

УКРАЇНСЬКА ІНФОРМАЦІЙНА КОРПОРАЦІЯ

«УкрНТІ»

УКРАЇНСЬКИЙ ІНСТИТУТ НАУКОВО- ТЕХНІЧНОЇ ТА ЕКОНОМІЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ

(УкрІНТЕІ)

УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

НОВЕ У НАУЦІ, ТЕХНІЦІ ТА ВИРОБНИЦТВІ

Серія. Промислова переробка та зберігання харчових продуктів

ОГЛЯДОВА ІНФОРМАЦІЯ

Випуск I

В. М. КОВБАСА, А. М. ДОРОХОВИЧ, Б. І. ХІВРИЧ

ЗАСТОСУВАННЯ ЕКСТРУЗІЇ У ВИРОБНИЦТВІ НОВИХ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ

Київ . 1995

ВСТУП

Інтенсифікація технологічних процесів один з основних напрямів технічного прогресу в харчовій промисловості, який передбачає вивчення зміни фізико-хімічних властивостей при використанні різноманітних методів впливу на природні сировинні матеріали, що використовуються для харчування людини. Широкі можливості в цьому напрямку відкриваються при створенні таких умов процесу, які забезпечують одночасно комплексний вплив на сировину, що обробляється. Вибір параметрів процесу передбачає проведення комплексних досліджень, які дозволяють виявити характер змін структури і властивостей як окремих компонентів сировини, так і сировинного матеріалу в цілому [1].

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 чого значно зменшуються витрати енергії на приготування готової страви, а частина продуктів придатна до вживання без кулінарної обробки.

ЕКСТРУЗІЯ ЯК ПРОЦЕС ПРИГОТУВАННЯ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ

Значну інтенсифікацію промислових процесів у харчовій промисловості може забезпечити вологотермічна обробка сільськогосподарської сировини з використанням екструзійної техніки.

Технологія приготування харчових продуктів із застосуванням екструзії з'явилася 50 років тому і в наш час продовжує інтенсивно удосконалюватися.

Екструзія — короткочасний високотемпературний процес приготування харчових продуктів. Тривалість екструзії — 30—90 с; призначення — забезпечити кращу засвоюваність різноманітних видів зерна та інших продуктів. Основою екструзії є об'єднання процесів змішування, варіння та формування виробів в одній машині.

Процес екструзії харчових продуктів є складним, оскільки обробка різноманітних композицій біополімерів, крім фізичних, супроводжується складними хімічними перетвореннями. Ці перетворення відбуваються під дією різного виду механічних зусиль за умов присутності вологи і значного теплового впливу (до 200°C) [2].

Продукт нагрівається за рахунок перетворення механічної енергії, яка витрачається на подолання внутрішнього тертя і пластичну деформацію продукту, в тепло (автогенний режим роботи), або додаткового обігріву зовнішніми нагрівачами (політропний режим роботи).

Змінними параметрами процесу екструзійної обробки є склад сировини, її природа, вологість і способи попередньої підготовки. В процесі екструзії можливі зміни температури, тиску, тривалості та інтенсивності механічного впливу на сировину.

В наш час методи екструзії, в тому числі для обробки крохмалю г сировини, що містить крохмаль, можна розділити на три основні: холодне формування; тепла обробка і формування при високому тиску (гаряча екструзія).

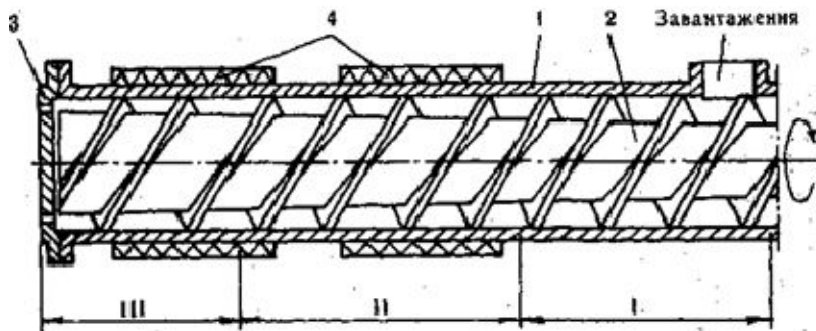
При застосуванні першого методу мають місце тільки механічні зміни в сировині внаслідок повільного її переміщення під тиском і ліопмуння пполукту я утвооенням заданих Форм.

При другому методі сухі інгредієнти сировини змішують і певною кількістю води і подають в екструдер, де поряд з механічним виливом вони підлягають тепловій обробці. Продукт нагрівається електричними, рідинними і паровими нагрівачами*. Отриманий екструдат характеризується щільністю, незначним збільшенням в об'ємі, пластичністю. Іноді екструдату необхідна додаткова обробка — висушування.

Третій період — гаряча екструзія, або екструзійне «варіння», здійснюється при високих швидкостях і тиску, значному переході механічної енергії в теплову, що призводить до різних за глибиною змін в якісних показниках матеріалу. Крім того, може здійснюватися регульоване підведення тепла як безпосередньо в продукт, так і через зовнішні стінки екструдера. Екструзійне варіння — порівняно новий прогресивний технологічний процес термо-механічної обробки різноманітних дисперсних, тістоподібних і пюреподібних продуктів. Його застосування дозволило розширити асортимент і здешевити виробництво деяких готових сумішей для дитячого харчування миттєвого приготування, закусок, пюреподібних супів, продуктів з високим вмістом білка і модифікованих крохмалопродуктів різного призначення.

Для проредення екструзії мас, які містять крохмаль, застосовують шнекбий екструдер*. Основним робочим органом екструдера є шнек спеціальної конструкції, який обертається в циліндрі. На одному кінці циліндра тангенційно або радіально розміщений отвір для завантаження сировини, а на протилежному боці закріплена матриця. При обертанні шнек захоплює завантажену сировину, просовує її до матриці і випресовує через отвори.

Зовнішній вигляд виробів та їх якість певною мірою визначаються розмірами і формою отворів матриці. Матеріал матриць повинен мати високу міцність, достатню стійкість до спрацювання і якомога менший опір переміщенню продукту відносно поверхні отворів.



Циліндр екструдера з урахуванням стадій процесу обробки можна умовно розділити на три зони (рис. 1): I — зона приймання сировини; II — зона стиснення (клейстеризації); III — зона вилресовування.

Особливістю зон є те, що продукти в кожній з них характеризуються різними фізико-хімічними і структурно-механічними властивостями. Проходження процесу в цілому залежить від того, як здійснюється обробка продукту окремо в кожній зоні.

В зоні I шнек повинен забезпечувати безперервну і рівномірну подачу сировини в II і III зони в кількості, необхідній для їх заповнення. Проте транспортування таких порошоків, як крохмаль, з низькими сипучістю і насипною масою знижує продуктивність роботи екструдера. Крохмаль — високодисперсна двофазна система. Міжфазна його поверхня сильно розвинена і становить 5,77 м²/г для картопляного і 10,9 м/г для кукурудзяного. Велике значення мають молекулярні вилі зчеплення між зернами крохмалю, а також між зернами крохмалю і різноманітними матеріалами [2]. Для забезпечення безперервної і рівномірної подачі сировини в машину живильники обладнують різними пристроями (механічними перемішувачами, вібраторами тощо).

Іноді використовують двошнекові екструдери, особливості конструкції яких дозволяють вирішити проблеми живлення і транспортування сировини. Найпродуктивніше екструдери працюють при певному співвідношенні коефіцієнтів тертя між матеріалом і циліндром і між матеріалом і шнеком. Необхідно намагатися зменшувати другий при максимальному значенні першого. Для збільшення зчеплення матеріалу з циліндром у ньому встановлюються спеціальні затримуючі пристрої різного виду.

На внутрішній поверхні циліндра є поздовжні виступи у вигляді вставок, які створюють збільшені зазори між шнеком і циліндром. Це знижує продуктивність екструдера і негативно впливає на якість продукту: матеріал, який попадає в порожнину, рухається поступально і виходить з екструдера не повністю клейстеризованим. Утримуючі ножі, які розміщені у витках нагнітальних шнеків, сприяють кращій гомогенізації маси.

• Обробка сировини, що містить крохмаль, у II зоні зумовлюється фізико-хімічними властивостями крохмалю. Більшість дослідників розглядає механізм клейстеризації як процес набухання, розчинення і деструкції зерен крохмалю. Очевидно, механізм клейстеризації в екструдері відрізняється від описаного в літературі і зумовлюється трьома факторами: наявністю значного механічного впливу на матеріал, малим вмістом вологи в сировині і високотемпературною обробкою. За цих умов активно відбувається термомеханічна деструкція зерен крохмалю, в той час як набухання і розчинення їх у воді обмежені. Під дією механічних

зусиль, тепла і вологи крохмаль і сировина, що містить крохмаль, перетворюються в гомогенну масу, яка за консистенцією подібна до макаронного тіста, але на відміну від нього має нестійку структуру і високий ступінь клейстеризації зерен. Ступінь деструкції крохмалю та сировини, що містить крохмаль, залежить від інтенсивності механічних зусиль, тривалості теплового впливу. Можна припустити, що при цьому в молекулах крохмалю руйнуються як валентні, так і водневі зв'язки, внаслідок чого утворюються полімери з меншим розміром частинок!

Після виходу продуктів з отворів- матриці через значний перепад тиску і температури відбувається різке випаровування вологи, що приводить до утворення високопористої структури і значного збільшення поперечних розмірів екструдату. Розміри пор і товщина їх стінок зумовлюються різницею тиску і реологічними властивостями маси, що випресовується. При контролі стану поверхні екструдату за допомогою мікроскопу спостерігається її сітчастість. Наявність складок, біля стінок пор дозволяє зробити висновок про те, що товщина їх нерівномірна і утворення нової структури супроводжується складними процесами релаксації напруг внаслідок поступового переходу пружної частини деформації в пластичну.

Після екструзійної обробки сировинна маса, яка містить білки і крохмаль, набуває виражених пластичних властивостей. З підвищенням температури відбуваються перебудова деяких полімерних структурних утворень і екзотермічне розширення маси, білки при цьому частково денатують.

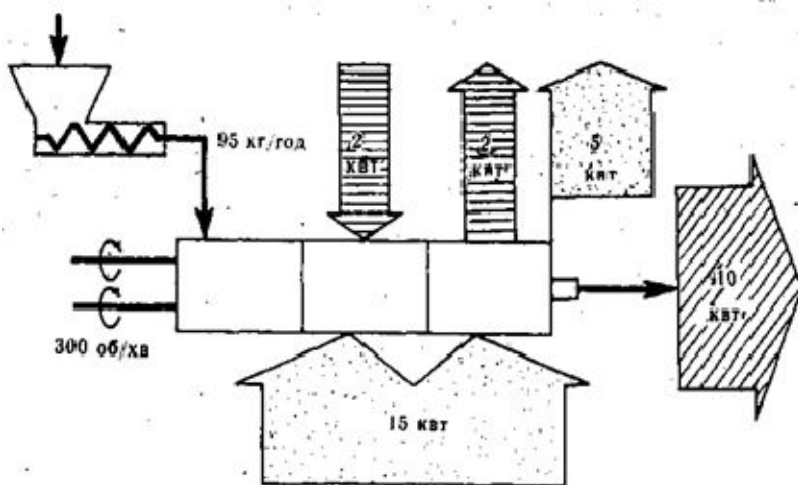
Для випресовування клейстеризованої маси з певною швидкістю робочими органами екструдера перед матрицею повинен бути створений необхідний тиск, на величину якого впливають такі фактори: вид сировини та її технологічні властивості; конструктивні і кінематичні параметри шнека; конструктивні і геометричні параметри отворів матриці; чистота поверхні робочих органів [2].

В Німеччині проведені роботи з оцінки техніко-економічних переваг екструзії варіння, при якій можлива переробка сировини з високою в'язкістю — від 103 до 105 Па.с [6]. Запропоноване таке рівняння енергетичного балансу екструзії:

$$D_b = g_d + g_R + e_p, \text{ Дж/кг}, \quad (1)$$

де; D_b — тепловміст одиниці продукту; g_d — енергія дисипації механічної енергії; g_R — тепло зовнішніх обігрівачів; g_y — теплота клейстеризації; d_i — теплота випаровування вологи; e_p — енергія, яка необхідна для подолання тиску біля матриці,

Хоч питома поверхня екструдерів у 100 разів менша, ніж у випарних апаратів і реакторів, а тривалість обробки декілька хвилин, ефективність процесу екструзії зумовлюється високим коефіцієнтом теплопередачі (до 700 Вт/м²,К). Складено енергетичні баланси процесів екструзійної обробки різноманітних матеріалів. Схему енергетичного балансу процесу екструзійної обробки крохмалю на двошнековій установці Continua-120 (Італія) наведено на рис. 2. Аналіз балансу, виявляє, що одна третина всієї



підведеної до матеріалу електроенергії виділяється у вигляді пари в процесі утворення екструдату, а решта витрачається на одержання екструдату.

Найновіші публікації з питань техніки і технології екструзійної обробки сільськогосподарської сировини свідчать про інтенсивний розвиток цього прогресивного напрямку виробництва нових видів харчових продуктів.

■ Застосування екструзії підтвердило її високу ефективність у 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 можливість створення нових продуктів харчування, які мають високу харчову цінність.

ВИКОРИСТАННЯ ЕКСТРУЗІЇ В ХАРЧОВІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ

Екструзійна технологія різко, інтенсифікує процес вологотермічної обробки сировини і доповнює його ефективним механічним впливом на компоненти, що забезпечує не тільки розварювання харчової сировини*, але й: деструктуризацію крохмалю та інших полімерних складових частин сировини. "

Конструктивні особливості екструдерів дозволяють у широких масштабах регулювати інтенсивність і тривалість обробки сировини, що змінює структуру і властивості готової продукції в заданому напрямку.- Підбір композицій вихідного матеріалу, варіювання умов обробки сприяють істотному розширенню асортименту харчових та технічних продуктів [3].

Метод екструзійної обробки, який застосовується у виробництві харчових продуктів, має ряд переваг: високий ефект стерилізації; можливість використання широкої гами сировини; можливість збагачення продуктів різноманітними добавками (білком, волокнами, вітамінами); гнучкість і безперервність технологічного процесу; малі розміри екструдера; низька собівартість продукції. Крім того, термічна обробка продукту в екструдері забезпечує знищення практично всієї, навіть спорової, мікрофлори: Тому екструзійна технологія знайшла застосування в багатьох галузях харчової промисловості.

В кондитерській промисловості екструдери використовуються для формування виробів з пластичної кондитерської маси. Вони призначені для безперервного випресовування (витискування) профільованих виробів безмежної або обмеженої довжини через формуючу матрицю певного перерізу. До пластичних кондитерських мас належать переважно жирові маси в певному інтервалі температур (маса праліне, марципанова маса тощо) . ' ;

На виході з екструдера вироби можуть підлягати різанню на дрібніші частини або додатковій обробці (глазурування, нанесення візерунку).

В макаронній промисловості екструзія ще з 1947 р. застосовується для холодного формування макаронних виробів.

' В деяких галузях харчової промисловості останнім часом застосовують екструзійну техніку, використання якої дозволяє поєднати процеси змішування, диспергування, уварювання, пластифікації, формування виробів в одному агрегаті — екструдері.

На відміну від формування пресуванням в екструдері відбувається інтенсивна механічна і високотемпературна обробка компонентів сировини. В екструдері, як у технологічному реакторі, відбуваються кислотний гідроліз крохмалю і білків, утворення модифікованого крохмалю, який впливає на клейковину, гідротермічна обробка. Неповністю спресовуються компоненти під високим тиском, нагріваються до високої температури. При необхідності високотемпературна екструзія дозволяє досягти інактивації ферментів, які є в сировині: α -амілази, ліпо- Ксигенази, пероксидази. Гідротермічна обробка напівфабрикатів дозволяє також знизити активність мікробіологічних процесів які впливають на кислотність і збереженість виробів.

Після протискування через матриці внаслідок падіння тиску волога миттєво випаровується, отже відпадає необхідність у складній, операції— сушінні виробів. Таким чином, при мінімумі

витрат часу одержують готовий продукт — макаронні вироби швидкого приготування, легкої структури. Змінюючи режим роботи екструдера, можна одержати напівфабрикати із заданими властивостями, які потім використовуються для приготування макаронних виробів. _

В Японії (фірма ;Нєсаку Зеїбип) запатентований спосіб приготування макаронних виробів, збагачених пшеничними зародками. Зародки пшениці нагрівають під тиском, екструдують через сопло з отворами, одержані гранули подрібнюють і додають до пшеничного, рисового або гречаного борошна (1—20 %), з якого готують макаронні вироби традиційним способом.

В макаронній лабораторії Московського НВО хлібопекарської промисловості (Росія) проведені дослідження по використанню короткочасної високотемпературної екструзії для одержання нового виду сировини, яка дозволяє підвищити білкову цінність виробів.

Для одержання нового збагачувача використовували в ролі білкового носія жовтозерний горох, а для створення твердого карткаса макаронних виробів — крохмаль, зволожений розчином йодату калію. В екструдері створювались умови для дезодорації і подрібнення гороху, і модифікації крохмалю. Готова суміш нагадувала за своєю структурою борошно.

Внесення 10% і 20% покращувача-збагачувача при виробництві вермішелі з хлібопекарського борошна вищого сорту дозволило виготовляти вироби з приємним смаком, з гладкою лощеною поверхнею, кремового і світло-жовтого кольорів, з добрими варильними властивостями (сухий залишок у варильній воді хоч і був вищий, ніж у контролі, але перебував у межах допустимого). Внесення покращувача-збагачувача дозволило підвищити в 100 г виробів вміст білка з 10,41 до 12,56 г, зменшити вміст крохмалю з 68,48 до 61,62 г, збільшити вміст вітамінів.

Московським НВО хлібопекарської промисловості запропоновані також способи використання короткочасної високотемпературної екструзії для обробки хлібопекарського борошна будь-якої якості з доданням окислених крохмалів і молочної сироватки для одержання нового продукту — макаронних виробів швидкого приготування [4].

Застосування високотемпературної екструзії — перспективний напрямок для створення продуктів, які можна використовувати при виробництві макаронних виробів, зокрема макаронних виробів швидкого приготування.

Приготування нових видів борошняних виробів екструзійним варінням передбачає необхідність забезпечення оптимальних умов обробки, структури і ступеня гранулювання вихідного матеріалу (борошна, круп), температури нагрівання сировини, рівномірного розподілу вологи в сировині, нагрівання продукту на початку екструзійної обробки до 82—105°C, наприкінці — до 176—177°C, а також забезпечення заданої форми і розмірів екструдату, підтримання необхідного режиму досушування і охолодження готового продукту. Для текстурування борошняних виробів у вихідну сировину вводять різноманітні білкові речовини, жири, емульгатори, розпушувачі. Слід зазначити що екструзійні установки в порівнянні з іншим обладнанням не потребують великих витрат робочої сили і мають деякі переваги.

Екструзія харчових висівок дала змогу одержати спеціальні продукти, багаті на харчові волокна, які використовуються при лікуванні деяких хвороб. За технологією передбачається внесення у вироби до 80 % висівок.

Практично будь-який продукт, котрий можна перетворити на достатньо пластичну масу, піддається екструзійній обробці. Найкращою сировиною для цього є продукти, які містять крохмаль: злакові культури, зернові (кукурудзяна, рисова та вівсяна крупа, сорго та ін.), продукти переробки соєвого борошна, а також крохмаль, картопля, тобто продукти, які складають основу рецептур сухих сніданків, кондитерських виробів.

Таким чином, екструзійний метод можна використовувати як у виробництві модифікованих крохмалів, так і для одержання різноманітних харчових продуктів з новими властивостями.

Продукти, виготовлені цим методом, мають добру переварюваність, підвищену стійкість на окислення, низьке обсіменіння мікроорганізмами.

Застосування екструзійної техніки в харчовій промисловості дозволило не тільки інтенсифікувати багато технологічних процесів, але й створити нові харчові композиції, які використовуються не тільки для продуктів звичайного харчування, а й для дитячих і дієтичних харчових продуктів. Екструдовані крохмалепродукти широко застосовують у кондитерській, хлібопекарній, харчокон-центратній галузях, у виробництві молочних, м'ясних, рибних, кулінарних виробів.

ПРИНЦИП ДІЇ ЕКСТРУДЕРІВ

Характерним для конструкції екструдера є те, що камера і шнеки змонтовані у відповідності з поставленим технологічним завданням. Відрізняють завантажувальну камеру, в яку можна вводити добавки твердих речовин, закриті камери з отворами для вимірювання температури і тиску, а також для внесення рідини і відбору проб. На шнеках встановлені деякі елементи, що дають змогу транспортувати, змішувати і різати продукти, завдяки чому їх можна привести у відповідність з технологічним завданням.

Цей принцип застосовується сьогодні на екструдерах зі шнеками, що обертаються в одному напрямку-та назустріч один одному.

Існує багато різноманітних конструкцій шнеків.

1. Одновалкові шнеки:

крок гвинтової лінії зменшується у шнеку до виходу з екструдера;

крок гвинтової лінії шнеку збільшується до виходу з екструдера; ...

наявність гвинтової лінії в кожусі шнеку;

конусний кожух;

конусний кожух ка крок гвинтової лінії шнеку, що зменшується до виходу з екструдера.

2. Здвоєні шнеки, що не входять у зчеплення:

шнеки, що обертаються в одному напрямку, торкаючись стінок, кожуха;

- шнеки, що обертаються назустріч один одному, торкаючись стінок кожуха; -

3. Здвоєні шнеки, що входять у зчеплення:

шнеки, що обертаються в одному напрямку та самі очищаються;

частково самоочищаються; ,.

камерні шнеки;

конусні шнеки і конусний кожух.

- Відомі Способи протискування пресами, тіста, паст та інших продуктів через фільтрні пластини не виключають забивання отворів за рахунок підсихання, утворення містків тощо, особливо якщо продукти мають густу консистенцію. Оскільки всі вони є неньютонівськими рідинами, для забезпечення протискування через фільтри необхідно перевищити початкові напруги зсуву. В звичайних вертикальних пресах при цьому виникають великі зусилля стиснення екструдованої маси. Щоб усунути цей недолік, необхідно будь-яким механізмом надавати коливального руху п'яті плунжера преса, яка входить у заповнений масою продуктової циліндр з фільтрним дном. Коливання необхідно; спрямовувати перпендикулярно стискуючій силі, тобто паралельно

фільтрному дну: Частоту і амплітуду підбирають у залежності від характеристик продукту так, що він у циліндрі ще перед протискуванням втрапив початкову структуру і перейшов у текучий стан.

Для проведення екструзійної обробки крохмалю і сировини, яка містить крохмаль, використовують багатошнекові або одно-шнекові екструдери. Останні прості за конструкцією, від обладнання, яке застосовується в харчовій промисловості і у виробництві комбикормів, вони відрізняються більшими лінійними швидкостями шнеків на робочому діаметрі їх витків — до 2,5 м/с. З гвинтового каналу шнека маса потрапляє безпосередньо в отвори матриці.

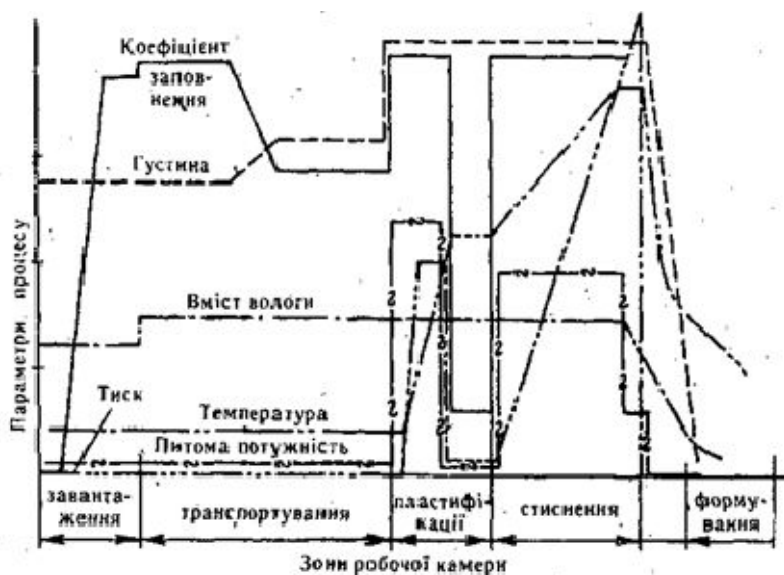
Принцип роботи екструдерів полягає й тому, що у тканинах зерна, розміщеного в герметично закритій камері, при нагріванні підвищується внутрішній тиск за рахунок випаровування вологи, що міститься в ньому. Миттєве розгерметизування камери супроводжується різким падінням тиску в тканинах зерна, що приводить до розширення пароповітряної суміші і викликає сильне збільшення об'єму зерна — воно ніби вибухає.

Зірвані зернові продукти перед вживанням не потребують додаткової кулінарної обробки і належать до групи так званих сухих сніданків. Найширше розповсюдження дістали зірвані зерна, що виготовляються з кукурудзи, пшениці, рису, вівса, ячменю. Слід зазначити, що спочатку зірвані зернові продукти одержували в основному з цілих зерен, а тепер для їх виготовлення широко використовують продукти переробки зерна — крупу, борошно, крохмаль.

Попередньо підготовлену з крупи чи борошна масу протискають під впливом високої температури і тиску через екструзійні пристрої (у вигляді тонкої стрічки або джута). Продукт, що виходить з екструдера, спеціальним пристроєм розрізається на шматочки, які за рахунок миттєвого перепаду тиску вибухають, значно збільшуючи свій об'єм і різко змінюючи фізико-хімічні властивості.

Принципова схема процесу і змін параметрів двошнекового екструдера наведена на рис. 3.

Рис. 3. Графік зміни параметрів процесу екструзії по зонах робочої камери



В зоні завантаження всі компоненти дозуються і змішуються. В зоні транспортування в разі необхідності вилучають повітря та інші гази, а також відбувається подальше перемішування. В зоні пластифікації відбувається інтенсивна обробка сировини шляхом деформації зсуву. Одночасно з підвищенням температури руйнується зернова структура, матеріал частково перетворюється в студень. В II зоні відбувається подальше стиснення до максимального тиску.

В момент виходу матеріалу з фільтри деформації релаксують, продукт набухає, волога частково випаровується. Під час релаксації еластичний матеріал, що перебував під тиском в екструдері, піниться, і ця структура зберігається після видалення вологи і охолодження [5].

Як за рубежем, так і в країнах СНД проведені дослідження та дослідно-конструкторські роботи зі створення екструзійних тех-нологічних процесів і обладнання для їх реалізації,

ОСНОВНІ НАПРЯМКИ СТВОРЕННЯ ПРОГРЕСИВНОГО ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ЕКСТРУЗІЇ

Основною технологічною стадією екструзійного методу обробки будь-якого матеріалу є екструзія. Вимоги, що ставляться до обладнання, різні — в залежності від мети обробки.

Використовують в основному екструдери трьох типів: одно-, двошнекові і планетарні. Найбільш надійні і прості в експлуатації двошнекові екструдери, які часто застосовують у виробництві харчових продуктів, зокрема для обробки крохмалю і сировини, що містить крохмаль.

Складність конструкцій та їх висока вартість компенсуються підвищенням експлуатаційних характеристик екструдерів. Проводять удосконалюватися конструкції робочих органів екструдерів (шнеки, циліндри, матриці), системи їх обігріву, схеми розміщення робочих органів, їх кількість.

Конструктивні особливості екструдерів дозволяють розглядати їх як хімічні реактори, в яких реакція може бути проведена при високих температурі, тиску і зусиллі зсуву. Це дозволяє використовувати їх для комбінованої хімічної і вологотекстильної обробки крохмалю і матеріалів, що містять крохмаль.

Фірмою Марітріапі (Італія) випускається обладнання для обробки різноманітної сировини [6]. Продукцією фірми є одно-шнекові екструдери низького тиску типу О продуктивністю 20, 100, 300, 500, 700 кг/год, одношнекові екструдери високого тиску такої ж продуктивності і модульні одношнекові моделі високого тиску типу МРБ. Потужність приводів цих екструдерів відповідно 13, 15, 33, 81, 129, 100 кВт, маса — 1,41; 2,79; 5,91; 8,77;

10,10 т. Ця фірма здійснює свою діяльність у напрямку створення комплексних ліній по випуску різних харчових продуктів.

Одно- і двошнекові екструдери випускаються спільно фірмами Clextral (Франція) і Henny Simon Ltd. (Англія). Продуктивність цих установок змінюється в широкому діапазоні і становить, наприклад, для виробництва комбікормів 10 т/год. На цих машинах можливий випуск також різноманітних харчових продуктів — кукурудзяних, пшеничних та інших пластівців, хрумких хлібців, модифікованих крохмалів та ін.

Фірма Üblich- Walter Maschinenbau GmbH (Німеччина) для обробки сої, кукурудзи, пшениці, сорго, рису та інших видів сировини при виробництві харчових продуктів і комбікормів постає екструзійні установки типу РІКО 4 типорозмірів: «0» — продуктивність 500—800 т/год, потужність приводу — 75 кВт; «1» —

1—1,5 т/год, 110 кВт; «3» — 2—4 т/год, 160 кВт; «5» — 4—6 т/год, 200 кВт. Тривалість обробки сировини в екструдері — декілька секунд. Час переналагоджування екструдера на випуск інших продуктів — 15 хв. Установки забезпечують низькі питомі витрати електроенергії.

Описані конструкції одно- і двошнекових екструдерів які застосовуються для виробництва харчових продуктів. Двошнекові екструдери мають шнеки з однаковим і протилежним напрямками обертання. Другий метод — варіант обертання, більш придатний для процесів обробки термолабільних харчових продуктів. Застосування двошнекових екструдерів дозволяє знизити вимоги до якості обробки сировини перед екструзією (зволоження, кондиціонування) у порівнянні з одношнековими. Двошнекові екструдери мають властивість самоочищення. Пластифікування харчової сировини відбувається завдяки встановленню на шнеках спеціальних змішувачів елементів.

В харчовій промисловості використовуються в основному екструдери з двошнековими шнеками. Одношнекові машини у порівнянні з двошнековими мають окремі технологічні недоліки, наприклад, низьку здатність до гомогенізації маси, що оброблюється. В одношнековому екструдері фірми Buss Kneading, (США) зроблено спробу усунути цей недолік [6]. Особливістю його конструкції є те, що виток шнека по довжині кожного кроку має по три розриви, в які входять спеціальні пальці, закріплені на внутрішній поверхні корпусу екструдера. Це дозволяє підвищити ступінь проробки маси. Запропонована конструкція впливає на основні технологічні параметри екструдованих мас — інтенсивність перетирання, розподіл температури і вологості.

Фірмою Baker Perkins (Англія) на виставці «Інпродмаш-86» запропоновані шість типорозмірів двошнекових екструдерів марки MPF (табл. 1) [7].

Екструдер марки MPF-50D — багатоцільовий і може бути ви-

Таблиця 1.. Коротка характеристика двошнекових екструдерів

марки MPF

Типорозмір	Діаметр корпусу, мм	Встановлена потужність, КВт	Частота обертання шнеків, об/хв
MPF-50D	50	17	50
MPF-65	65	5	0
MPF-80	80	35	50
M.PF-100	10	0	0
MPF-125	12	140	0
MPF-160	5	252	50

користаний в ролі пілотної установки для проведення дослідних робіт. Корпус повністю відкривається по горизонталі, що дозволяє швидко здійснювати заміну шнеків, а також виконувати контроль робочої камери. Є додаткові живильники для введення інгредієнтів, нестійких до підвищеної температури. Продуктивність екструдера близько 100 кг/год по готовому продукту.

Екструдер MPF-50D має співвідношення довжини шнека, і його діаметра — 35 : 1. Для ділянки, де вводяться інгредієнти, нестійкі до підвищеної температури, це співвідношення становить 5:1. В цей час в основній секції шнека відбувається обробка харчових продуктів, які вимагають тривалого перемішування.

Екструзійні установки фірми Wenger (США) використовуються в промисловому виробництві харчових продуктів більше ніж у 40 країнах. На цих установках одержують широкий асортимент харчових продуктів, які користуються попитом на світовому ринку. Недавно випущені дві нові моделі установок. Нині фірма Wenger випускає 20 моделей екструдерів [6].

* На конічних екструдерах фірми Cincinnati-Milacron Austria A. G. (Австрія) процеси обробки крохмалю, приготування легких закусок і зернових продуктів для сніданків провадяться без додавання води. За даними фірми, таке ведення процесу дозволяє економити велику кількість енергії, оскільки знижений вміст вологи в сировині дає можливість виключити наступне, підсушування екструдата. Конічні Шнеки, навіть якщо заповнені матеріалом, у разі необхідності легко демонтуються. Фірма пропонує конічні екструдери різних типорозмірів (СМ 45, СМ 55, СМ 65, СМ 80, СМ 90). продуктивністю від 80 до 1000 кг/год.

Фірмою Slextral (Франція) створені двошнекові екструдери з високими техніко-економічними характеристиками [1].

Фірма Creusot-Loire (Франція) для переробки зернових матеріалів випускає двошнекові варильно-екструзійні машини 6 типорозмірів продуктивністю від 10—60 до 1500—2800 кг/год в

залежності від виду сировини і мети обробки. Шнеки в апараті обертаються в одному напрямку. Їх елементи взаємно замінюються і можуть підбиратися різними за довжиною, кроком, глибиною нарізання. Це дозволяє застосовувати екструдер практично для обробки будь-яких харчових матеріалів. Корпус складається з окремих блоків, обладнаних обігрівачами. Машина фірми Steigoi-Milge на відміну від інших екструдерів обладнана індукційними обігрівачами як найекономічнішими. Так, за даними фірми, на підвищення температури корпусу екструдера від 20 до 150° С при індукційному обігріві витрачається 4,54 кВт·год електроенергії, час нагрівання при цьому становить 25 хв, а при використанні звичайних обігрівачів ці показники відповідно дорівнюють 16,64 кВт·год і 75 хв. Для підтримання температури 150° С протягом 2 год при індукційному обігріві споживається

2,5 кВт·год, а при використанні звичайних обігрівачів — 3,2 кВт·год [1].

Об'єднання фірми Steigoi-Boige з фірмою Iлпопепдінегіпд (Англія) випускає новий двошнековий екструдер Сівхігаї, в якому процес переробки різних видів сировини регулюється різною тривалістю обробки і зміною тиску з візуальною перевіркою якості готового продукту оператором. Продукт, нагрівається в робочому циліндрі екструдера за рахунок зовнішнього обігріву циліндра і виділення теплової енергії при терті і подрібненні сировини.

Запропоновано 6 моделей двошнекових варильних екструдерів продуктивністю 30—7000 кг/год (табл. 2) [7].

Таблиця 2. Основні технічні характеристики двошнекових варильних екструдерів

Модель	Діаметр шнека, мм	Відстань між шнеками, мм	Продукт кг/г min	ІВНІСТЬ. Од шах	Встановлена потужність, кВт	Частота обертання шнека, об/*в
BC 45	55,5	45	30	90	14,7	275
BC 72	88	72,5	100	200	55	280
BC 82	102	82,5	250	500	85	300
BC 92	115	92,5	400	1250	115	285
BC 105	132	105	800	2000	175	280
BC 160	200	160	2000	7000	450	220

Шнекові елементи набирають на вісь, на неї надягають і міцні елементи. Шнеки знаходяться у взаємному зчепленні. Нагрівання корпусних секцій здійснюють за допомогою електронагрівачів потужністю 7—60 кВт у залежності від продуктивності установок. За допомогою кінцевих насадок — матриць з різною формою вихідних отворів — можна отримати продукти на основі зернових різноманітних форм — у вигляді кілець, плоских плиточок, кульок, зерен, трубочок з начинкою.

Особливо значних успіхів у створенні прогресивного обладнання для екструзії харчових матеріалів досягла фірма Weger und Pfleiderer (Німеччина) [1]. Маючи великий досвід у розробці конструкції екструдерів для переробки пластмас, фірма декілька років тому почала випуск екструдерів для обробки харчових продуктів, у тому числі і матеріалів, які містять крохмаль. В наш час більше 2500 таких машин працює в різних країнах світу в галузі виробництва нових продуктів харчування. Особливо ефективними для обробки матеріалів, які містять крохмаль, у дрібнодисперсному або пастоподібному стані є двошнекові екструдери.

На Міжнародній виставці «Хлібмаш—1 ВЕХ-85», яка відбувалася у Москві 15—23 жовтня №9.85 р., фірма Werner und Pflieger продемонструвала екструдери Continua-37 М9 та Continua-58 [8].

Екструдер Continua-37 М9 застосовується для виробництва продуктів дитячого харчування, хрумких хлібців, зернових виробів для сніданків, закусочних виробів, наповнених коекструдованих продуктів. Можливе застосування екструдера як лабораторної машини для дослідів і розробки нової продукції і технологій.

Технічна характеристика екструдера

Діаметр шнеків, мм.	37
Довжина робочої частини (співвідношення довжини і діаметра)	27 Д
Частота обертання шнеків, об/хв	40—400
Максимально допустимий питомий тиск, мПа	12
Встановлена потужність, кВт	6
Габаритні розміри, мм	1900*1200*900

Вали, які самі очищаються, взаємно замінюються, обертаються в одному напрямку. Подача твердих матеріалів здійснюється в першу ділянку, рідких— в першу або другу. Грануляційний пристрій має фільтри які можна легко замінити. Екструдер відрізняється від існуючих компактною конструкцією.

В залежності від поставленого технологічного завдання довжина робочої частини машини може бути збільшена до восьми корпусних ділянок (35 діаметрів).

Крім того, фірма пропонує двошнековий змішувально-варильний екструдер Copilipia-58 для обробки всіх харчових матеріалів, на якому можна одержати різноманітні продукти [8].

Технічна характеристика екструдера

Діаметр шнеків, мм	58
Довжина робочої частини (відношення довжини до діаметра)	12д
Частота обертання шнеків, об/хв	40-400
Максимально допустимий питомий тиск, мПа	15
Температура в сорочці обігріву, °С.	300
Продуктивність, кг/год	100-150
Потужність, кВт	23
Габаритні розміри, мм	3000*1260*900

На виставці «Інпродторгмаш-86» фірма Werner und Pflieger запропонувала серію змішувально-варильних екструдерів 5 типорозмірів аналогічних екструдерам типу Continua продуктивністю 20—10000 кг/год (табл. 3).

Останньою розробкою фірми є нова пілотна установка з діаметром шнека 40 мм [7]. Вона має прилади за допомогою яких контролюється і регулюється температура обробки в 5 зонах, швидкість обертання і величина обертових моментів шнеків. Фірмою розроблені різні вихідні матриці.

Екструдери типу Continua на відміну від інших мають технологічну частину корпусу, яка складається з окремих блоків із змінними стійкими до спрацювання втулками, кожна з них може бути термостатована різними теплоносіями (водою, паром, маслом). Також всі моделі мають корпусні секції, які можна набити і з'єднати в необхідній кількості і отримувати необхідну довжину робочої зони, а також бажану конфігурацію шнеків, що відповідає заданій технології обробки сировини. По довжині корпусу екструдера є живильники дозованої подачі води та інших рідких добавок в робочі зони і отвори для дегазації сировини при обробці.

Таблиця 3. Технічна характеристика екструдерів фірми Werner und Pfeleiderer

Показники	C83	C120	C170	C240	C340
Діаметр шнеків, мм	83	120	172	238	339
Обертний момент, Нм	800	2400	7100	18800	3400
Частота обертання шнека, об/хв	350	300	250	200	130
Потужність, кВт	58	150	370	780	1450
Габаритні розміри при довжині технологічної частини 12Д, мм:					
довжина	3700	4900	5600	7600	9500
висота	1300	1330	1350	1400	1600
ширина	1300	1350	1400	1450	1600

Все це дозволяє застосовувати такі машини для обробки практично всіх харчових матеріалів і отримувати такі різноманітні продукти, як закусочні вироби, пласкі хлібці, зернові сніданки, супові концентрати, продукти швидкого приготування, текстуровані рослинні протеїни, лакриця, шоколад, кондитерські вироби, кофетуродовані продукти, казеїнати тощо. Екструдери-Придатні і для одержання інстант-продуктів, наприклад порошкоподібних продуктів для дитячого харчування, холодноформованих гранул, модифікованих крохмалів, а також корму для тварин.

Машини цього типу складні і мають високу вартість, але очевидні їх технологічні переваги перед іншими екструдерами.

Фірма Nebenstreit (Німеччина) пропонує два типи установок: SEK — короткоствольні і SEL — довгоствольні. Установки призначені для виготовлення продуктів у вигляді кілець, дисків, трубочок, кульок з кукурудзяного і рисового гранулята прямим експандуванням. Термін «екструдерні» установки спеціалісти вважають найкращим для варильних екструдерів, які працюють при підвищеному тиску. Сировина в них стискається, подрібнюється при певній температурі, клейстеризується (желатинізується), формується і експандує на виході з матриці [7].

Фірма Texttrudering (Португалія) розробила, виготовляє і постачає текструдери продуктивністю від 100 до 4000 кг/год

[7].

Основною конструктивною особливістю цих екструдерів є наявність двох конічних шнеків, які можуть обертатися в різних напрямках з малою швидкістю. На думку спеціалістів, це забезпечує тривалу роботу шнеків, корпусу та інших деталей, які швидко спрацьовуються. Разом з тим конічні шнеки дозволяють отримувати продукти, які на 100% складаються з білків, легкі закуски з різноманітної сировини, а також гранульовані, які підлягають обсмаженню. Харчова сировина підлягає такій обробці, яка зберігає вітаміни та амінокислоти [6].

Конструкція корпусу текстурдера дозволяє варіювати температуру і тиск на шляху пересування продукту до вихідного отвору матриці. ■ .

. Модель текстурдера продуктивністю 200 кг/год обладнана # регуляторами температури в робочому циліндрі і має три блоки корпусу. * „

На текстурдері можна одержувати продукти для дитячого харчування, напівфабрикати для наступного експандування, швидкорозчинні супи, дієтичні продукти, десертні страви, приправи тощо.

До складу екструдера фірми Meyer (Швейцарія) входять: шнековий живильник з регульованою частотою приводу; магніт, встановлений на вході в екструдер; кондиціонер з подачею води і пари; вал з гвинтовими-сегментами; матриця з різальним пристроєм; привод з клинопасовою передачею, апаратура для контролю процесу — датчики тиску і витрат пари, витрат води, аналоговий принтер з шістьма каналами для цифрових та графічних записів [1]. .

Головний-вал екструдера має отвори для установки гвинтових Сегментів: 4 сегменти для подачі вихідного продукту; 19 сегментів для змішування; 6 сегментів для підігрівання. Привод головного вала має потужність 1.10 кВт, частоту обертання 1500 хв⁻¹.

Корпус різального пристрою змонтований на опорі, яка обертається. Відстань між ножем і матрицею змінюється автоматично. Частота обертання ножа контролюється зміною частоти обертання електродвигуна. Корпус, який закриває ножі, обладнаний кнопкою безпеки. Вона заблокована таким чином, що привод ножів включається тільки при закритому корпусі.

Удосконалена система управління двошнековими екструдерами виключає застосування ручної праці навіть у період запуску машини і виведення її на оптимальний режим [6]. Це має велике значення при безперервній багатозмінній експлуатації екструдерів, оскільки без втручання обслуговуючого персоналу система управління забезпечує одержання продукту необхідної якості. "При розробці системи управління необхідно враховувати не тільки зміни виду і властивостей сировини, але й такі фактори, як спрацювання робочих органів екструдера. В системі використаний такий технологічний прийом, як інжекція пари в робочий об'єм апарата. Останнє дозволяє не тільки ефективно, впливати на режим обробки сировини, але й одночасно підвищити продуктивність установки з 2,8 до 7 т/год, покращити смакові якості одержаних продуктів. Система управління оснований на вимірюванні таких параметрів процесу: температура і тиск продукту, температура, корпусу екструдера, питомі витрати електроенергії, передача даних у мікропроцесор управління ЕРС-11, який діє на виконуючі органи системи. Найефективнішим способом регулювання процесу є зміна цитомих витрат електроенергії шляхом дозування води. Температура регулюється як зовнішнім обігрівом, так і інжекцією пари, а тиск — спеціальним клапаном і режимом роботи, привода екструдера. Застосування автоматизованої системи управління дозволяє суттєво скоротити час виводу екструдера на оптимальний режим, втрати продукту від браку в пусковий період, а також затрати ручної праці.

Останні моделі екструдерів, зокрема, фірми Вітт (США) — одношнекові стираючі екструдери з аксіальним зворотньооборотним рухом шнека при його обертанні і з зонами розриву лопатей шнека, в які входять штифти, стаціонарно закріплені на внутрішній стінці шнекової камери. Така конструкція значно інтенсифікує зсувові, стираючі зусилля в екструдованій масі, що дозволяє знизити відношення довжини до діаметра шнека до 15 (у порівнянні з 20—30 у двошнекових екструдерах) і робочий тиск до 138—207 кПа (у порівнянні з 13800 кПа у двошнекових екструдерах) при температурі екструдера 99—104° С. На відміну від варильних екструдерів на стираючих екструдерах екструдат не спучується, але може підлягати холодному формуванню з наступною тепловою обробкою [9].

В новій високопродуктивній конструкції екструдера марки КМЗ на базі екструдера БГ-60 замість шнека конічної форми запропонований шнек циліндричної форми; набірний шнек з

постійним кроком 800 мм складається зі шпильки, на яку насаджені три секції: робочого органу циліндричної форми із зовнішнім діаметром 125 мм; циліндричний корпус складається з трьох секцій замість п'яти. Продуктивність екструдера значно зросла.

УкрНДпластмаш розробив конструкцію прес-екструдера ПЕК-125Х8, який дозволяє регулювати умови процесу обробки. На відміну від екструдера КМЗ на циліндричному корпусі прес-екструдера ПЕК-125Х8 і його матриці встановлені електричні нагрівачі, а в зоні завантаження на корпусі — охолоджуюча камера. Суттєві відмінності є в живильнику. Всі ці особливості конструкції дозволяють вести процес обробки в двох режимах — політропному і автогенному.

Екструдери ПЕК-125х8 і КМЗ-2 широко застосовуються при комплектуванні ліній виробництва амідоконцентратних добавок (табл. 4).

Таблиця 4. Технічні дані екструдерів, які випускалися в колишньому СРСР

Показники	АІ-КХП	-60	КМЗ-2	ПЕК-125Х8
Діаметр шнека, мм	155	Конічний 90	120	125
Відношення довжини до діаметра	3	10	9,6	8
Частота обертання шнека, хв ⁻¹	75	250	350	230
Режим роботи	політропний, автогенний	автогенний		політропний, автогенний
Продуктивність, кг/год	90—110	250—300	500	550—650
Привод екструдера:				
потужність електродвигуна, кВт	17	30	40	55
частота обертання шнека, хв	1500	750	1000	1500
Потужність нагрівачів, кВт	4,0	-	-	7,4
Габаритні розміри, мм				
довжина	1780	1340	1610	3330
ширина	887	1260	1860	710
висота	2820	1550	1550	1690
Маса, кг	1160	1150		

В СНД створений лабораторний екструдер, який може бути застосований в харчовій промисловості [10]. Установка включає привод зі шнеком, системи контролю і реєстрації тиску екструзії і змазування, а також системи регулювання тиску змазування, температур по п'яти зонах — від 300 до 220° С, числа обертів шнека за хвилину на шести рівнях — 1, 15, 30, 50, 75, 100. Діаметр черв'яка 25 мм, відношення довжини черв'яка до діаметра — 17, потужність приводу — 1,2 кВт. *

Особливістю цього екструдера є застосування рідких або га-зоподібних змазок у зоні деформації екструзійної голівки, що дозволяє знизити тиск екструзії і підвищити продуктивність процесу. Крім того, газоподібну змазку можна використати як холодоагент для охолодження екструдату.

В СНД випускають екструдери типу КМЗ-2М для комбікормової промисловості, а також установки, призначені для переробки пластмас. В НВО по крохмалепродуктах (Росія) провадиться робота по модернізації серійного екструзійного обладнання. Так, розроблена система обігріву циліндра прес-екструдера КМЗ-2М.

Прес-екструдер КМЗ-2МП призначений для виробництва високоякісного зірваного зерна методом екструзування. Вихідною сировиною для зірваного зерна є манна, пшенична, рисова, кукурудзяна, ячмінна-крупя або цільне зерно [11].

Прес-екструдер працює таким чином: вихідний продукт (крупя або зерно) поступає в бункер екструдера. Після вмикання основного привода і привода дозатора крупя подається в шнекову частину машини. При русі по тракту шнекової частини за рахунок роботи сил тертя і в'язкості маса стискається і нагрівається в кінці процесу до 130—200° С. При високому тиску і температурі зерно досягає стану пластичної течії. Через високий тиск волога, яка міститься в зерні, нагрівається в екструдері до температури вище 100° С без кипіння.

При виході продукту через отвір у вихідному пристрої екструдера тиск зменшується до атмосферного і перегріта для атмосферних умов волога зерна перетворюється на пару так швидко, що це приводить до «підривання» речовини зерна із збільшенням його об'єму в 6—15 разів у порівнянні з вихідною сировиною. Пористий продукт після виходу з екструдера швидко висихає, легко подрібнюється і кришиться. Можна отримати зірване зерно з різними смаковими добавками (сіль, Цукор та ін.).

Прес-екструдер КМЗ-2МП складається на базі, вище розглянутого екструдера КМЗ-2М. В Куйбишевському ВО кондитерської промисловості «Росія» працює механізована лінія по виробництву зірваного зерна. Один прес-екструдер КМЗ-2МП на цій лінії забезпечує переробку до 1000 кг манної крупя за зміну. Борошно із зірваної крупя (до 100 т/рік) використовується як компонент (до 15%) у рецептурах деяких видів продукції.

Технічна характеристика прес-екструдера

Максимальна продуктивність (залежить від вологості і типу крупя), кг/год	250-350
Температура процесу, °С	130-200
Основний електропривод:	
напруга, В	380
потужність, кВт	55
частота обертання ротора, хв ⁻¹	1500
Привод шнека-дозатора:	
потужність, кВт	0,8
частота обертання ротора, хв ⁻¹	1500
Частота обертання основного шнека, хв ⁻¹	3
Діаметр основного шнека, мм	6
Маса, кг	5
Габаритні розміри, мм	1680*1860*1560

В Санкт-Петербурзі у ВО «Арсенал» у 1988 р. вперше в СНД була створена дослідна двошнекова екструзійна установка РЗ-КЕД-88, призначена для приготування харчових продуктів з кукурудзяної, рисової, пшеничної та інших видів круп як у чистому вигляді, так і з різноманітними добавками (сіль, цукор, суше молоко та ін.). Шнеки діаметром 88 мм, які самі очищаються, насаджуються на вали. Термостатування корпусу екструдера здійснюється за допомогою водяної сорочки і електричного нагрівача. Система обігріву дозволяє здійснювати обробку при

температурах від 50 до 300° С. Продуктивність — 250 кг/год. Число обертів шнеків регулюється в діапазоні від 10 до 280 хв-1. Частота обертання шнеків давильника становить 10—240 хв-1, гранулюючих ножів — 150—3000 хв-1. Тривалість обробки продукту — від 5 до 120 с. Управління тепловим режимом і частотою обертання вищеперерахованих механізмів здійснюється автоматично.

Сировина зволожується вприскуванням води в корпус екструдера насосом-дозатором, що регулює витрати води від 5 до 63 л/год. Габаритні розміри установки 4300X1500X2200 мм; маса— 3150 кг. До комплекту установки входять також щит управління і переносний транспортер.

В СНД освоєний серійний випуск двох нових ■ моделей екструдерів, призначених для обробки сировини, що містить крохмаль. Машина марки АІ-КХ2П для формування кукурудзяних паличок є модернізацією моделі А1-КХП. Вона відрізняється способом закріплення і знімання робочих органів екструдерів і конструкцією механізму різання. Прес-екструдер нової моделі марки КМЗ-25/ призначається для виготовлення екстродованих круп для кондитерської і харчоконцентратної промисловості.

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ЕКСТРУЗІЇ КРОХМАЛЮ ТА КРОХМАЛИСТОЇ СИРОВИНИ

Процес екструзії супроводжується як фізичними, так і хімічними змінами. В результаті вихідний матеріал, що містить крохмаль, з дисперсного Сипкого стану переходить у в'язкопружну масу, характерну для крохмальних клейстерів високих концентрацій та денатурованих білків і підлягає при цьому термохімічній денатурації. Ці перетворення зумовлені механічними зусиллями а присутності вологи і високої температури. -

В процесі екструзії на якість кінцевого продукту впливають вид сировини, її склад, умови обробки, геометричні та кінематичні характеристики установки і т. п. Вивчення механізму дії цих факторів на формування фізико-хімічних властивостей екструдатів—важливе і важке завдання.

При дослідженні процесу екструзії визначають фізичні, (ступінь спучування, пористість, густина, об'ємна маса та ін.) та фізико-хімічні параметри (розчинність, набухання, водоутримуюча здатність, консистенція, в'язкість водних дисперсій тощо).

Досліджено вплив на фізико-хімічні властивості екструдованого кукурудзяного крохмалю таких важливих технологічних параметрів, як масова частка вологи в сировині, температура матеріалу перед виходом з екструдера і частота обертання шнека.

Для скорочення часу та трудозатрат при проведенні дослідів був застосований метод раціонального планування експерименту— метод латинських многокутників [1].

В проведених дослідах фактори змінювалися на п'яти рівнях у межах температури обробки 135—195° С, вмісту вологи в сировині — 22—30%, частоти обертання шнека 40—120 об/хв. Досліди провадили на лабораторній екструзійній установці при діаметрі отвору дюзи 2,5 мм. Проби від кожного зразка в кількості 300—350 г відбирали після стабілізації роботи установки в певному режимі протягом 5 хв. \ .

Отримані екструдати не вимагали додаткового підсушування, були крихкими, їх структура і геометричні розміри суттєво змінювалися в залежності від умов обробки. Визначали об'ємну масу екструдату зважуванням його на електронних вагах ВЛ-500 і визначенням об'єму, який розраховували за результатами 7—9 вимірювань його діаметра і довжини.

Обробка експериментальних даних методом найменших квадратів на ЕОМ «Іскра 1256» дозволила визначити частинні емгті- річні залежності об'ємної маси екструдатів ($g, \text{кг/м}^3$) від масової частки вологи в сировині (W), температури обробки (I), частоти обертання шнека екструдера (п).

Об'ємна маса екструдатів визначається за формулами:

Збільшення вмісту вологи в сировині веде до прямо пропорційного збільшення об'ємної маси екструдата. Цей зв'язок можна пояснити впливом вологи на реологічні властивості маси і характер процесів релаксації напруг, які ведуть до утворення екструдатів з малим числом повітряних пор. Пори мають великі розміри, товсті стінки (1,5—0,5 мм), що і визначає ріст їх об'ємної маси. При зменшенні вологи в сировині об'ємна маса зменшується.

Вплив температури на об'ємну масу визначається також лінійною залежністю. Зниження об'ємної маси екструдату зв'язане з величиною градієнта температури, який діє на екструдат при виході його з дюзи. З підвищенням градієнту температури збільшується кількість повітряних пор невеликого розміру. Їх стінки стають тонкими (менше 0,5 мм) і досить крихкими.

Найскладнішим є вплив частоти обертання шнека екструдера; на об'ємну масу екструдатів. Характер такого взаємозв'язку зумовлений подвійним ефектом впливу частоти обертання шнека на процес обробки матеріалу. Зростання частоти обертання зменшує тривалість обробки з одночасним підвищенням інтенсивності механічного впливу на матеріал, а при зменшенні цього показника зростає тривалість обробки (дія температури) з одночасним зменшенням механічного впливу на масу.

Підсумовування частинних емпіричних залежностей визначено рівнянням залежності об'ємної маси екструдатів кукурудзяного крохмалю від умов обробки:

Результати аналізу зразків дозволили виявити вплив умов обробки на розчинність і набухання—основні фізико-хімічні властивості екструдатів. Ці показники дозволяють оцінити як перетворення крохмалю в процесі обробки, так і можливі напрямки використання нового крохмалепродукту.

З аналізу проведених дослідів випливає, що вміст вологи в сировині і розчинність екструдатів зв'язані обернено пропорційною залежністю. Розчинність і об'ємна маса екструдату мають лінійну залежність від вмісту вологи в сировині. Це пов'язано з однаковим механізмом впливу вологи на ці властивості.

Частота обертання шнека екструдера і розчинність екструдатів у досліджуваному діапазоні зміни параметрів обробки зв'язані обернено пропорційною залежністю. Збільшення частоти обертання шнека знижує розчинність. Характер цієї залежності такий самий, як і для розчинності. Це підтверджує те, що властивості

екструдатів сировини, яка містить крохмаль, визначаються в основному змінами крохмальної фракції.

Вплив температури на розчинність екструдатів крохмалю аналітично виражається рівнянням, близьким до лінійної залежності. Такий характер залежності пов'язаний з деструктивним впливом температури на полісахариди.

Через суму частинних емпіричних залежностей отримана математична модель — рівняння процесу одержання екструдатів з певною розчинністю:

$$P = 40 - 0,95W - 0,195p + 0,2251^{1-03}. \quad (6)$$

Підвищення вологості в сировині збільшення частоти обертання шнека екструдера зменшує набухання.

Через суму частинних емпіричних залежностей отримане також рівняння, яке є математичною моделлю процесу одержання екструдатів кукурудзяного крохмалю з певним набуханням:

$$H = 61,46 + 515,9y^{-0,73} + 0,173p - 2,69 \cdot W \cdot p^2. \quad (7)$$

За кордоном на одношнековому екструдері вивчали вплив умов обробки кукурудзяного крохмалю на ступінь спучування екструдатів [6]. При проведенні робіт змінювали вологість крох-

малю (від 6 до 30%), температуру обробки (від 120 до 180°C), частоту обертання шнека (від 80 до 200 об/хв.). Ступінь спучування визначали за відношенням діаметра екструдатів до діаметра отворів матриці.

При підвищенні температури від 120 до 140—160° С ступінь спучування росте з П до 13—14, подальший ріст інтенсивності нагрівання призводить до зниження цього показника (рис. 4). Така зміна зумовлена посиленням термічної деструкції компонентів сировини. Аналогічна зміна ступеня спучування екструдатів відбувається при підвищенні вологості сировини, збільшенні частоти обертання шнека, зростанні продуктивності екструдера. Було встановлено, що максимальний ступінь спучування екструдатів (близько 14) можна отримати при вологості сировини 14%, температурі 140° С, Частоті обертання шнека 150 об/хв.

Суттєво впливають на тиск в екструдері і ступінь спучування екструдату, діаметр і довжина вихідного отвору матриці. Вивчаючи ці показники при екструзійній обробці кукурудзяного, крохмалю, змінювали діаметр вихідного отвору від 2 до 6,1 мм, а довжину його — від 9 до 30 мм, відношення довжини до діаметра — від 4,4 до 13,1. Екструзійну обробку крохмалю здійснювали при вологості сировини 14%, температурі 150° С, частоті обертання шнека 160 об/хв.

Встановлено, що при зростанні відношення розмірів вихідного отвору, від 2,5 до 3,4 швидко підвищується ступінь спучування (від 4,4 до 13,1), проте подальше зростання відношення зменшує цей показник до 8,3. Збільшення шляху проходження екструдату через отвори матриці, мабуть, веде до таких структурних змін компонентів екструдату, які зміцнюють його каркас, що зменшує ступінь спучування. Збільшення відношення довжини створу матриці екструдера сіприє пропорційному зростанню тиску екструдування від 5 до 16 МПа [6].

Японські спеціалісти вивчали фактори, які впливають на ступінь збільшення об'єму висушеного клейстеру картопляного крохмалю після його обробки при 150—190° С. Встановлено, що на ступінь збільшення об'єму висушеного клейстеру справляють вплив як реологічні властивості клейстеру крохмалю, так і його склад. Збільшення об'єму прямо пропорційне значенню максимальної в'язкості клейстеру, відношенню зв'язаного фосфору до загального, набухання зерен крохмалю і обернено пропорційне модулю еластичності студня крохмалю. Зниження вмісту К. і Мд збільшує об'єм висушеного клейстеру після його теплової обробки. Механізм збільшення об'єму визначають два фактори — розтяжність амілопектину і величина внутрішнього тиску, який розвивається в продукті при тепловій обробці [2].

Ці ж автори дослідили вплив на готовий Продукт температури обробки висушених клейстерів крохмалів воскоподібної і високоамілозної кукурудзи, пшениці, рису, саго, солодкої картоплі і тапіоку. На властивості готового продукту впливають вид крохмалю і вологість сировини перед обробкою. Збільшення об'єму висушеного клейстеру цих крохмалів після термічної обробки зв'язане також з їх в'язкістю і набуханням зерен крохмалю, модулей еластичності його студнів. Об'єм сухих клейстерів крохмалів пшениці і кукурудзи зростає із збільшенням кількості води та тривалості нагрівання. Для всіх продуктів об'єм зростає при збільшенні температури. Для крохмалю кукурудзи і пшениці показник збільшення об'єму становив 3,0—3,5; для рису і воскоподібної кукурудзи — 4,7—5,0; для солодкої та звичайної картоплі, саго і тапіоку—5,8—7,0:

При вивченні зміни вуглеводних компонентів різних зернових продуктів після екструзійної обробки в ролі сировини використовували кукурудзяну крупу, підсушену при 90, 110 і 150° С, крохмаль звичайної воскоподібної і високоамілозної кукурудзи (вміст амілози 52 і 61 % X і рису. Оразки з різним вмістом амілози і амілопектину готували змішуванням високоамілозного та амілопектинового крохмалю [2].

Для обробки застосовували лабораторний двошнековий екструдер з циліндром, який має індукційне нагрівання. Визначали кількість вуглеводів екструдату, які розчиняються в 80%-ому спирті та воді. Вміст розчинного крохмалю встановлювали гідролізом екстрагованих вуглеводів глюкоамілазою. При температурі обробки 65—90° С не відмічено суттєвих змін властивостей

продуктів, при температурі більше 90° С в'язкість дисперсій екструдату швидко знижувалась, і зростала його розчинність у воді, вище 130 і 170—200° С підвищувались водопоглинання та об'єм екструдату. Починаючи зі 130° С розчинність екструдату зростала пропорційно температурі обробки.

Із зростанням температури в екструдерах збільшується кількість вуглеводів, які легко гідролізуються α -амілазою, і підвищується початкова швидкість їх гідролізу. Відмічено значне збільшення об'єму екструдатів амілопектинового крохмалю при 135° С, звичайного кукурудзяного крохмалю при 170° С і високоамілозного (52% амілози) при 225° С.

В'язкість дисперсій екструдатів (50° С) амілопектинового, пшеничного та рисового крохмалю мала максимальне значення при температурі обробки 100° С, екструдату кукурудзяного крохмалю з підвищенням температури рівномірно знижувалась, а амілозного крохмалю була низькою і це змінювалась за різних умов обробки. Водопоглинальна здатність екструдатів була максимальною при температурі 180° С, амілопектинового крохмалю — знижувалась з підвищенням температури, а високоамілозного не змінювалась до 200° С, а потім швидко зростала. Розчинність у воді кукурудзяного і пшеничного крохмалю постійно зростала із збільшенням температури. Суттєві стрибкоподібні зміни розчинності відмічені у амілопектинового крохмалю при температурі обробки 70, 90, 135 і 170° С. Максимальна розчинність у воді екструдату рисового крохмалю спостерігалась при температурі 185° С, а високоамілозного крохмалю до 200° С залишалась незмінною.

Відмічена поява в екструдатах нової структури при 135 і 225° С. При цих температурах із зростанням вмісту амілози в кукурудзяному крохмалі зменшувалися показники перерізу екструдата, кількість водорозчинних вуглеводів, чутливості до α -амілолізу. Таким чином, природні властивості крохмалів впливають на фізико-хімічні властивості продуктів, одержаних після екструзійної обробки. В зв'язку з цим результати вивчення одного з видів екструдованого крохмалю не можуть бути перенесені на інші.

Вологість борошна, температура обробки, частота обертання шнека, і розмір отворів матриці впливають на ступінь клейстеризації зерен крохмалю пшеничного борошна. Встановлено, що вологість борошна не чинить суттєвого впливу на клейстеризацію зерен крохмалю при 65 і 80° С, але підвищення температури обробки (96—110° С) збільшує ступінь клейстеризації крохмалю при вологості борошна 18—27%. Підвищення частоти обертання шнека і збільшення площі перерізу отворів матриці зменшує ступінь клейстеризації. Відмічено, що при екструзії глюкозидні зв'язки в крохмалі руйнуються [2].

При вивченні екструзійної обробки суміші кукурудзяного крохмалю і продуктів його гідролізу процес і якість екструдатів оцінювали за в'язкістю екструдованої суміші. Підвищення в'язкості суміші призводило до зростання тиску і температури в передматричній камері корпусу екструдера. При цьому також підвищувався ступінь деструкції полісахаридів з великою молекулярною масою і збільшувалась частка цих речовин з масою 17—252-103.

Збільшення діаметра отворів матриці і вологості сировини зменшує ступінь спучування екструдатів і підвищує їх щільність. При цьому також знижується температура і тиск процесу екструзії. Підвищення щільності екструдатів зміцнює їх структуру.

Дослідження впливу екструзійної обробки суміші пшеничної та гречаної круп на зміну вуглеводного і білкового комплексів, жирокислотного складу ліпідів, в'язкості і стійкості їх при зберіганні дозволило розробити технологію продуктів високої харчової цінності [6]. Визначення реологічних характеристик одержаних екструдатів з урахуванням складу і вологості вихідної сировини показало можливість оптимізації процесу екструзії. Отримані математичні моделі, на основі яких проведена оптимізація параметрів екструзійної обробки сировини.

При вивченні процесу екструзійної обробки перлової крупы в одношнековому екструдері встановлено, що внаслідок обробки суттєво збільшується об'єм екструдата, що дозволяє одержати з

нього тонкостінні пластівці. Хімічний склад екструдатів (в тому числі амінокислотний) і сировини відрізняються незначно. Екструдати не втрачають своїх властивостей/при зберіганні.

За останні роки запропоновано методи екструзійної обробки крохмалю і сировини, що містить крохмаль, з метою одержання нових видів крохмалепродуктів, які набухають. Розроблений метод приготування крохмалю, який набухає в холодній воді, передбачає використання вихідної сировини з вмістом 25—80% кукурудзяного звичайного або амілопектинового крохмалю, термічну обробку в екструдері і подальше досушування в мікрохвильових печах потужністю 0,5—50 кВт з частотою 915—2450 МГц (період досушування—від 5 с до 4 хв). Так, амілопектиновий кукурудзяний крохмаль ($U = 35,6\%$) обробляють в екструдері під тиском 1,55—1,62 МПа при 104—116° С. Продукт ($U = 29\%$) остаточно висушують у мікрохвильовій печі протягом 45 с, при цьому він збільшує свій об'єм в 4 рази. Після подрібнення і розбавлення водою або фруктовим сиропом продукт утворює прозорі рівномірні за складом системи, які можна використовувати на харчові цілі [2].

Гіри екструзійної обробці рисової крупи з підвищенням температури міцність екструдатів падає, формується менш щільна структура, якість покращується. Менш щільні матеріали з більш пористою та аморфною структурою мають ніжну консистенцію, швидше і легше відновлюються водою [12].

Ступінь трансформації крохмалю в продуктах оцінюють побічно за показником розчинності у воді (ПРВ). Встановлено, що при однакових значеннях питомої енергії можуть бути отримані різні значення ПРВ. Відмічено, що питома енергія повинна враховуватися як фактор другого порядку при прогнозуванні ступеня трансформації крохмалю і розширення продукту [13].

При дослідженні водопоглинання зернові продукти з пшениці та жита з додаванням пшеничних висівок зберігали в контрольованих умовах з встановленим рівнем відносної вологості повітря. На водопоглинання впливали вміст у суміші соєвого борошна, умови екструзії, особливо, температура, тиск і кількість води [14].

Хід процесу екструзії та якість готового продукту з пшеничного борошна залежать від сорту пшениці, схеми помелу, терміну зберігання зерна і борошна, розмірів частинок борошна, його хімічного складу. Дослідили вплив вмісту висівок в борошні на об'ємну масу і форму екструдованих виробів. При рівних умовах обробки вироби із сортового борошна мали більшу об'ємну масу і діаметр, ніж вироби з обивного борошна [6].

Вивчали характер змін властивостей модельних систем з харчовими волокнами під впливом основних параметрів екструзії.

В результаті узагальнення даних експериментальних досліджень отримана залежність, яка пов'язує вологість суміші, температуру екструзії і концентрацію харчових волокон з об'ємною вагою екструдатів. Застосування раціональних режимів екструзії у відповідності зі встановленою залежністю, а також співвідношення зернової сировини з харчовими волокнами 95 : 5—90 : 10 забезпечують найкращі якісні характеристики екструдованих продуктів.

Досліджено вплив ступеня зміни частоти обертання шнека на параметри гарячої екструзії і властивості екстудату. В ролі об'єкта дослідження була використана кукурудзяна крупа з вмістом вологи 11,2%, білка 7, жиру 0,7, клітковини 0,5, золи 0,4 і вуглеводів 80,2%. Крупу зволожували до 18%. Частоту обертання шнека змінювали на 20 і 100 об/хв (відповідно з 280 до 300 об/хв і з 200 до 300 об/хв). Встановлено, що зміна частоти обертання шнека призводить до швидкого збільшення тиску та повільного наростання температури маси біля матриці [15].

Для розплавів та екструдатів сумішей біополімерів було показано, що їх структура і властивості визначаються гетерофазною природою, а також деформацією і взаємодією дисперсних частинок розплаву. При цьому деформація і взаємодія таких частинок, в свою чергу, визначаються реологічними умовами розплаву. Отримані результати свідчать про те, що склад екструдованої

суміші є одним з ключових параметрів, які необхідно враховувати при оптимізації процесу екструзії і розробці нових продуктів. Результати проведених досліджень були використані для спрямованого регулювання текстури і функціональних властивостей як волокнистих текстуратів, так і напівфабрикатів для виробництва чіпсів та продуктів типу готового сніданку. Другою галуззю застосування отриманих даних, а особливо результатів досліджень реологічної поведінки розплавів сумішей біополімерів, є розрахунок і конструювання екструзійних установок і формуючих насадок [16].<

Можливості екструзійної обробки можуть бути розширені в результаті застосування мікрохвильової техніки. Так, використання мікрохвильової обробки харчового матеріалу перед виходом із екструдера дозволяє здійснювати процес обробки за м'яких режимів [1]. При цьому вільна волога випаровується по всьому об'єму, зменшуючи в'язкість харчового матеріалу, внаслідок чого зменшується ступінь денатурації білкових компонентів. В разі необхідності більш ґрунтовної термічної обробки продукту шнек екструдера в місці дії мікрохвиль розширюють; матеріал у цьому місці буде рухатися повільніше, що збільшить тривалість термічної обробки. М'який температурний режим екструзії дозволяє вводити в харчовий матеріал перед обробкою ароматизатори та смакові добавки.

Руйнування та зрідження крохмалю подрібненого зерна кукурудзи провадили під час двох операцій екструзії. До маси з температурою 120°C додавали 0,5% термостійкої α -амілази. Екструдат оцукрювали в періодичному процесі в присутності 0,5—1% глюкоамілази при 50—70° С, вмісту сухих речовин 20—40% і рН 4,5. Метод аналізу поверхні відгуку дозволив розробити емпіричну модель, яка характеризує процес оцукрювання в залежності від концентрації фермента, температури і вмісту сухих речовин. Найважливішим фактором, який впливає на процес, є концентрація глюкоамілази. Залежність конверсії від концентрації, фермента приблизно лінійна [17].

На підставі аналізу процесу екструзії маси з кукурудзяного борошна на лабораторному одношнековому варильному екструдері отримана математична модель, що описує характер протікання маси в циліндричному каналі матриці. Змінними параметрами при цьому були: вологість маси (15, 18, 21 і 30%), температура екструзії (110, 130, 160 і 180° С), частота обертання шнека (100, 140 і 180 об/хв), відношення діаметра шнека до діаметра каналу матриці (2, 3, 4 і 6) при відповідному співвідношенні довжини до діаметра каналу (11,5; 17,25; 23,0 і 34,5). Відношення діаметра шнекової камери екструдера (19 мм) до її довжини було постійним і дорівнювало 1 : 20 [18].

ПЕРЕТВОРЕННЯ КОМПОНЕНТІВ СИРОВИНИ ПРИ ЕКСТРУЗІЙНІЙ ОБРОБЦІ

Вологотермічна обробка — один з найпоширеніших методів переведення натуральної сировини в нову, більш придатну для харчування форму. Внаслідок обробки компоненти вихідних матеріалів зазнають різних перетворень, які забезпечують підвищення їх засвоюваності, появу аромату, покращення смаку. Особливо вагомі ті зміни, яких зазнає крохмальна складова частина продуктів харчування. Так, при контакті з водою зерна крохмалю поглинають значну кількість вологи, збільшуючись в об'ємі. При нагріванні системи крохмаль — вода через підвищення надійності окремих частин полісахаридних ланцюгів і взаємодію гідроксильних груп глюкозних залишків з водою підсилюється гідратація крохмалю і триває збільшення набування зерен, а при подальшому підвищенні температури відбувається їх руйнування. Останні процеси незворотні. Крохмаль після вологотермічної обробки суттєво змінює свою структуру і властивості: в'язкість клейстерів після досягнення максимальних значень знижується, що проявляється при значному механічному впливі на ланцюжки полісахаридних молекул.

При термічній та механічній обробці крохмалю не тільки руйнується структура його зерен, але й відбувається деструкція великих молекул полісахаридів, що полегшує їх ферментативну атакованість і зброджуваність, а також суттєво змінює реологічні властивості крохмальних клейстерів. При цьому відбувається, головним чином, деполімеризація амілози і меншою мірою — амілопектину. Внаслідок деструкції знижується здатність крохмалю до клейстеризації.

Однією з особливостей природного крохмалю є його здатність • утворювати дуже в'язкі клейстери при нагріванні сумішей, які мають відносно низьку концентрацію крохмалю у воді (найчастіше нижче 7% сухих речовин). Приготування клейстерів з підвищеним вмістом крохмалю вимагає або попередньої модифікації його, або приготування клейстеру в присутності реагентів, які розщеплюють полісахариди крохмалю, або інтенсивного механічного впливу на них. Так, клейстеризацію 40%-их суспензій кукурудзяного крохмалю провадять на валкових сушарках при активному перемішуванні клейстеру і протискуванні його через вузьку щілину, яка утворюється між барабанами сушарки. Аналогічний ефект може бути досягнений розварюванням концентрованої клейстеру (35% до маси сухих речовин) в паровому інжекційному розварюванні і прокачуванням клейстеру високопродуктивним насосом через трубчастий реактор.

Встановлено, що амілопектин відіграє більш важливу роль при вибухові Крохмальної зернини порівняно з амілозою, оскільки після вибуху кількість амілопектину зменшується на 10—12%, в той час як кількість амілози змінюється в дуже малих межах.

Дослідження, проведені в Японії, показали, що вологотермічна обробка картопляного крохмалю при 50—52,5° С протягом

1 год суттєво змінює його властивості: зростає температура клейстеризації і (прискорюється момент досягнення максимальної в'язкості, підвищуються набухання і водоутримуюча здатність, в'язкість клейстерів і міцність студнів [1].

Після такої обробки дещо знижується максимальна в'язкість клейстерів крупних зерен крохмалю. Для дрібних зерен відмічено двостадійне набухання при Клейстеризації. Мікроскопічним аналізом встановлено, що при проведенні обробки в м'яких умовах основні зміни структури відбуваються в аморфній частині зерен, кристалічність їх зберігається.

Встановлено, що при нагріванні системи пшеничний крохмаль— вода (вміст води від 1,5 до 50%) і при зниженні вологості росте температура клейстеризації або плавлення кристалів зерен крохмалю. При цьому відбувається повна втрата подвійного заломлення променю. При вологості крохмалю менше 25% температура втрати подвійного заломлення променю при зниженні вологості підвищується. Встановлена залежність між температурою втрати подвійного заломлення променю зернами крохмалю і температурою плавлення кристалів, які залишилися.

В США методом диференційної калориметрії при аналізі картопляного та пшеничного крохмалю до і після знежирення, оброблених при 100° С і вологості зразків в 18—27%, встановлено, що під дією вологотермічної обробки змінюється інтервал температури клейстеризації крохмалю, а їх ендотермічні перетворення зміщуються до, вищих температур у порівнянні з вихідним крохмалем. Властивості картопляного крохмалю змінюються більш суттєво, ніж пшеничного. На ендотермах пшеничного крохмалю після обробки виявлені три характерні зміни, зумовлені плавленням кристалів амілопектину, комплексу амілоза — ліпід і невідомої структури. З використанням цього методу вивчали термічні перетворення крохмалю картоплі та кукурудзи при пониженої вологості зразків (менше 12%) [1]. Встановлено, що на ендотермах є два піки (А і В), що відповідають перетворенням крохмалю, викликаним як руйнуванням упорядкованої структури зерен (А) з обмеженою деструкцією полісахаридних ланцюгів (декстринізація), так і термічним руйнуванням глюкозних залишків та їх карамелізацією (В); Температура, за якої відбувається декстринізація, залежить від виду і вологості крохмалю.

Екструзійну обробку сировини провадять із застосуванням одно- або двошнекових екструдерів. Основними змінними параметрами обробки є: склад, якість та вологість вихідної сировини; температура, тиск і тривалість обробки; конструктивні особливості екструдера. Зміна кожного з параметрів може коливатися в широкому інтервалі, що визначає одержання практично необмеженого асортименту екструдованих продуктів.

В США за допомогою одношнекового екструдера (модель 2403 фірми C. Ш. Вгабенгер, Німеччина) провадили екструзійну обробку пшеничного крохмалю та борошна з озимої пшениці з різним вмістом білка, змінюючи вологість сировини з 17 до 24% [1]. Сировину обробляли при температурі корпусу біля матриці 175° С. Підривання крохмалю виявилось вищим, ніж борошна. Підвищення вологості знижує цей показник, а також зменшує міцність екструдатів на зрізування та розривання. Останні показники вищі у екструдатів крохмалю. Зміна вологості крохмалю відбивалась на структурі екструдатів — підвищення її призводило до утворення в них великих і дрібних іпор, перші в окремих випадках мали розірвані стінки. Характерна особливість екструдатів борошна — нерівність стінок з наявністю розривів у порах, товщина їх більша товщини пор екструдатів крохмалю.

Підвищення вологості борошна (до 24%) і вмісту білка збільшувало неоднорідність, кількість та нерівність дрібних пор, шорсткість їх стінок. Збільшення вмісту білка з 11,2 до 15,3% майже в

2. рази зменшує значення розривних (зусиль екструдатів, встановлено, що на основні показники якості сировини впливає не тип клейковини, а кількість білка в ній.

Вивчення продуктів деструкції пшеничного крохмалю, обробленого & одношнековому екструдері при 121, 149, 177° С, частоті обертання шнека 50 і 100 об/хв, вологості сировини 20 і 25% показало, що кількість зразка, відділеного на біогелі, у вихідного крохмалю становила 58,1%, у екструдатів — від 21,4 до 38,3% в залежності від умов обробки. Наявність інтенсивної деструкції полісахаридів крохмалю, в основному амілопектину, підтверджується також зниженням показників в'язкості клейстерів екструдатів і підвищенням їх розчинності. Аналіз екструдатів, проведений із застосуванням пуллулонази, дозволив виявити обмежене розгалуження полісахаридів.

При екструзії в основному розщеплюються α = 1,4 зв'язки амілози. Екструзійна обробка при 75° С повністю руйнує структуру зерен крохмалю, робить доступною до обробки амілозу і підвищує її чутливість до обробки. В екструдатах зернових утворюється структура, подібна до бутанол-амілозного комплексу, що перешкоджає перетворенню амілози в олігосахариди. Відмічено, що при екструзії глюкозидні зв'язки в крохмалі руйнуються.

З використанням методу раціонального планування експерименту на картопляному та кукурудзяному крохмалі порівнювали вплив основних параметрів процесу екструзії (вологості сировини, продуктивності, частоти обертання шнека, температури корпусу екструдера) на властивості екструдатів [1]. Вміст вологи в крохмалі коливався від 20 до 30%, температура обробки сировини — від 80 до 160° С. Дослід показав, що при підвищенні температури обробки від 135 до 150° С майже лінійно зростає роз-

■ чинність екструдатів, те ж саме відбувається при постійній температурі, але при підвищенні питомих витрат енергії до 100 Вт-год/кг. Екструдати з розчинністю 65—70%, в'язкістю 10%-ного клейстеру — 350—400 МПа-с одержують при 120—150° С і питомих витратах енергії 65—100 Вт-год/кг.

Вплив змінних параметрів процесу екструзії на вологість та кристалічність екструдатів кукурудзяного крохмалю вивчали із застосуванням двошнекового екструдера. При випробуваннях змінювали температуру від 100 до 240° С, вологість сировини від

11 до 23%, частоту обертання шнека від 50 до 90 об/хв. Було встановлено, що в процесі обробки зменшується кристалічність крохмалю, а це підвищує атакованість екструдату α -амілазою.

Ступінь зміни структури та властивостей крохмалю в процесі екструзії залежить від вологості вихідної сировини. При екструзуванні за однакових умов цільовозмеленого кукурудзяного зерна, але при різній його вологості (від 6,6 до 23,7%), одержані екструдати, які суттєво відрізняються за структурою та властивостями [1]. Зниження вологості вихідної сировини збільшувало розчинність крохмалю, ступінь клейстеризації і атакованість його ферментами. Водоутримуюча здатність,

екструдату при цьому знижувалася, вміст декстринізованого крохмалю збільшувався з 10 до 60%. Дійшли висновку, що основним процесом деструкції крохмалю при екструзійній обробці сировини з низьким вмістом вологи є декстринізація.

При екструзійній обробці зазнає змін не тільки крохмаль, а й інші компоненти та активні речовини сировини. Білки при короткочасному високотемпературному процесі змінюють свою структуру, в основному, в результаті денатурації. Деякі молекули зміщується та розтягуються, внаслідок чого розгортаються білкові молекули, змінюється їх орієнтація. Після цього білкові молекули з'єднуються у волокна і утворюється нова структура. В результаті гідролізу білків збільшується приблизно на 50% кількість змінного азоту. Дослідження змін складу білків, розділених за фракціями, показали, що при екструзії продуктів з крупи кількість біологічно активних білків — водорозчинних альбумінів та солерозчинних глобулінів — збільшується. Кількість неповноцінних білків — розчинних у спиртах проламінів та лугах глютеїнів — зменшується.

Хоч вплив високої температури (150° С) і тиску (1,4— 4,0 МПа) триває близько 20 с, при екструзії відбувається часткова денатурація білкових компонентів, яка призводить інколи до зменшення їх розчинності. Вміст нативного білка в екструдаті не повинен бути нижчим 60% від його початкової кількості, але майже завжди він становить близько 90%. При екструзійній обробці в продукті може швидко знижуватися вміст термолабільних харчових добавок (вітамінів А, С, тіаміну і ніацину). Те саме може відбуватися і зі смаковими добавками, які входять у рецептуру в кількості 0,5—1,5% до їх маси. Особливості перетворення продуктів слід враховувати при виборі умов обробки [2].

В процесі термічної обробки відбувається зміна не тільки властивостей компонентів сировини, але і їх харчової цінності. Вивчали перетворення, що відбуваються в процесі екструзії з білковими речовинами сумішей, взятих з кукурудзи, пшениці, рису, вівса, білої квасолі, а також знежирених соєвих бобів арахісу і кунжуту [1]. Порівняння здійснювали з аналогічними зразками після мікрохвильової обробки протягом 2,5 хв. Встановлено, що суміш кунжуту, соєвих бобів та арахісу у співвідношенні 4:4:2 мала вищі показники якості білка, ніж інші композиції. Отримані дані дозволяють дійти висновку, що ці показники близькі до якісних характеристик казеїну. Обидва види термічної обробки підвищують харчову цінність сумішей, однак ефективніша з них — екструзійна. Термічний вплив на компоненти суміші не знижує їх переварюваність при обох видах обробки, а для трьох сумішей вона навіть підвищується при використанні методу гарячої екструзії (138—142°С).

На основі біологічних дослідів визначено коефіцієнт ефективності білка в продуктах переробки борошна з цільнозмеленого зерна жита та пшениці (зернові сніданки, текстурований білок, швидко розчинні продукти). Продукти одержували екструзією в двошнековому екструдері Copi:іпіа-58. Встановлена краща переварюваність білка при середній інтенсивності обробки зернових продуктів в екструдері. Незначне погіршення переварюваності білка виявлено при підвищенні температури екструзії з 130 до 150° С тільки для екструдатів із жита.

Досліджено вплив режимів варильної екструзії (температура екструзії 140—200° С, вологість маси 16% і температура 175° С, вологість 14—20%) на зміну властивостей білків кукурудзи та рису. Встановлено, що при підвищенні температури екструзії ступінь засвоюваності білка кукурудзи підвищується, а білка рису — знижується. Збільшення вологості також підвищує ступінь засвоюваності білка кукурудзи, але і не впливає на ступінь засвоюваності білка рису. Підвищення температури призводить до руйнування лізину та інших амінокислот кукурудзи, а підвищення вологості знижує ступінь їх зруйнування. Для амінокислот рису руйнівна дія температури виражена меншою мірою [20].

Суттєві зміни крохмалю при екструзійній обробці впливають на його переварюваність у живих організмах і на атакованість амілолітичними ферментами. Вивчена переварюваність екструдатів крохмалю, борошна та цільнозмеленого зерна пшениці, одержаних при 158—180° С і початковій вологості 15—20%. Встановлена вища атакованість ферментами крохмалю екструдату у

порівнянні з вихідними матеріалами, які підлягали варінню протягом 20 хв. Крохмаль екструдатів, одержаних за м'яких режимів обробки, переварювався в живому організмі так само, як і крохмаль зварених зразків. Проте екструдати, одержані за жорсткого режиму екструдувannya, засвоювались краще, ніж зварені зразки крохмалю.

Роботи, проведені в США, показали, що екструзійна обробка пшеничного борошна, проведена за жорстких режимів, підвищує переварюваність не тільки крохмалю, але й клітковини. Встановлено, що переварюваність харчової клітковини пшеничного борошна після екструдувannya значно зростає; якщо сире пшеничне борошно містило 40% розчинних речовин такої клітковини, то після екструзійної обробки цей показник підвищувався до 50—75%.

У всіх екстродованих продуктах виявлено більш високу кількість розчинних баластних речовин у порівнянні з вихідною сировиною, що пов'язано з розкладанням геміцелюлоз та пектинових речовин. Кількість целюлози та лігніну змінюється.

Вивчення впливу екструзійної теплової обробки на харчову цінність білка пшеничного борошна та цільнозмеленого зерна показало, що ступінь збереження лізину в білку становить 63—100% [1]. На значення цього показника позитивно впливає збільшення продуктивності екструдера і негативно — підвищення частоти обертання шнека. Біологічна цінність екструдатів борошна після обробки знижувалась, що зумовлено втратами лізину. Зниження вмісту лізину із жорстких режимів обробки пояснюється утворенням відновлюючих цукрів внаслідок гідролітичного розщеплення крохмалю. Втрати інших амінокислот незначні. Зменшення біологічної цінності екстродованого цільнозмеленого зерна супроводжувалось значним погіршенням його переварюваності, в цей же час змін у переварюваності екструдатів борошна не помічено.

Зміни, які відбуваються при екструзії, викликані тим, що жирні кислоти, можливо, стимулюють зміни в крохмалі. Адсорбція води екструдатом зростає з підвищенням температури обробки і досягає максимуму при 180—200° С, потім вона зменшується. В'язкість клейстерів крохмалю в процесі екструзії знижується.

Комплекси амілози з жирними кислотами, які утворюються при екструзії, можуть негативно впливати на засвоюваність продукту, однак суттєвого значення вони не мають. Харчова цінність білка дещо знижується через втрати лізину, гістидину, треоніну в початковій фазі екструзії. Ці втрати можна зменшити шляхом регулювання температури, швидкості обертання шнека та вмісту вологи. Із збільшенням вологості сировини знижується протеолітична активність пепсину. Ліпаза та ліпоксідаза майже повністю руйнуються. Продукти після екструзії мають підвищену стійкість до окислення Ш-

Дослідження впливу екструзійної обробки суміші пшеничної та гречаної круп на зміну вуглеводного та білкового комплексів, жирокислотного окладу ліпідів, в'язкіоних властивостей і стійкості їх при зберіганні дозволило розробити технологію виготовлення продуктів високої харчової цінності. Виявлені суттєві зміни складу білкового комплексу; знизився вміст альбумінів, проламінів, глобулінів і зросла доля нерозчинного залишку. Жирокислотний склад ліпідів круп змінювався незначно [6].

При екструзійній обробці сировини, що містить крохмаль, різних перетворень зазнають вітаміни. В Німеччині проведені дослідження впливу режимів екструзії на вміст вітамінів. Вітамінізовану суміш на основі пшеничного борошна обробляли в двошнековому екструдері, змінюючи продуктивність апарата і вологість сировини. Було встановлено, що вітаміни В₂, В₆, В₁₂ і фолієва кислота зберігаються краще при підвищенні продуктивності екструдера (частота обертання шнека постійна), а також при початковій вологості сировини, 17—25%. Втрати вітамінів В₁, В₅, В₁₁ практично такі самі, як і при випіканні хліба, а втрати фолієвої кислоти — дещо вищі. Виявлена негативна кореляція між питомими витратами енергії та ступенем збереження вітамінів. Досушувannya екструдатів не впливає на вміст вітамінів.

Сучасні конструкції апаратів Дають змогу звести до мінімуму руйнування смакових речовин, пігментів та вітамінів під час екструзії.

В Німеччині досліджували також вплив змінних параметрів екструзії на активність ферментів шроту з цілого зерна жита та пшениці, пшеничних висівок, пшеничної крупки та борошна, нелущеного вівса при обробці їх на двошнековому екструдері при 40—170° С [1]. Встановлено, що з підвищенням температури активність ферментів знижується за винятком α -амілази вівса, активність якої при 90° С вища, ніж при 80° С, однак при підвищенні температури більше 90° С спостерігається її зниження. Ступінь подрібнення продуктів не впливав на активність ферментів.

Проведений аналіз властивостей сумішей соєвої та кукурудзяної крупки у співвідношенні 60 : 40; 70 : 30; 80 : 20 як сировини для пресування на варильному екструдері з частотою обертання шнека 550 об/хв; початкова вологість суміші становила 10%; температура екструзії 127, 138, 149 і 160° С. Встановлено, що із збільшенням температури екструзії знижується ступінь активності трипсину в межах 48,9—98,8%, не змінюється вміст токоферолу в екструдаті і значно зростає ступінь засвоюваності білка *in vitro*. При будь-яких параметрах екструзії ліпоксигеназа повністю інактивується [21].

Простота та надійність екструзійної клейстеризації крохмалю в сировині відкриває можливість ефективного застосування цього методу обробки для культивування мікроорганізмів [22]. Експериментальними дослідженнями встановлено, що в цьому випадку може бути використаний екструдат, який містить повністю клейстеризовані зерна крохмалю. В випадках, коли оброблена сировина підлягає стерилізації, допускається зниження ступеня клейстеризації до 80—90%. Це дозволяє зменшити енергоємність процесу на 10—20%,

Використання їв пивоварінні ячменю, обробленого екструзійним методом, у кількості 20—25% до маси сухих речовин затору підвищує вихід екстракту у варильному цеху, але суттєво погіршує процес фільтрування [23].

В деяких публікаціях є дані про можливість проведення ферментативного розрідження кукурудзяного та пшеничного крохмалю за допомогою екструдера [1]. В дослідях використовували попередньо клейстеризованій крохмаль, термостійку α -амілазу. Змінними параметрами екструдування були: рН — 3—9, вміст води в сировині — 40—70%, температура — 1.00—145° С, витрати ферменту — 5—30 мл на 1 кг сухих речовин крохмалю. Крім того, змінювали вміст іонів кальцію в сировині і тривалість обробки. В результаті аналізу екструдатів встановлена лінійна залежність між глюкозним еквівалентом екструдату і концентрацією ферменту. При рН 5—7 екструдат має високу розчинність (79—86%) і глюкозний еквівалент (19—22%). Одночасно цей показник зменшується з 17 до 8%, а розчинність падає з 85 до 61% при температурі обробки 110°С, витратах ферменту 18,5 мл на 1 кг сухих речовин крохмалю. При зниженні витрат ферменту в екструдаті зменшується також вміст мальтози та мальтотріози.

Дослідженнями процесу екструзійного варіння зернових продуктів, збагачених білком та дієтичною клітковиною, встановлено, що найважливішими змінами, які відбуваються під час обробки вихідної сировини, є клейстеризація крохмального компоненту, коагуляція білків, утворення продуктів реакції Майєра та амілозно-ліпідних Комплексів.

ВИКОРИСТАННЯ ДОБАВОК,

ЇХ ВПЛИВ НА ПРОЦЕС ЕКСТРУЗІЇ ТА НА ЯКІСТЬ ГОТОВИХ ВИРОБІВ

. Натуральні та синтетичні речовини, які вводять у харчові продукти в процесі виробництва з метою надання їм бажаних властивостей, збільшують стійкість продукту до різних видів псування, покращують смакові якості, зберігають його структуру та зовнішній вигляд.

При виробництві харчових продуктів методом екструзії можуть додаватися різноманітні інгредієнти. В ролі добавок використовуються: цукор, сіль, кориця, ванілін, ефірні масла, мед,

ароматизатори, часник або соле-часникова суміш (суміш сухо-го меленого часнику з сіллю), лимонна кислота, коріандр, модифікований крохмаль, фруктові порошки, какао, шоколадна глазур, мальтоза, метіонін, вітаміни, мінеральні речовини, клітковина, суха клейковина, арахіс, пшеничні висівки, білковий ізолят із соєвих бобів, солодові екстракти, рослинна та арахісова олія, знежирений сир, сухе знежирене молоко, концентрат сироваткових білків, молочна сироватка, йогурт, казеїн, казеїнати натрію та кальцію, яєчний жовток, ЯЄЧНИЙ білок, продукти з м'яса, риби, харчові волокна та ін.

Добавки в залежності від їх основного призначення можна класифікувати таким чином: добавки для підвищення харчової цінності; добавки для покращення зовнішнього вигляду; добавки для покращення смаку і запаху; добавки для зміни консистенції; добавки для подовження терміну зберігання; добавки для збагачення харчовими волокнами.

Підготовка сировини, з якої одержують добавки, здійснюється таким чином [24]. Цукор і сіль просіюють через металеве сито № 2—2,6, пропускають через магнітоуловлювачі, подрібнюють, просіюють через шовкове сито № 25 і знову пропускають через магнітоуловлювачі.

З кориці вилучають сторонні домішки, підсушують до вологості 3%, розмелюють на дисковому млині, просіюють через шовкове сито № 25 і пропускають через магнітоуловлювачі. Зберігають у герметичній тарі.

Сушений часник інспектують для видалення сторонніх домішок, підсушують до вологості 8% при 40—50° С, подрібнюють, просіюють через шовкове сито № 25 і пропускають через магнітоуловлювачі. Порошок часнику зберігають у герметичній тарі. При використанні готової соле-часникової суміші (суміш сухо-го меленого часнику з сіллю) необхідно враховувати процент солі в суміші.

Арахісову маїсу готують з попередньо обсмажених до вологості 2,5% ядер арахісового горіха, розмелених на тривалковому станку до пастоподібного стану. Арахісова маса повинна бути м'якою, однорідною, без грудочок. Для отримання солодкої арахісової добавки до пастоподібної маси при старанному перемішуванні додають 5% дезодорованої рослинної олії і 15% цукрової пудри. Для приготування солоної арахісової добавки до маси додають таку ж кількість дезодорованої рослинної олії і 2% солі.

Сирну добавку готують з твердого знежиреного сиру (вміст жиру 10—15%) або зеленого. Сир подрібнюють, підсушують при температурі не вище 40° С до вологості 10%. Підсушений сир подрібнюють в тонке сирне борошно, просіюють через шовкове сито № 25 і зберігають в герметичній тарі.

Олію рослинну рафіновану дезодоровану або салатну бавовникову фільтрують через шовкове-сито № 25.

Коріандр (плоди) очищають вручну, вилучаючи сторонні домішки, розмелюють, просіюють через сито із отворами діаметром 0,8—1 мм.

Всі інші добавки готують аналогічним способом. Всі порошкоподібні продукти просіюють і пропускають через магнітоуловлювачі.

Цукор та сіль додають для покращення органолептичних показників, а саме смаку, в невеликій кількості. Збільшення концентрації кухонної солі до 1 ч на 100 г крохмалю підвищує ступінь спучування з 13 до 16,9, подальше зростання її концентрації знижує цей показник до 12,3. Зниження ступеня спучування зумовлене головним чином підвищеною клейстертацією крохмалю в присутності кухонної солі. Хоч цукор і покращує смак продуктів, однак додавання його в кількості 2—5% знижує переварюваність білків сировини.

До речовин, які поліпшують смакові якості продуктів, належать також прянощі, ефірна олія, ванілін, лимонна кислота тощо. Ці речовини збуджують апетит і стимулюють діяльність залоз внутрішньої секреції.

Прянощі надають продуктам особливого смаку та аромату. Одночасно з поліпшенням смакових якостей харчових продуктів прянощі позитивно впливають на роботу органів травлення. Пряний смак і аромат кориці та коріандру зумовлений ефірною олією, яка міститься в них [26].

В деяких випадках зручніше використовувати ефірну олію замість прянощів. Ефірну олію з рослинної сировини виготовляють шляхом віджимання, перегонки паром та ін. При додаванні ефірної олії замість прянощів користуються певними співвідношеннями. Для кориці, наприклад, таке співвідношення становить 1000:12 (кориця : ефірна олія).

Лимонна кислота також поліпшує смак готових виробів. Крім того, використання лимонної кислоти подовжує термін зберігання харчових продуктів. Лимонна кислота має антиокислювальні властивості, але вона належить до синергістів, які підсилюють дію антиокислювачів.

Ванілін використовується в ролі ароматизатора. Він підсилює діяльність органів травлення, позитивно впливає на центральну нервову систему. Додається в невеликій кількості. ■

Хоч ароматизатори та прянощі не характеризуються значною харчовою цінністю, вони є важливою складовою харчового продукту. При відсутності звичного аромату навіть самий високоякісний за поживними властивостями продукт не буде користуватися попитом споживача.

Для надання харчовим продуктам бажаної консистенції, використовують загущувачі. В ролі напівсинтетичного загущувача виступає модифікований крохмаль. При використанні в ролі добавки модифікованого крохмалю одержують продукти однорідної консистенції, без грудочок. Продукти мають гарну структуру та приємний смак [26].

Для підвищення харчової цінності використовується клейковина. Введення в крохмаль від 1 до 16% сухої клейковини (74,4% білка) змінює структуру екструдатів крохмалю, наближуючи її до структури, характерної для екструдованого борошна. При додаванні до крохмалю 1—3% клейковини вибуховість екструдатів та їх структура не змінюються. Підвищення вмісту клейковини до 5—8% збільшує кількість дрібних пор і шорсткість стінок, а при зростанні до 9—11% структура екструдатів наближається до структури екструдованого борошна, яке містить 15—16% клейковини. Крім того, внесення клейковини підвищує біологічну активність, а також позитивно впливає на смакові якості продуктів.

Для збагачення виробів корисними речовинами використовуються фруктові порошки. Харчова цінність порошоків зумовлена їх хімічним складом. В плодах та ягодах містяться такі важливі для життєдіяльності людини компоненти, як вуглеводи, органічні кислоти, азотисті, мінеральні, пектинові, дубильні, ароматичні речовини, вітаміни, жири [27]. Через свій хімічний склад фруктові порошки мають високі біологічні властивості.

Додавання до сировини метіоніну, вітамінів, мінеральних речовин тощо дозволяє використовувати такі екструдати у виробництві продуктів дитячого харчування [1].

Біологічна роль водорозчинних вітамінів визначається їх участю в побудові різних коферментів. Цінність жиророзчинних вітамінів значною мірою зумовлена їх участю в контролі функціонального стану мембран клітини і субклітинних структур.

Мінеральні речовини необхідні для побудови хімічних структур живих тканин і проходження біохімічних та фізіологічних процесів, які лежать в основі життєдіяльності організму [26].

В ролі добавки можуть використовуватися пшеничні висівки. Вони є порівняно недорогим "джерелом клітковини, білкових і мінеральних речовин, а також вітамінів. Вони відрізняються від борошна більш низькою калорійністю, і вмістом значної кількості клітковини [27].

При виробництві сухих сніданків використовували препарат, одержаний з пшеничних висівок способом кислотного гідролізу. Препарат відрізняється від висівок ніжною консистенцією та більш високою концентрацією волокон. Його можна вводити в дієти лікувально-профілактичного харчування при порушеннях вуглеводного та ліпідного обміну. Екструдати характеризуються різноманітною смаковою гамою, високим вмістом клітковини, низькою калорійністю і ніжною консистенцією [28].

Для підвищення біологічної цінності екструдованих продуктів використовуються білкові ізоляти. Додавання ізолятів навіть у невеликих кількостях підвищує вміст білкових речовин і поліпшує збалансованість продуктів за вмістом різних амінокислот [29].

Додавання до крохмалю 1—8% ізоляту дещо збільшує вибуховість екструдатів, але подальше зростання їх вмісту знижує цей показник. Введення в крохмаль 1% ізоляту майже не змінює структуру екструдату, а більше 5% — збільшує розмір пор екструдату і зменшує їх кількість [1].

Введення до складу сировини добавок з підвищеним вмістом білка (знежирена соя, горох тощо) може впливати як на процес екструдування, так і на якість готової продукції [6]. Встановлено, що суміш кукурудзяної крупи і (похідних сої (концентрат білка, знежирена крупа) не справляла суттєвого впливу на екстрагування його частки в суміші погіршує структуру готового продукту. Екструзійна обробка кукурудзяної крупи в суміші з 25% гороху або 10% клейковини пшениці здійснюється без ускладнень. При складанні такої суміші необхідно підбирати оптимальну вологість сировини.

Соеве борошно має неприємний специфічний запах, і присмак, які зумовлені вмістом альдегідів, кетонів, похідних фенолу та дубильних речовин. Тому боби сої перед одержанням борошна дезодорують [29]. Завдяки високому вмісту білків, та їх збалансованості за амінокислотним складом соєве борошно може виконувати роль покращувача біологічної цінності харчових продуктів. Наприклад, вміст вітамінів у соєвому борошні: становить, мг/100 г: β-каротин — 0,03; Бі — 1,20; В2 — 0,30; РР — 2,30. Вміст незамінних амінокислот, мг/100 г: валін — 350; лейцин — 3760; лізин — 4040; триптофан — 930; фенілаланін — 1720.

Під час досліджень готували екструзійним методом зерновий продукт з суміші рисового борошна та знежиреного соєвого борошна. Харчова цінність продукту підвищувалася на 25—30%. Рисове борошно рекомендують збагачувати соєвим (40%). Екструзія викликає часткову клейстеризацію крохмалю, що знижує його максимальну та кінцеву в'язкість і дозволяє скоротити час відновлення продукту до 6 хв. Дегустація готової продукції показала, що найкращі кулінарні властивості мають каші з додаванням до 20% соєвого знежиреного борошна [6].

Вивчали зміну якості білка подрібненого жита у порівнянні з білком пшениці [30]. Встановлено, що екструдати з кращою перетравленістю білка утворюються при середній інтенсивності обробки сировини. Підвищення температури екструзії від 130 до 150° С дещо знижує перетравлюваність білка екструдатів житнього борошна. Також встановлено, що зміна розчинності білків сировини в сольовому розчині (5%-ний розчин Ксі), в етанолі і в 0,2%-ному розчині КОН після екструзії гречаного борошна, а також суміші його з 25% молочного білка значною мірою залежить від температури обробки. [6]. При цьому загальний вміст білка в сировині та в екструдатах залишається незмінним. В складі білків після екструзійної обробки сировини зростає вміст низькомолекулярних фракцій. При екструзії змінюється розчинність крохмалю, збільшується кількість редукуючих речовин.

В ході досліджень з метою підвищення харчової цінності продуктів екструзійної технології був виготовлений новий продукт ~ харчування в формі брикета під назвою суперсніданок. Для його приготування були вибрані такі види сировини та .добавок: рис, сорго, кукурудза, соєві боби у співвідношенні 30 : 30 : 20 : 20 .відповідно. Такий набір дозволив підвищити біологічну цінність харчового продукту, не змінюючи його традиційного смаку. Для компенсації нестачі вітамінів, зокрема каротиноїдів, була введена

- добавка з жому обліпіхи. Ця добавка сприяла покращенню його смаку [31]. Новий продукт містить добавки, які підвищують ре-зистентність організму, має високу біологічну цінність і смак бо-рошняного кондитерського виробу. Він зручний при транспортуванні і може довго зберігатися, що робить його придатним для використання як сухого пайка.

Як добавку можна використовувати солід або солодові екстракти. В солоді міститься багато водорозчинних речовин, які можуть підлягати гідролізу. Завдяки цьому з нього можна одержувати екстракти, які застосовують для заміни ферментативно активного солоду або в ролі збагачувачів харчової цінності. Його також застосовують для надання (продуктам специфічного смаку та аромату, що досягається завдяки гідролізу власними ферментами [29]. До складу сухих речовин екстракту входять: близько 60% мальтози, 5% білкових і 2% мінеральних речовин. В ньому майже повністю збережена ферментативна активність солоду.

Яєчний порошок покращує забарвлення, Структуру та смакові якості виробів, підвищує їх харчову цінність. Перед використанням його просіюють і розчиняють у воді (1:3—1 :4), температура води 20±2° С. Білок яйця складається з білкових /речовин— 86%, вуглеводів і мінеральних речовин. Вуглеводи представлені глюкозою. Жовток містить жири — 20% і ліпоїди — 10%, з них лецитину — 8%. В складі яєчного жиру є 70% ненасичених жирних кислот, таких, як олеїнова, ліолева та - ліноленолева. В жовтку яйця містяться вітаміни А, В₂, О, Е, РР ,та Ін. Енергетична цінність яєчного порошку становить 542 ккал [32].

- Важлива роль у виробництві екструдованих продуктів належить молочним продуктам. Молоко і молочні продукти містять всі необхідні організму людини речовини. Вони є унікальними як за номенклатурою, так і за ступенем засвоюваності і збалансованості компонентів. Використання сухого знежиреного молока з метою створення високопоживних продуктів має великий практичний інтерес, оскільки воно — дуже цінний, продукт: в ньому міститься 38,5% білка і 50,2% лактози. ■

Білки молока представлені казеїном (2,5—2,8%), лактоаль- буміном (близько 0,5%) і лактоглобуліном (близько 0,1%). В складі білків молока є всі незамінні амінокислоти, тому вони;— повноцінні білки. Вони засвоюються значно краще інших харчових білків (на 96—97%). Цукри молока представлені >в основному лактозою. Молоко містить -також багатий комплекс ві-тамінів і мінеральних речовин [26, 27]..

Мінеральні речовини представлені фосфорнокислими і хлористими солями кальцію, магнію, натрію, калію, фосфору, сірки, заліза та ін. У порівнянні з іншими харчовими продуктами молоко є багатим джерелом легкозасвоюваного кальцію і фосфору, особливо необхідних для нормального.- розвитку дитячого організму.

В молоці містяться вітаміни А, В, С, О, Е, багато різних ферментів: протеаза, амілаза, ліпаза, каталаза та Ін. Кремний колір молока зумовлений вмістом каротиноїдів [29].

Вивчали закономірності впливу умов обробки на фізичні показники екструдованих продуктів з використанням сухого знежиреного молока, отриманих іна одношнековому екструдері фірми С. \У. Вагелсег при зміні вологості вихідної суміші (16— 24%), температури перед матрицею (150—190° С) і вмісту молока в сухих речовинах суміші (0—32%). Використаний шнек, який забезпечує ступінь стиснення матеріалу 4:1, частота обертання шнека 4,1 сек-1, відношення довжини до діаметра 20: 1. Масове співвідношення компонентів рисового борошна, картопляного крохмалю і

солі становило 90 : 10 : 0; 78 : 10 : 12; 70 : 10 : 20; 58 : 10 : 32. Визначено раціональні параметри одержання екструдованих продуктів з використанням молока: вологість суміші 16%, температура екструзійної обробки 150° С, вміст С 3-М 12—20% [28]. Встановлено, що збагачення молочним білком у певній кількості поліпшує якість екструдованих продуктів і підвищує їх харчову цінність.

Казеїн складає більше 80% білків молока. Він знаходиться у вигляді сполук з кальцієм у колоїдно, розчинному стані, надаючи молоку білого кольору [29].

Досліджували різні композиції, які включають крохмаль, білки, жири та харчові добавки. Особливо багато дослідів провадиться по використанню в цих сумішах кукурудзяного, пшеничного та рисового борошна, білків сої та молока. Так, додавання в пшеничне борошно казеїну в кількості 10—30% (від загальної маси) не чинить значного впливу на фізико-хімічні та органолептичні властивості екструдатів. Казеїн у вказаних концентраціях додають для збагачення білком екструдатів пшеничного борошна без суттєвої зміни їх смаку та структури. Такі екструдати можуть використовуватися при виготовленні заміників м'яса [1] Г

Казеїнати — водорозчинні молочно-білкові концентрати, одержують осадженням з пастеризованого молока казеїну, промиванням, пресуванням і обробкою розчинами гідрооксидів лужних металів або їх солей з подальшим сушінням. Застосовують їх як добавки до харчових продуктів для підвищення їх біологічної цінності, а також як емульгатори і зв'язуючі речовини.

Використання молочної сироватки дозволяє підвищувати біологічну цінність продуктів і замінювати нею частину цукру [29].

Основною складовою частиною сироватки є вуглеводи, які представлені лактозою, а також невеликими кількостями продуктів її гідролізу — глюкозою та галактозою. Лактоза, справляє дегідруючу дію на клейковину борошна. Вона має солодкість в 2,6 рази меншу, ніж сахароза. Не засвоюється організмом при лактозній інтолерантності.

Разом з тям лактоза, маючи високі емульгуючі (властивості, добре утримує вологу в продукті, сприяє збереженню його у свіжому ВИГЛЯДІ. ■

Суша молочна сироватка містить сухих речовин не менше 95% (білка більше 12%, лактози не менше 45%, мінеральних речовин 5—8%) Білки сироватки — альбумін, глобулін, а також 7-ка-зеїн — повноцінні за амінокислотним складом.

В 100 г сухої підсиріної сироватки міститься, мг: валіну — 440, ізолейцину — 748, лейцину — 850, лізину — 592, метіоніну — 372, треоніну — 422, триптофану — 131, фенілаланіну — 400.

В сироватку з молока пеіреходить близько 80% калію, до 50% кальцію та магнію. Сироватка багата на вітаміни групи В, дещо менше в ній вітамінів А, D, Е. Органічні кислоти представлені в основному молочною кислотою. Містяться також, оцтова, мурашина та інші кислоти. В молочної сироватці присутні антибіотичні речовини [32].

З метою отримання екструдованого продукту типу «готовий сніданок» з поліпшеною харчовою та біологічною цінністю досліджена можливість використання концентрату сироваткових білків [33]. Концентрат містить практично денатуровані білки, добре розчинні в кислих і нейтральних середовищах. Розчинність білків сироватки 99,9%. Вони мають желоточі властивості, високий показник ціноутворення [32].

В складі концентрату містяться, %: білки — 50—60, лактоза — 39, мінеральні речовини — 5, волога — 6. Кислотність 21°Т [28]. -

Біологічна цінність білків цього концентрату значно вища, ніж у інших видів концентрату сироватки і наближується до білка курячого яйця. ■

Концентрат сироваткових білків отримують методом ультра-фільтрації сироватки (КСБ-УФ). КСБ-УФ є новою біологічно цінною добавкою для виготовлення раціональних продуктів харчування.

Досліджувану суміш КСБ-УФ, рисового борошна, картопляного крохмалю (співвідношення 0 : 10 : 90; 12 : 10 : 68; 32 : 10 : 58) зволожували до необхідної вологості, кондиціювали при 5° С протягом доби і екструдували на одношнековому екструдері. Використовували шнек, який забезпечує ступінь стиснення матеріалу 4:1, відношення довжини до діаметра 20 : 1 (частота обертання шнека 250 об/хв). При проведенні експерименту використовували метод математичного планування. Основними технологічними факторами, які впливають на процес екструзії, вибрані: вміст КСБ-УФ в суміші (0—32%), вологість суміші (16—24%), температура перед матрицею (150—190°С). Як критерії оптимізації, об'єктивність процесу або якість екструдатів,

Мінімальний ступінь розширення та мінімальна об'ємна маса досягались при введенні 12% КСБ-УФ, вологості суміші 16%, температурі 150° С [33].

Основною складовою всіх молочних продуктів є лактоза, тому на засвоюваність білка молочних продуктів впливає утворення в них білково-вуглеводних комплексів, які знижують засвоюваність білка. Ймовірність утворення цих комплексів тим вища, чим більше в продукті лактози [32].

Відомі рецептури нових зернових закусочних продуктів з додаванням до 20% сухої солодкої сироватки або концентрату сироваткових білків. Ці добавки вводять в рисове, картопляне, кукурудзяне або пшеничне борошно. Екструдування суміші здійснюють при температурі 80, 120, 160° С і вмісті вологи в сировині 15—25%. Готовий продукт має приємний смак і підвищений вміст білка [6].

В багатьох країнах поширене виробництво сухих сніданків з використанням у ролі добавок м'ясної сировини. На жаль, у нашій країні такі сніданки не виготовляють, хоч їх виробництво дозволило би збалансувати продукт за амінокислотним складом, підвищити харчову цінність і розширити асортимент продуктів харчування. Застосування м'яса низьких сортів допомогло б частково вирішити проблему впровадження безвідходної технології. Досліджували вплив м'ясної сировини на параметри екструзії та якість готових виробів. Як м'ясні інгредієнти використовували м'ясообріз, свинячу шкуру і харчовий білок з кістки; як рослинні — кукурудзяну крупку, пшеничне борошно; вводили смакові та ароматичні речовини. Харчовий білок з кістки, одержаний методом кислотної обробки кісткової сировини, — це висококонцентрований білковий препарат з усіма незамінними амінокислотами, за винятком лізину і триптофану. В ньому також містяться мінеральні речовини в корисній для організму людини кількості. Зразки екструдатів одержували на екструдері фірми АРУ Веккег (Англія). Параметри екструзії: температура в останній зоні екструдера — 180° С, швидкість обертання шнека — 6,7 г/1 (400 об/хв), масова частка вологи сировини — 16—18%, діаметр фільтри — 4 мм.

До сировини ставляться особливі вимоги: знижений вміст вологи і жиру. В зв'язку з цим попередня підготовка м'ясної сировини спрямована на максимальне зневоднення. М'ясообріз варять при 100° С протягом 30 хв і подрібнюють. Свинячу шкуру частково знежирюють, обрізають вручну, подрібнюють, варять (1 = 100° С, т = 120 хв), відокремлюють жир та видаляють вологу. Після попередньої обробки вміст вологи в м'ясообрізі становить 65%, в вареній свинячій шкурці — 62%. Харчовий білок з кістки просіювали для усунення грудок і сторонніх домішок.

Органолептична оцінка показала, що найкращих якісних характеристик сухих сніданків можна досягти при введенні м'ясообрізу — до 15%, вареної свинячої шкурки — 5—10%, кісткового білка — до 15% [30].

Сухі сніданки з доданими м'ясними інгредієнтами відрізняються від традиційних високим вмістом білка; при використанні харчового білка з кістки загальний вміст білка в готовому продукті

збільшується майже в 4 рази. Завдяки використанню білка з кістки можна одержати продукти із збалансованим амінокислотним і мінеральним складом, приємним смаком. Поєднання високої харчової цінності та високих якісних характеристик дозволить рекомендувати такий продукт для лікувального і профілактичного харчування [32]. Введення білка з кістки знижує об'ємну масу продукту, при цьому збільшується коефіцієнт екструзії, сухі сніданки мають більш щільну та крихку структуру. Всі продукти мають добрі смакові якості [34].

Крім м'ясних продуктів, як добавку можна використовувати продукти з риби.

Досліджували зміну білків у процесі екструзії рибо-рослинних продуктів трьох видів (солоні, вітамінізовані, солоні — до пива). Показано, що загальна сума амінокислот у процесі екструзії продуктів знижується в середньому на 4—8%. При цьому зменшується кількість аспарагінової, глутамінової амінокислот і незначною мірою лізину. Масова частка білків у солоній суміші (84,43% кукурудзяної крупи, 4% рибної маси, 5% цукрової пудри та ін.) значно нижча, ніж у рибі і рибних продуктах, вміст білків в яких становить 14—15%. Це пояснюється введенням до складу суміші у великій кількості кукурудзяної крупи. Проте внесення в рецептури від 6 до 8% тонкоподрібненої рибної маси дозволяє значно підвищити кількісний та якісний склад білків екструдатів [30].

Проведені експерименти по виготовленню хрумких круп'яних паличок з додаванням сухого фаршу мінтая у кількості 10—17% до маси круп. Використовували кукурудзяну, рисову, ячмінну, крупи та тречаний проділ. Встановлено, що при додаванні до круп сухого рибного фаршу вміст білків збільшується майже в

3,5 рази, вміст мінеральних речовин в 3-рази, вміст води зменшується незначно. Органолептична оцінка хрумких рибокруп'яних паличок показала, що вони мають приємний смак, рибний запах, швидко набухають і розчиняються [35].

В останні роки спеціалістами з харчування приділяється велика увага харчовим волокнам як одному з важливих компонентів їжі. Харчові волокна містяться у всіх рослинних продуктах і є клітинними стінками рослин, які складаються з високомолекулярних вуглеводів: целюлоз, геміцелюлоз, пектинових речовин. Харчові волокна організмом людини не засвоюються, тому їх довгий час вважали баластом. Насправді, харчові волокна в організмі людини виконують життєво важливі функції; механічно стимулюють роботу кишечника, адсорбують отруйні хімічні сполуки та тяжкі метали і виводять їх з організму. Встановлено, що нестача харчових волокон у раціоні призводить до різних захворювань. Оптимальна кількість харчових волокон в добовому раціоні харчування 40—70 г.

Джерелом харчових волокон є овочі та фрукти, висівки злакових рослин. Однак споживання їжі компенсує потребу в харчових волокнах не повністю. Тому важливим є використання додаткових джерел харчових волокон. Такими є трави, водорості, деревина, що значно розширює можливість виробництва харчових волокон та їх застосування з метою лікування і профілактики. Продукти, збагачені харчовими волокнами, рекомендуються хворим на цукровий діабет. Для одержання таких волокон використовують бурякові вичавки і метилцелюлозу в кількості 1 % до маси сировини [26].

Визначали вплив екструзійної обробки на харчові волокна в продуктах із пшениці. Продукт обробляли в двошнековому екструдері за різних режимів — від м'яких до жорстких. При цьому вологість сировини становила 15—20%, частота обертання шнека — 100—200 об/хв, температура маси — 160—180° С.

Після екструзійної обробки вміст діетичного волокна в борошні з цільнозмеленого зерна пшениці дещо збільшувався, а вміст у вихідному пшеничному борошні виростав тільки після обробки за екстремальних умов. При відсутності термостійної β -амілази більш чітко виявлялося збільшення кількості харчових волокон.

У всіх зразках екструдованого пшеничного борошна спостерігався перехід нерозчинних харчових волокон у розчинні. Якщо у вихідному пшеничному борошні було 40% розчинного волокна, то в екструдованому — 50—75%.

Вивчали вплив харчових волокон на якісні показники екструдатів і структуроутворення, а також розширення уявлень про механізм дії харчових волокон на процес екструзії/Для проведення досліджень було вибрано кукурудзяне борошно з масовою часткою харчових волокон 0—15%. Як джерело харчових волокон використовували концентрат волокон, одержаний з пшеничних висівок методом кислотного гідролізу. Показано, що введення комплексу нерозчинних полісахаридів суттєво впливає на функціональні та фізичні властивості екструдатів, їх макро- і мікроструктуру. Хімічний склад майже не змінюється. Харчові волокна беруть активну участь у молекулярній конформації крохмалю, при цьому самі частково деполімеризуються. Під їх впливом, відбувається текстуризація макромолекул сировини і формується нова структура.

В Німеччині виготовляють екструдовані зернові продукти з додаванням поживних, смакових, ароматичних речовин і вітамінів. З метою підвищення засвоюваності висівок злакових культур рекомендується здійснювати екструзію суміші після подрібнення на двошнековому екструдері при 160—170° С протягом 10—30 с. В США розроблений спосіб виготовлення закусочних виробів з високим вмістом клітковини. Подрібнені оболонки і зародки кукурудзяного зерна змішують з рослинною олією, додають підсолюючі речовини (мед, мелясу та ін.), 30% йогурта і сухого молока, вносять емульгатор та горіхи, а потім суміш екструдує при 38—52° С і одержують продукт бажаної форми [6].

Розроблені рецептури і технологія виробництва з використанням одношнекового екструдера кукурудзяних паличок з добавками на основі багатокомпонентної суміші. При складанні рецептур використано 18 видів сировини. Для білкового збагачення використані суха пшенична клейковина, молочний казеїн, соєве та соняшникове борошно тощо; для вітамінного й мінерального збагачення на овочевій основі — борошно з картоплі та моркви; для вітамінного і мінерального збагачення на плодovій основі — борошно з яблук і шипшини, пектин; для дієтичного призначення—пшеничні висівки; для амінокислотного збагачення — мак, кунжут; смакові добавки — сіль, цукор, подрібнені фісташки, горіхи та ін. Розроблений асортимент продукції рекомендований, насамперед, людям з надлишковою вагою [36].

СТВОРЕННЯ НОВИХ ПРОДУКТІВ ЕКСТРУЗІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ

Застосування двошнекових екструдерів дає великі можливості в розширенні асортименту нових видів сухих сніданків з пінопо-дібною структурою. При цьому можливе використання вихідної сировини різноманітного гранулометричного складу, підтримання з високою точністю на заданому рівні ступеня спучування, щільності та інших показників якості сухих сніданків. Можливе також виробництво коекструдованих продуктів і продуктів з подвійним забарвленням. Нова серія двошнекових екструдерів з високою частотою обертання шнеків дозволяє досягати значних за величиною зусиль зсуву і тиску екструзії. Це дає можливість ще більше розширити асортимент вихідної сировини і збільшити асортимент екструдатів [6].

Фірма Wenger Manufacturing (США) розробила лінію виробництва плоских сухариків, які користуються великим попитом в європейських країнах. Фірма створила кілька варильних екструдерів нового типу з покращеними техніко-економічними характеристиками. Ці екструдери можна використовувати в лініях вишей, а також у лініях виробництва легких закусок. Екструдери можна застосовувати в комбікормовій промисловості для виробництва корму для тварин і риб, а також для теплової обробки (обсмаження), наприклад, неочищеного рису в лініях виробництва рослинної олії. Розроблена, оригінальна технологія виробництва сухариків-грінок, відомих під назвою «японських», зі специфічним «східним» смаком і незвичайної форми. Лінію виробництва сухариків-грінок складають змішувач-живильник для зернової сировини, варильний екструдер, подрібнювач продукту після екструзійного варіння, установки для сушіння та охолодження

сухариків. Продуктивність лінії від 200 до 1400 кг/год. Готові вироби мають низьку питому масу (200—250 г/л) [37].

Запропонований спосіб виробництва сухих сніданків з підвищеним вмістом баластних речовин. Змішують кукурудзяну крупу, продукт переробки пшеничних висівків та інші компоненти (сіль, цукор, сухе молоко). Як продукт переробки пшеничних висівків використовують харчові волокна, одержані через гідроліз висівків, у кількості 5—20% від маси суміші. Екструзію здійснюють при температурі суміші 160—180° С. Вологість суміші — 16%.

Патентується спосіб приготування зернових паличок з додаванням продуктів, що містять білок, жиру і емульгатора, а також смакових добавок. Суміш, яка складається з таких інгредієнтів, %: кукурудзяна крупа— 92; соєве борошно — 4,5; цукор — 3,0; ванілін — 0,5 завантажують у першу секцію екструдера, додають воду в кількості 30% на сухі речовини сировини і здійснюють екструзійну обробку суміші при 190° С і тиску 7 мПа [38].

Борошно гречки, маючи високу харчову цінність (масова частка білків 15%, жиру — 2,5—2,6%, золи — 2,61%, сирової клітковини— 1,5%), знаходить все більше застосування для приготування різних видів харчових продуктів. Фірма Марітріапі (Італія) розробила рецептури і технологію приготування сухих сніданків у вигляді пластівців з суміші 18—30% гречаного борошна та 70—52% кукурудзяного борошна з доданням 3—6% казеїнату Са, 4—7% цукру, 2—4% — солоду і 1% солі. Основні параметри екструзії: масова частка вологи суміші 27—31%, температура 140° С [39].

В США запропонований спосіб одержання екструдованого -продукту, -за яким 90—95% рису та рисового борошна змішують з 0,2—5% розпушувача" (пекарського порошку), 0,1—3,5% емульгатора (моностеарата гліцерину). Крім' того, додають воду в кількості, достатній для формування тіста, суміш екструдують при температурі нижче 104° С через отвори діаметром 1—2 мм, нарізають джгут на шматочки довжиною 2—7 мм, яким надають форми рисових зерен і висушують до вологості 8—25%. Продукт готовий до споживання після варіння в киплячій воді протягом 1— 6 хв.

В США отримували продукти із суміші насіння бавовника і соєвого борошна. Встановлено, що продукти, які містять менше 50% насіння бавовника, можуть використовуватися для дитячого харчування.

В Південно-Африканській Республіці як вихідну сировину для одержання екструдованих продуктів використовують сорго.

Цінні харчові продукти можна отримати із знежирених бобових культур. В США розроблений спосіб екструдування зварених індійських бобів. Після варіння боби розтирають, і масу пропускають через екструдер. Екструдати розрізують, підсушують до вмісту вологи 6%, використовуючи сушіння в псевдорідинному шарі при температурі повітря 120° С. Готовий продукт легко відновлюється при розмішуванні з водою кімнатної температури.

В Болгарії використання методу екструзії дозволило розробити технологію виготовлення різних продуктів дитячого харчування і макаронних виробів (більше 50 найменувань).

В Німеччині започатковано виробництво нового виду сухого сніданку з картоплі. Суміш екструдують при 70—120° С і тиску 8—13 мПа і подрібнені екструдати підсушують і обсмажують [6]. /

В США розроблені рецептура і технологія виробництва нового продукту, який виготовляють з вівса та борошна соєвих бобів з добавкою вітамінів, метіоніну та мінеральних речовин. Готові екструдати мають низьке мікробіологічне обсіменіння. Після подрібнення вони добре диспергуються у воді, утворюючи суспензію, подібну до молока. Біологічна оцінка екструдатів (за-своєваність білків, калорійність тощо) дозволяє застосовувати їх у виробництві продуктів дитячого харчування.

Японською фірмою Ajinomoto запропонований спосіб приготування нових харчових продуктів із соєвих бобів, позбавлених неприємного запаху. Соевий білок змішують з соєвим соусом і пропускають через екструдер при 80—250° С. На 100'ваг. ч. знежиреного борошна додають, мас. ч: натуральної сої — 3, води— 20, кухонної солі — 25, глютамінату Na—1,5. Обробку сировини здійснюють в екструдері при ступеню стиснення 1 : 3. Екструдат у разі необхідності досушують, подрібнюють, просіюють і упако-вують. ■ ' ;

В США застосування екструзійної техніки дозволило подолати несумісність білків кукурудзи та сої [1]. Коекструзії піддають зволожений порошкоподібний глютен (рН 7, вологість 30—35%) і гідратоване необсмажене знежирене соєве борошно. Зволожений екструдат має структуру, близьку до структури м'яса. Під час екстракції білка різними розчинниками встановлено, що внаслідок екструзії в його молекулах утворюються нові дисульфідні, зв'язки. Збільшення вмісту соєвого білка у вихідній сировині під- B411VP, хаочову цінність готового продукту.,

В Австрії для виробництва високобілкових хрумких харчо-вих продуктів замішують тісто з кукурудзяної крупи і картопляного білка у співвідношенні від 1:3 до 3:1. Суміш вологістю 10—30% пропускають через екструдер при 150—200° С. Внесення картопляного білка збільшує біологічну цінність продукту. Екструдати' легко засвоюються, що пояснюється інактивацією інгібіторів трипсину. Калорійність продуктів мінімальна при під-вищенні біологічної цінності.

В США виготовляють структуровані білкові продукти. Ціле зерно пшениці подрібнюють до розміру частинок менше 1 мкм і готують з нього тісто вологістю 15.—<30%, додаючи 0,01— 0,05% харчової кислоти. Для збагачення продукту білком використовують дріжджі. Тісто подають у I зону екструдера, де його нагрі-вають до 38—65° С за 5—40 с, потім у II зону, де протягом 1 с нагрівають до 119—188° С. Замість харчової кислоти можна ви-користовувати йогурт або молочну сироватку. Одержаний екстру- дат висушують до вологості менше 2% за 10 хв і аромати-зують [1].

Розроблений спосіб виготовлення екструдованих харчових продуктів із застосуванням модифікованого крохмалю [2]. Його готують гарячою кдейстеризацією крохмалю (вологість 30—60%) прц 70—150° С з наступною обробкою в екструдері при відносно низькому тиску. Екструдати мають оптимальну структуру і при-ємний смак.

В США запропонований спосіб отримання макаронних виробів, які швидко розварюються. У зволожене тісто додають 1 — 2% розпушувача, гідрогенізований жир і 2—20% наповнювачів, які пом'якшують структуру (тонкоподрібнену клітковину, моди-фікований крохмаль, яєчний жовток). Тісто екструдують при 115— 160e5 С, а потім висушують.

У виробництві кондитерських виробів часто використовується метод коекструзії для виготовлення багат шарових виробів або продуктів з начинкою. При цьому зовнішній і внутрішній шари випресовуються одночасно через одну матрицю. При цьому важ-ливо правильно вибрати склад начинки, яка повинна бути в'яз-кою при пресуванні і твердішати при кімнатній температурі [6].

Метод екструзії застосовують для приготування прозорої ка-рамельної маси. Для цього використовують глюкозний сироп, одержаний ферментативним гідролізом крохмалю а- або (3-аміла-зою. Глюкозний і цукровий сиропи у співвідношенні 1 :1 подають в екструдер. Масу екструдують через матрицю з діаметром отво-рів 3 мм, розливають у форми. Продуктивність екструдера 20 кг/год.

В Японії організоване виробництво печива, збагаченого біл-ком. Вихідною сировиною була суміш з пшеничного борошна — 42%, кукурудзяного крохмалю — 20%, сахарози — 20%. білкового ізоляту із соєвих бобів — 11%, казеїнату Na ^6% і солі— і%.

Втрати доступного лізину в процесі екструзії становили -0— 44%. Вони знижувались при збільшенні вологості сировини від 13 до 18%. При екструзії зменшувалась-також кількість аргініну, триптофану, амінокислот, що містять сірку.

Запропонований метод одержання крохмалю продукту, який використовується для виробництва консервованого пудингу [1]. Різні види крохмалю або їх суміші ($U = 25\text{—}50\%$) обробляють в екструдері при $4\text{—}27^\circ\text{C}$. Одержаний екструдат, в якому крохмаль клейстеризується на $40\text{—}70\%$, нарізають на невеликі шматки і висушують при температурі, нижчій від температури клейстеризації крохмалю, до вологості менше 12% .

Гідролізати сировини, що містить крохмаль, з підвищеним вмістом цукру одержують із зернової сировини, зволоженої $3\text{—}6\%$ -ним розчином H2504 до вологості $15\text{—}60\%$, шляхом екструзії при $150\text{—}240^\circ\text{C}$. Вихід цукрів при цьому $96,5\%$.

Екструзійна технологія дозволяє розширити асортимент виробів у хлібопекарському виробництві. Екструдати пшениці, жита, кукурудзи використовуються для покращення якості житнього і пшеничного тіста. Екструдат житньої крупи сприяє покращенню якісних показників хліба. Найкращі результати забезпечує екструдат кукурудзи.

В США запатентований спосіб виготовлення хлібної крихти. Всі інгредієнти та розпушувач змішують в екструдері, з водою ($20\text{—}40\%$ до маси суміші) при $93,3\text{—}140^\circ\text{C}$, тиску $17,3\text{—}45\text{ кПа}$. до клейстеризації крохмалю. Потім розрізають тісто на порції довжиною $1,27\text{—}61\text{ см}$, які обсмажують, ділять на дві частини, одну з них подрібнюють. Обидві порції з'єднують і висушують при $93\text{—}105^\circ\text{C}$ до вмісту вологи $4,7\%$ [6].

В Німеччині застосування екструзії дозволило створити новий напрямок у технології виготовлення борошняних кондитерських, хлібобулочних і комбінованих виробів тривалого зберігання на базі використання продуктів грубого помелу зерна. При цьому знижується вміст жиру в готових виробах. Так, методом екструзії отримують комбіновані борошняні вироби з начинкою з різних харчових продуктів — м'яса, риби, овочів, плодів, молочних та яєчних продуктів [1].

Спосіб приготування продуктів, які зберігають натуральний аромат і текстуру протягом тривалого часу, передбачає наступні етапи: підготовку плодоовочевої сировини до одержання маси, яка є джерелом аромату та вологи; Змішування маси з борошною основою для приготування тіста; екструдування тіста і Підсушування продукту до вмісту вологи $8\text{—}15\%$. Наприклад, апельсини очищають, миють і подрібнюють для одержання рідкої пульпи. Змішують з нею кукурудзяне та рисове борошно в такому співвідношенні, що суміш містить 37% плодової пульпи, $31,5\%$ рисового борошна і $31,5\%$ кукурудзяного борошна. Суміш екструдують. Продукт нарізають прямокутними шматочками, обсмажують в олії при 190°C протягом $15\text{—}20\text{ сек}$. Оброблений продукт з нанесеним на його поверхню солодким апельсиновим ароматизуючим «покриттям» — розсипчастий і хрумкий.

Екструзійний метод використовують для виробництва білкових продуктів, які належать до групи «штучне м'ясо», а також для виробництва різних видів м'ясних і білкових виробів. В цих випадках крохмальний компонент системи виконує роль зв'язуючого структуроутворювача, а продукти деструкції крохмалю при взаємодії з азотистими речовинами утворюють ароматичні сполуки і забарвлюючі речовини [2].

В Німеччині запатентовані склад і спосіб одержання м'ясо-рослинного продукту. Для його виготовлення $6\text{—}20\%$ білків, $5\text{—}28\%$ вуглеводів і баластних речовин, $15\text{—}42\%$ жиру змішують з $36\text{—}59\%$ води, $1\text{—}4\%$ мінеральних речовин. В даному складі білки в основному тваринного походження, вуглеводи — рослинного. Як компоненти тваринного походження використовують свинину, телятину, яловичину, м'ясо птиці та яйця; рослинного — борошно, крупу та концентрати з кукурудзи, пшениці, жита, висівки вівса або їх суміші. Зв'язуючими компонентами є крохмаль і молочний білок. Суміш екструдують при $40\text{—}180^\circ\text{C}$ протягом $10\text{—}20\text{ хв}$, протискають через сопло перерізом $2,5 \times 12\text{ мм}$, розрізають на порції довжиною 8 мм , які попадають у ванну з водою (80°C). Порції витримують при цій температурі 12 хв , потім панірують і обсмажують. Розроблена також технологія приготування сушено-смаженого продукту з м'яса коропи і рисового борошна [6]. Фарш з коропи з рисовим борошном запікають при 120°C протягом 40 хв і пропускають через екструдер

при 150°C через отвори діаметром 0,5 мм. Екструдати досушують на повітрі до 7—7,5% вологості, подрібнюють і зберігають 6 міс при 22 або 36° С.

Температура і тривалість зберігання не впливають на якість зразків. Для приготування, продукту сухий екструдат змішують з сіллю, подрібненою цибулею, зеленим перцем і водою. Порції суміші занурюють у киплячу олію і обсмажують 2 хв. при 210° С. Органолептична оцінка показала, що максимально допустимий вміст фаршу в продукті не повинен перевищувати 25%.

Японські спеціалісти запропонували метод приготування продуктів із м'яса або риби з високою в'язкістю, пружністю і водо-поглинальною здатністю [2]. Для цього кукурудзяний крохмаль з добавками ПАВ зволожують і екструдують при температурі близько 170° С. Висушений і подрібнений модифікований крохмаль додають до м'ясної маси і готують звичайним способом.

Фірмою General Foods Corp. (США) розроблений екструзійний метод виробництва текстурованих волокон на основі казеїна, яєчного білка і кукурудзяного крохмалю. За цим методом змішують казеїна Na і яєчний білок з водою, додають спирт для денатурації білків і висушують при 23° С. Після подрібнення в суху суміш вводять кукурудзяний крохмаль і змішують з водою, яка містить 1 % гідросульфата Na. Після перемішування масу обробляють в екструдері при 180° С, протискуючи її через отвори діаметром 0,6 см. Готовий продукт — білого кольору, сторонній запах відсутній.

Аналогічний метод екструзійної, обробки суміші білкових продуктів рослинного та тваринного походження з крохмалем, цукром і жиром в Японії застосовують для одержання текстурованих волокон, які за смаком нагадують м'ясні кубики.

Екструзійний спосіб, приготування суміші для борошняних фрикадельок розроблений фірмою Pfanni Werke (Німеччина) [1]. Суміш пшеничного борошна, крупки, хлібної крихти, яєць, солі і прянощів екструдують при 110—170° С і вологості вихідної сировини 15—22%. Екструдат розрізають на шматочки розміром

2—13 мм, до них додають яйця, жир, молоко і формують фрикадельки.

В США розроблений екструдований продукт — аналог креветки. Його отримують екструзійною обробкою суміші, яка містить рослинний білок і крохмаль. При цьому використовують ізолят соєвого білка, білок клейковини, яйця, молочний альбумінат, казеїнати, високоамілозний крохмаль, смакові та забарвлюючі речовини. Протягом 20 хв кутерують 900 г ізоляту, 100 г кукурудзяного крохмалю, 10 г моностеариягліцерину, 340 г води. Суміш обробляють в екструдері з трьома температурними зонами: 100° С — в зоні завантаження; 170° С — в середній зоні; 130° С — перед матрицею. Екструдат виходить з матриці у вигляді джгута діаметром 12,5 см. Протягом 60 хв екструдат витримують у ванні з 1%-ним розчином кухонної солі, після чого відпресовують надлишок вологи до вмісту близько 70% сухих речовин. Волокна змішують із зв'язуючою рідкою масою: ізолят — 17%, яєчний альбумін — 6%, сіль — 1%. Одержану суміш формують у вигляді шийки креветки і нагрівають при 100° С протягом 10 хв. Готовий продукт має консистенцію, смак і колір, подібний до м'яса креветки [6].

В країнах СНД також широко використовується екструзійна техніка в багатьох галузях промисловості для виробництва продуктів різноманітного призначення.

Вперше екструзійна обробка сировини, яка містить крохмаль, була застосована у виробництві паличок з кукурудзяної крупки. Цей спосіб обробки крохмалю і сировини, яка містить крохмаль, дозволяє інтенсифікувати існуючі технологічні процеси і розширити асортимент продуктів. Так, обробка в екструдері крохмалю чи РМЯКОВИМИ добавками і вітамінами дозволила одержати новий з метою підвищення якості і харчової цінності макаронних виробів як добавку використовують екструдований продукт з клейковини та пшеничного борошна, виготовлений при 180—200° С і тиску 5,8—8,0 МПа протягом 1—3 хв з подальшим зволоженням екструдату молочною сироваткою до 16—18%. З одержаного тіста в екструдері формуються макаронні вироби швидкого варіння

підвищеної харчової цінності. Приготування їх здійснюється змішуванням з холодною водою без нагрівання.

Розроблена технологія переробки методом екструзії черствого і деформованого хліба. Для цього черствий хліб з пшеничного борошна І сорту подрібнюють до отримання частинок розміром 1,5—2,0 мм, підсушують до вологості 13—17% і змішують з іншими компонентами та екструдують при 170° С, частоті обертання шнека 225 об/хв.

Роботами, проведеними в Українському державному університеті харчових технологій спільно з НВО по крохмалепродуктах, підтверджена можливість покращення якості хлібобулочних виробів шляхом додавання в тісто екструдованого продукту, одержаного на екструдерах з кукурудзяного зерна або крохмалу. Встановлено, що додавання замість борошна 1,5% цих продуктів дозволяє покращити пружноеластичні властивості клейковини і збільшити в'язкість тіста. Внаслідок цього збільшується об'ємний вихід формового хліба і поліпшується формостійкість подових виробів [1].

В країнах Середньої Азії розробили технологію виробництва рисових паличок, яка здійснюється за такою схемою: підготовка сировини, зволоження рисової крупи, відволоження, виготовлення паличок, сортування, внесення добавок, фасування та упакування [И]

Підготовлену рисову крупу подають у зволожуючий апарат, де в залежності від початкової вологості здійснюють зволоження з таким розрахунком, щоб вологість крупи була не більше 25%.

Для рівномірного розподілу вологи зволожену крупу піддають і відволоженню протягом 1—2 год у спеціальних бункерах. Крупу після зволоження направляють у змішувач, де додають сіль у вигляді пудри з розрахунку 1% від маси суміші. Змішування здійснюється 5—7 хв. Суміш направляють в екструдер. Перед початком виготовлення паличок екструдер протягом години прогрівають до температури 170—190° С. Температурний режим роботи екструдера становить 170±20° С. Частота обертання ножа, який відрізає палички, повинна бути відрегульована так, щоб вихід паличок довжиною 25—65 мм був не менше 85%.

Для поліпшення органолептичних показників і підвищення харчової цінності можуть додаватися різні інгредієнти (сухе молоко, цукор, сіль, рослинна олія та інші спеції). Рисові палички відповідають національним смакам населення Середньої Азії.

В СНД розроблений екструзійний метод отримання сухого напівфабрикату кулінарного соусу [1]. До складу такого продукту входять, %: пшеничне борошно — 21,0; пшеничний крохмаль — 21,0; цибуля сушена — 10,7; томатна паста (30%-на) — 20,0; жир кулінарний — 10,0; а також сухий яловичий фарш, сіль, цукор, перець, глутамінат Іа, гірчиця, лавровий лист. Порошкоподібні компоненти завантажують у змішувальну машину. Продукти перемішують протягом 3—5 хв до одержання однорідної рівномірно забарвленої маси. Кулінарний жир перед подачею в змішувач попередньо пом'якшують. Суміш зразу після обробки в змішувачі направляють в екструдер, де вона, підлягає термообробці при 115° С, і випресовують через отвори матриці. Готовий сухий продукт подрібнюють і просіюють. На вигляд — це сипкий порошок темно-червоного кольору. При змішуванні сухого порошку з гарячою водою (80° С) одержують кремоподібний соус.

В СНД з метою удосконалення асортименту і використання нетрадиційних видів сировини розроблені рецептури шоколадних виробів з круп'яними добавками [40]. Вихідною сировиною для екструзійної обробки на екструдерах КМЗ-2 і КМЗ-2М були манна, пшенична, рисова, кукурудзяна, ячмінна, перлова та інші крупи. В результаті обробки готовий продукт набуває смакових якостей, які нагадують смак горіхів. На основі екструдованої крупи розроблені та запроваджені нові сорти цукерок, драже, вафель. Висока вологоутримуюча здатність екструдованих продуктів дозволила, виробляти кондитерські вироби підвищеної вологості без погіршення їх якості.

Крім того, вказані екструдати використовуються при виготовленні фруктових начинок для карамелі і шоколаду. Застосування їх забезпечує загустіння начинок і запобігає відділенню рідкої фази.

- Розроблений процес отримання продукту типу «готовий сніданок» з наповнювачами тваринного походження, зокрема, з рибним порошком і рибним фаршем. Встановлено, що збільшення вмісту води в рецептурі призводить до зменшення температури плавлення крохмалю. При вмісті води приблизно 15% температура плавлення крохмалю стає набагато меншою від температури його розкладу, що взагалі робить можливим проведення процесу термопластичної екструзії. Вміст води в продуктах типу «готовий сніданок» при зберіганні не повинен перевищувати 5—7%, зберігати продукти треба в пакувальному матеріалі [41];

НВО по крохмалепродуктах спільно з Інститутом фізіології і біохімії сільськогосподарських тварин розробили технологію отримання амідоконцентратних добавок (АКД), для годівлі тварин та основні параметри процесу екструдувannya. Суміш 70—75%, подрібненої сировини (ячменю, пшениці, кукурудзи, сорго), 20% - 25% синтетичної гранульованої сечовини і 5% бентоніту Їа піддали екструзійній обробці при температурі 110—125° С і тиску 1 МПа. При цьому використовували екструдер марки БГ-60.

В Донецькій області на Волновському комбінаті хлібопродуктів розроблена і запроваджена у виробництво технологія екструдованого зерна кукурудзи та ячменю. Річний обсяг випуску такої продукції становить 13 тис. т, в тому числі 10 тис. т кукурудзи і 3 тис. т ячменю.

В результаті введення в рецептури екструдованого зерна зростає добовий приріст свиней, знижується падіж молодняка.

Технологічний процес виробництва екструдованої кукурудзи та ячменю включає такі основні операції: підготовка зернової сировини, обробка її в екструдерах, охолодження та подрібнення екструдатів [42].

Таким чином, аналіз літературних даних дослідження екструзії крохмаломісткої сировини і харчових сумішей на її основі показує, що екструзійний метод можна використовувати для виробництва нових продуктів з новими властивостями. Такі продукти можуть споживатись без термічної обробки, мають високі поживні властивості, добре засвоюються організмом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Новое в технике и технологии производства экструзионных крахмалопродуктов / Жушман А. И., Коптелова Е. К., Карпов В. Г.— М.: ЦНИИТЭИпищепром, 1986.— Вып. 2;— 28 с.
2. Экструзионная обработка крахмала и крахмалосодержащего сырья/ Жушман А. И., Коптелова Е. К., Карпов В. Г.— М.: ЦНИИТЭИпищепром, 1980.— Вып. 3.— 36 с.
3. Технология и физико-химические свойства экструзионных крахмалопродуктов /Карпов В. Г.— М.: АгроНИИТЭИПП, 1991.— Вып. 2.-24 с.
4. Совершенствование . технологии макаронного производства / Берзина Н. И., Юрчак В. Г., Макаренкова А. А., Ёвенко Ю. Н,— К.: Урожай, 1991,— 102 с.
5. Технология производства кондитерских изделий с использованием экстру-, знойной техники / Карпов В. Г,— М.: АгроНИИТЭИПП, 1986,—Вып. 6,— 20 с.
6. Современные достижения в технологии экструзионных крахмалопродук* .тов / Жушман А. И., Коптелова Е. К., Карпов В. Г.— М.: АгроНИИТЭИПП, 1989.— Вып. 4.-24 с.
7. Экструдерная техника ФРГ на выставке «Индродторгмаш—86»/Голт- вяница Л. Ф., Рейблат И. А., Подлетая В. П.— М.: ЦНИИТЭИпищепром, 1986.— Вып. 6.— 20 с-.
8. Двухшнековые варочные экструдеры Continua / Гайдыш Т. Л,— М.: ЦНИИТЭИпищепром, 1986.— Вып. 1,—21 с.
9. Processing Characteristics of kneading singlescrew corotating twin-screw cereal extrusion / Vessa I. A. // Cereal Foods World.— 1990.— 35, № 12.— P. 1162—1163 (англ.).
10. Лабораторный экструдер.— Пермь*, 1982.— 2 с. (Информ. листок о науч.-техн. достижениях (Пермский ЦНТИ; № 82—59).
11. Рисовые палочки для сухих завтраков / Кадыров Ф. М., ■Бабаев М. У.. Абдумаджидов Ш. Я.—Ташкент: СредаэНИПКИпищепром Госагропрома СССР, 1989,— Вып. 11.— С. 4—34.
12. Параметры обработки и структурно-механические свойства экструдатов из рисовой муки // Хейфиц И. Б., Захаренко Т. С., Платонова Е. Н., Ухарте- швили М. М. II Пищевая пром-сть.— 1991.— № 11.—с. 50—51.
13. Extrusion-cooking of Starchy products: evaluation of treatment intensity /Tharraulf J. F., Launay B. // Suppl.— 1992.— № 77.— P. 32.
14. Water adsorption on extruded cereal products Resume 9 Congr. ent. cereales et pain, Paris, 1—5 juin 1992: Resume Sess. posters / Holas Pokor- ni J. // Suppl.— 1992,— № 77,— P. 33.
15. Step, changes in screw speed affect extrusion temperature and pressure and extrudate characteristics / Onwulata C. /., Mulvaney S. J., Msich F., Hey- mann H. J. //Food Sci — 1992,—№ 2,—С. 512—515.
16. Механизм формирования структуры и свойств продуктов термопластической экструзии смесей биополимеров / Засыпкин Д. В., Юрьева В. П., Алексеев В. В. // Экоресурсосберегающие технологии переработки сельскохозяйственного сырья: Тез. докл. междунард. конф., г. Астрахань, 6—8 июля 1993.— М.: 1993,—Т. 16,—С. 86.
- 17 Modeling of the enzymatic conversion of cracked corn by twin-screw extrusion cooking / Zuilichem van D. I., Rockel van G. Stolp W., Riet Van't //J. Food Eng.— 1990.— 12, № 1.— P. 13—28.
18. Modeling blow in cylindrical extruder dies / Kumar Aswini Bhattacharya M., Padmanafhan Mahesh // J. Food Sei.— 1989.— 54, № 6.— P. 1584—1590.

19. Опыт промышленного освоения технологии экструзионных крахмалопродуктов / Жушман А. И., Карпов В. Г., Коптелева Е. К.— М.: ЦНИИТЭИпищепром, 1982.— Вып. 6.— 34 с.
20. Extrudalas hatasa a kukorica es rursfeherjeemeszthet osegere es amino- saitartaimara//Ormaine Cserhalmizsursanna Crukor Balint. Fflelmer. ip.— 1991. —45, № 5 —С. 168—172.
21. Properties of soybean-corn mixtures processed by low-cost, extrusion / (iuzman Gabriel J., Murphy Patricia A., Johnson Lawrence A. // J., Food Sei.— 1989,—54, № 6,—С. 1590—1593.
22. Определение качества экструдата / Воскоян Р. А. и др.//Фермент. и спирт, пром-сть.— 1982.— № 6.— С. 20—22.
23. Применение экструдированного сырья в пивоварении / Минова П. М. и др. // Фермент, и спирт, пром-сть.— 1984,—№ 2.— С. 5—10.
24. Сухие завтраки из зерновых продуктов / Горун Е. Г.— М., 1961,—73 с.
25. Технология пищевых концентратов / Бачурская Л. Д., Гуляев В. Н.— М.: Пищевая промышленность, 1970.— 311 с.
26. Технология крупяных концентратов / Под ред. В. Н. Гуляева.— М.: Агропромиздат, 1984.— 198 с. ■
27. Использование нетрадиционного сырья в хлебопекарной промышленности / Дробот В. И.— Киев: Урожай, 1988.— 150 с.
28. Производство высоковолокнистых низкокалорийных сухих завтраков / Винникова Л. Г., Павловская О. Е., Голтвяница Л. Ф. Ц Достижения биотех- иол. агропром. комплекса: Тезисы докл. всесоюз. конф.—Черновцы, 1991.— Т. 2.-С. 171 ,
29. Сырье хлебопекарного, кондитерского и макаронного производств / Ройтер И. М., Макаренкова А. А.— Киев: Урожай, 1988.— 202 с.
30. Применение экструзии при производстве диетических продуктов, обогащенных пищевыми волокнами / Павловская О. Е., Голтвяница Л. Ф., Винникова Л. Г. и др.-М.: АгроНИИТЭИПП. 1982,— Вып. 2,—20 с.
31. Разработка комбинированных продуктов питания, медикобиологические аспекты технологии, аппаратура, оформление, оптимизация / Платова Е. Ю., Ковальская Л. П., Хейфиц И. Б. Ц Тез. докл. 4-й всесоюзной науч.-техн. конф., .разд. 1.— Кемерово, 1991.— С. 224—228.
32. Общая технология пищевых производств / Под ред. Л. П. Ковальской.— М.: Колос, 1993. 380 с.
33. Использование молочного сырья в термопластической экструзии / Ордокова А: И., Алексеев Р. В. // Экоресурсосберегающие технологии переработки сельскохозяйственного сырья: Тез. докл. II международ. конф., г. Астрахань, 1993.-С. 120.
34. Сухие экструдированные завтраки с костным белком / Токарев Э. С., Винникова Л. Г., Тележкина Т. В. // Соверш. технол. процессов производства новых видов пищевых продуктов и добавок: Тез. докл. всесою. науч.-техн. конф.— Киев, 1991.— С. 223.
35. Расширение ассортимента хрустящих крупяных палочек / Алексеева Г. М., Дмитракова В. Т., Бойцова Т. М. и др.Ц Комплексная переработка пищ. сырья и основные направления расширения ассортимента продуктов питания: Тез. докл. международ. науч. конф., 27—30 сент. 1993,— Владивосток, 1993,— С. 26—27.

36. Экструдирание на многокомпонентны смеси /Масларска Тошка, Бал- джиев Димитор, Фердинандов Димитор й др.Ц Хранителна промышленост,— 1992, — № 1,— С. 24—25,— Болг.
37. Новые разработки экструзионной техники и технологии фирмы Wenger Manufacturing / Голтвяница JI. Ф., Кондрашкин В. Ю.— М.: ЦНИИТЭИпище- пром, 1986.— Вып. 2.-24 с.
38. Způsob výroby tucinek: Пат. 275762 Польша: МКЙ 5A23L- 1/168. Ho- las J., Poskocilova H., Zavodsky K.— № 8105—88; заявл. 8.12.88; опубл. 20.12.91.
39. Development of an extrusion cooked cornbucknheat blaked ready-to-eat cereal / Papotto G., Virtucio L., Mordandini /.//Cereal Foods World.'— 1980.— 35, № 12,—С, 1157—1159.
40. Выработка изделий с крупяными добавками / Шилов В. С. Ц Хлебопекар. и кондитер, пром-сть,— 1984,—№ 10.— С. 17—18.
41. Производство базового продукта на основе рисовой муки, крахмала и рыбного порошка путем термопластической экструзии / Цигареишвили Д. Р. П Тез. докл. 8 конф. молод. ученых и специалистов МТИПП,—М., 1991.— С. Ш—113. '
42. Производство экструдированного зерна I Пошва А. Н.Ц Научно-техн. доетиж. и передовой опыт в отрасли хлебопродуктов.— К.: Урожай, 1986.— Вып. 7.— С. 36.

Вступ ...

Екструзія як процес приготування харчових продуктів . . Використання екструзії в харчовій промисловості

Принцип дії екструдерів ■

Основні напрямки створення прогресивного обладнання для екструзії Дослідження процесу екструзії крохмалю та крохмалистої сировини Перетворення компонентів сировини при екструзійній обробці

Використання добавок, їх вплив на процес екструзії _та на якість

готових виробів

Створення і нових продуктів екструзійної технології

Список літератури .