рівнянь відносно лімітуючих кислот:

$$2,1X_1 + 7,13X_2 = 5,5$$

$$3,2X_1 + 2,6X_2 = 3,5$$

$$X_1 = (5,5 - 7,13X_2) / 2,1$$

$$3,2((5,5 - 7,13X_2) / 2,1) + 2,6X_2 = 3,5$$

$$X_2 = 0,59; X_1 = 0,62.$$

Підставляємо отримані числа в систему рівнянь і отримуємо значення вмісту амінокислот (г/100 г білка):

валін	5,77	метіонін + цистин	3,5
ізолейцин	5,97	треонін	4,5
лейцин	9,1	триптофан	1,4
лізін	5,5	фенілаланін + тирозин	9,2

Розраховуємо амінокислотний СКОР, що дорівнює процентному відношенню кількості амінокислоти в 100 г білка продукту до кількості тієї ж амінокислоти в 100 г ідеального білка, і отримуємо значення, %:

валін	115,2	метіонін + цистин	100,0
ізолейцин	148,7	треонін	128,6
лейцин	130,0	триптофан	140,0
лізін	100,0	фенілаланін + тирозин	183,0

Згідно із запропонованою рецептурною композицією, в продукті відсутній дефіцит незамінних амінокислот, тобто він має високу біологічну цінність.

Проводимо перерахунок на кількість пшеничного борошна і солоду гороху з урахуванням того, що в 100 г пшеничного борошна міститься 12,5 г білка, а в 100 г солоду гороху – 20,5 г білка. Отримали 608 г пшеничного борошна і 253 г солоду гороху. Згідно з рецептурною композицією рекомендується співвідношення пшеничного борошна до солоду гороху: $608/253 = 2,4$.

Розрахунок композиції суміші рисового і горохового борошна:

X_1 – кількість білка рисового борошна;

X_2 – кількість білка горохового борошна.

Для визначення оптимального співвідношення рецептурної композиції складаємо систему рівнянь:

$$5,68X_1 + 5,12X_2 = 5,0 \text{ – валін}$$

$$4,46X_1 + 5,3X_2 = 4,0 \text{ – ізолейцин}$$

$$8,38X_1 + 8,0X_2 = 7,0 \text{ – лейцин}$$

$$3,51X_1 + 7,56X_2 = 5,5 \text{ – лізин}$$

$$3,12X_1 + 2,22X_2 = 3,5 \text{ – метіонін + цистин}$$

$$3,24X_1 + 4,1X_2 = 4,0 \text{ – треонін}$$

$$1,08X_1 + 1,27X_2 = 1,0 \text{ – триптофан}$$

$$8,65X_1 + 8,29X_2 = 6,0 \text{ – фенілаланін + тирозин}$$

Головними лімітуючими кислотами в цій композиції є лізин і метіонін + цистин. Розраховуємо систему рівнянь відносно лімітуючих кислот:

$$3,51X_1 + 7,56X_2 = 5,5$$

$$3,12X_1 + 2,22X_2 = 3,5$$

$$X_1 = (5,5 - 7,56X_2)/3,51$$

$$3,12((5,5 - 7,56X_2)/3,51) + 2,22X_2 = 3,5$$

$$X_2 = 0,31; X_1 = 0,90.$$

Підставляємо отримані числа в систему рівнянь і отримуємо значення вмісту амінокислот (г/100 г білка):

валін	6,7	метіонін + цистин	3,5
ізолейцин	5,7	треонін	4,2
лейцин	10,0	триптофан	1,4
лізин	5,5	фенілаланін + тирозин	10,3

Розраховуємо амінокислотний СКОР, що дорівнює процентному відношенню кількості амінокислоти в 100 г білка продукту до кількості тієї ж амінокислоти в 100 г ідеального білка. Отримуємо значення, %:

валін	134,0	метіонін + цистин	100,0
ізолейцин	139,3	треонін	105,0
лейцин	142,9	триптофан	137,0
лізин	100,0	фенілаланін + тирозин	171,6

Згідно із запропонованою рецептурною композицією, в продукті відсутній дефіцит незамінних амінокислот, тобто він має високу біологічну цінність.

Проводимо перерахунок на кількість рисового і горохового борошна з урахуванням того, що в 100 г рисового борошна міститься 7,4 г білка, а в 100 г гороху – 20,5 г білка.

Отримали 1216 г рисового борошна і 151 г горохового. Згідно з рецептурною композицією, рекомендується співвідношення рисового борошна до горохового: $1216/151 = 8,1$.

Таким чином, проведені дослідження змін компонентів зернових в процесі солодоращення свідчать про позитивні процеси, які пов'язані з накопиченням деяких незамінних амінокислот і водорозчинних фракцій білка, із збільшенням цукрів і декстринів, фізіологічно активних речовин (вітамінів, ферментів), що сприяє підвищенню харчової цінності солодів і дає можливість використовувати їх у виробництві багатьох продуктів, в тому числі і в продуктах екструзійної технології, як збагачувальну добавку. Екструзійна обробка, яка поєднує дію підвищеної температури, тиску і механічну роботу, переводить компоненти сировини в придатну до споживання форму і підвищує харчову і споживну цінність готових виробів. Обробка в екструдері зернової сировини в суміші з солодами різних культур дозволяє отримати високоякісний і корисний продукт.

Список літератури

1. Жушман А. И., Коптелова Е. К., Карнов В. Г. Экструзионная обработка крахмала и крахмалосодержащего сырья. – М.: ЦНИИТЭИпищепром, 1980. – Вып. 3. – 36 с.
2. Жушман А. И., Коптелова Е. К., Карнов В. Г. Новое в технике и технологии производства экструзионных крахмалопродуктов. – М.: ЦНИИТЭИпищепром, 1986. – Вып. 2. – 28 с.
3. Берзина Н. И., Юрчак В. Г., Макаренко А. А., Евенко Ю. Н. Совершенствование технологии макаронного производства. – К.: Урожай, 1991. – 102 с.
4. Карнов В. Г. Технология и физико-химические свойства экструзионных крахмалопродуктов. – М.: АгроНИИТЭИПП, 1991. – Вып. 2. – 24 с.
5. Extrudálás hatása a kukorika és rufifehéjéjémeszthetőségére és aminosaitartalmára / Or maine cserhamizsursanna Crukor Balint. Fleimer. ip. – 1991. – 45., N 5. – P. 168–172.
6. Жушман А. И., Коптелова Е. К., Карнов В. Г. Современные достижения в технологии экструзионных крахмалопродуктов. – М.: АгроНИИТЭИПП, 1989. – Вып. 4. – 24 с.
7. Карнов В. Г. Технология производства кондитерских изделий с использованием экструзивной техники. – М.: АгроНИИТЭИПП, 1986. – Вып. 6. – 20 с.
8. Галикова Н. В. Белки в пивоварении. – М.: Легкая и пищевая пром-ть, 1981. – 167 с.
9. Шиков В. И. Разработка способа производства светлого пивоваренного солода на основе изучения активности протеолитических ферментов: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. – М., 1982. – 26 с.
10. Das Hemicellulosespaltende Enzym (Lytasa) des Malzer / Luers H., Velkamer W. // Woch. fur Brau. – 1928. – Bd 65, N 8. – P. 83–87.

11. *Рябенюк Л. М.* Динамика гумми-веществ и полиглюкозидазной активности ферментов ячменя в процессе производства солода: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. — Киев, 1971. — 25 с.
12. *Versuche über den Einfluss verschiedener honer CO₂-Gehalte in der Haufenluft auf die Qualität der Malze und einiger daraus hergestellter Biere / Narziss L., Hellich P.* // Brauwissenschaft. — 1971. — 24, N 2. — P. 53–60.
13. *Der Einfluss des Mulzungsverfahrens auf die Steigerung und Weichversuche / Narziss L., Friedrich G.* // Brauwissenschaft. — 1970. — 23, N 4. — P. 133–141; N 5. — P. 167, N 6. — P. 229.
14. *Королев Д. А., Чекал Л. И., Денщикова М. Т.* Технология безалкогольных напитков. — М.: Пищепромиздат, 1962. — 514 с.
15. *Кретович В. Л.* Биохимия зерна. — М.: Наука, 1981. — 148 с.
16. *Glycosaccharide von Getreide und Mehl. / Tafel K., Romminger K., Hirschfeld W.* // Zeitschrift für Lebensmittel. — Untersuchung und Vorschung. — 1957. — 109. — P. 1–2.
17. *Лхотский А.* Ферменты в пивоварении. — М.: Пищевая пром-ть, 1975. — 317 с.
18. *Буковский П. И.* Новое в технологии солода и пива. — М.: Пищевая пром-ть, 1969. — 84 с.
19. *Über die Gommstoffe der Gerste und ihr Verhalten während der Malz und Bierbereitung / Schwester K., Narziss L., Kumada J.* // Brauwissenschaft, 1967, N 20, S. 125–135, 183–206, 280–299.
20. *Über den Kohlenhydrat-Gehalt einiger Malzsorten / Plende A.* // Brauwissenschaft, 1979. — 32, N 5. — P. 124–126.
21. *Степаненко Б. Н.* Химия и биохимия углеводов (моносахариды). — М.: Высшая школа, 1977. — 22 с.
22. *Манисовцев М. Р.* Влияние соотношения между количеством аминокислот и сахара на течение процесса меланоидинообразования // Биохимия. — 1950. — 15, вып. 5. — С. 528–534.
23. *Пономарева А. И.* Реакция меланоидинообразования и ее роль в процессе приготовления ржаного хлеба // Прикладная биохимия и микробиология. — 1965. — 1, вып. 5. — С. 556–584.
24. *Боровикова Л. А., Ройтер И. М.* Влияние длительности выпечки на содержание карбонильных соединений в хлебе // Хлебопекарная и кондитерская пром-ть. — 1974. — № 4. — С. 43–45.
25. *Салманова Л. С., Жданова Л. А.* Активность ферментов, гидролизующих некрахмальные полисахариды, и ферментных препаратов, применяемых в пивоварении // Прикладная биохимия и микробиология. — 1974. — 10, № 2. — С. 295–300.

ЗМІСТ

Вступ	1
Екструзія як процес обробки харчової сировини	2
Зміни складових компонентів та біологічно активних речовин зернової сировини в процесі солодоращення	6
Розробка нових біологічно повноцінних продуктів екструзійної технології з використанням солоду	13
Список літератури	17

КОВБАСА Володимир Миколайович, канд. техн. наук
ТЕРЛЕЦЬКА Віта Альбертіана
ЄГОРОВА Ірина Кузьміна
ХІВРИЧ Борис Іванович
МИРОНОВА Наталія Геннадіївна
ДОРОХОВИЧ Антонела Миколаївна, докт. техн. наук
КОБИЛІНСЬКА Олена Валеріївна

**РОЗРОБКА ПРОДУКТІВ ЕКСТРУЗІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ
З ВИКОРИСТАННЯМ ПРОРОЩЕНОГО ЗЕРНА**

НОВЕ У НАУЦІ, ТЕХНІЦІ ТА ВИРОБНИЦТВІ

С е р і я. Промислова переробка та зберігання харчових продуктів

Відповідальний за видання зав. відділом інформації з промисловості
О. П. Кучеров

Редактор **Р. А. Мильникова**
Технічний редактор **А. І. Макарова**
Коректор **В. І. Мельник**

Підписано до друку 30.10.96. Формат 60 x 84 1/16. Папір офсетний.
Офсетний друк. Ум. друк. арк. 1,16. Ум. фарб.-відб. 1,45.
Обл.-вид. арк. 1,3. Тираж 250 прим. Вид. № 28. Зам. 14

Комп'ютерна верстка ТОВ «Нора-прінт»

УкрІНТЕІ, 252171, Київ-171, вул. Горького, 180
ДВПП ДКНТП, 252171, Київ-171, вул. Горького, 180