

С. І. БУХКАЛО, В. О. ОЛЬХОВСЬКА

ЗАГАЛЬНІ МОЖЛИВОСТІ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ КОМПЛЕКСНИХ СИСТЕМ ПЕРЕРОБКИ ПЛОДООВОЧЕВОЇ СИРОВИНИ

У цій статті-огляді розглядаються сучасні методи обробки томатів різних помологічних сортів та аналізуються гібриди. Привабливий хімічний склад томатів, складається з білків, ліпідів, вуглеводів, вітамінів, макро та мікроелементів. Найрозвиненішими з точки зору технології та техніки для томатів є виготовлення томатного соку, томатної пасти, різновидів соусів та кетчупів. Дослідження біохімічного складу сирого помідора демонструє взаємозв'язок між якістю продукту технології та сортами сировини. Важливою тенденцією складної переробки сировини є використання томатних вичавок, насіння та шкірки томатів. У статті показані приклади напрямків вдосконалення технології та обладнання для переробки томатів різними способами, проаналізовані методи інтенсифікації технологічних процесів виробництва томатної пасти, а також інновацій різновидів компаній зі складною обробкою томатів.

Ключові слова: помідори, сорти, хімічний склад, комплексні системи, ефективність томатна паста.

S. I. BUKHALO, V. O. OLKHOVSKA

GENERAL POSSIBILITIES OF INCREASING ENERGY EFFICIENCY OF COMPLEX SYSTEMS

In this article the modern methods for the processing of tomato different pomological varieties and hybrids are analyzed. The attractive chemical composition of tomatoes, which are grown in the regions of the country, is composed of proteins, lipids, carbohydrates, vitamins, macro and micronutrients. The most developed, in terms of technology and techniques, procedures for tomatoes are the manufacture of tomato juice, tomato paste and ketchup. The obtained information from the biochemical composition of raw tomato showcases the relation between the quality of the tomato byproduct and the varieties of the raw materials. An important trend in complex processing of raw materials is the use of tomato pomace, seeds and tomato skin. Technological solutions are of interest for applications collected from seeds and tomato skin in bakery products, meat, creamery, fish products, canned food, food concentrates and cosmetic products. The article shows the directions for the improvement of technology and equipment for tomato processing in a variety of ways, analyzes the methods for intensification of technological processes for the manufacture of tomato paste, and foreign canning companies with the complex processing of tomatoes.

Keywords: tomatoes, varieties, chemical composition, complex systems, efficiency, tomato paste.

С. І. БУХКАЛО, В. О. ОЛЬХОВСЬКА

ЗАГАЛЬНІ МОЖЛИВОСТІ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ КОМПЛЕКСНИХ СИСТЕМ ПЕРЕРОБКИ ПЛОДООВОЧЕВОЇ СИРОВИНИ

В этой статье-обзоре представлены современные методы обработки томатов разных помологических сортов и гибриды. Привлекательный химический состав томатов, состоит из белков, липидов, углеводов, витаминов, макро- и микроэлементов. Наиболее развитыми по технологии и технологиям процедурами для томатов являются производство томатного сока, томатной пасты, разновидностей соусов и кетчупов. Полученная информация о биохимическом составе сырых томатов демонстрирует взаимосвязь между качеством побочного продукта томатов и сортами сырья. Важным направлением комплексной переработки сырья является использование томатных выжимок, семян и кожицы томатов. В статье показаны направления совершенствования технологии и оборудования для переработки томатов различными способами, проанализированы методы интенсификации технологических процессов комплексной переработкой томатов.

Ключевые слова: томаты, сорта, химический состав, комплексные системы, эффективность, томатная паста.

Вступ. Томати великотоннажний вид овочевої сировини харчової промисловості, попит на яку щорічно зростає: до їх складу входять білки, ліпіди, вуглеводи, вітаміни, макро- і мікроелементи – природні компоненти, які наприклад, в поєднанні з тваринною сировиною, входять також і до продуктів харчування для спортсменів.

Системи технології переробки томатів, в основному, сконцентровані на виробництві цільових продуктів: томатного соку, томатної пасти та порошку і різновидів соусів та кетчупів, а також важливих побічних: насіння, барвники, харчових волокон, томатного масла, білкової фракції; різновиди добавок, наприклад, для парфумерно-косметичних товарів або кормів для тварин. Суттєвим показником класифікації-ідентифікації виробництва є вибір показників сортових особливостей сировини. Слід відзначити, що важливим напрямком підвищення енергоефективності комплексної переробки томатної сировини є використання усіх різновидів відходів виробництва: вичавок, насіння і шкірки томатів.

Сукупність безлічі різномірних процесів в машинах і апаратах лінії з переробки томатів по суті

є технологічна система у вигляді технологічного потоку, що має свою просторово-часову структуру. Системоутворюючим фактором такої системи є стабільність вхідних і вихідних параметрів процесів в машинах і апаратах. При вивченні харчових виробництв доцільно не тільки усвідомити порядок розміщення обладнання в лінії, а й умови ефективного функціонування відповідного технологічного потоку.

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями. Харчова інженерія – це багатовекторна дисциплінарна область, яка об'єднує мікробіологію, фізичну і колоїдну хімію (наприклад, термодинаміка і кінетика), загальну технологію харчових виробництв та інженерію для харчової і суміжних галузей. Харчова інженерія включає, крім іншого, застосування принципів аграрної інженерії, обладнання і хімічної інженерії для харчової сировини та ін. Сучасні інженери-технологи з харчових технологій забезпечують передачу

© Бухкало С.І., Ольховська В.О., 2020

технологічних знань, необхідних для ефективного конкурентоспроможного виробництва і комерціалізації харчових продуктів і послуг.

Фізична і колоїдна хімія мають фундаментальне значення для розуміння і розробки інноваційних продуктів і операцій в харчовій промисловості. Фірми, які проектують і будують підприємства з переробки харчових продуктів, консалтингові фірми, державні установи, фармацевтичні компанії та медичні фірми, також наймають інженерів-технологів з виробництва харчових продуктів: лікарські/харчові продукти; проектування та встановлення виробничих процесів в харчовій/біологічній/фармацевтичній промисловості; проектування і експлуатація екологічно безпечних систем поводження з відходами та ін.

У гетерогенній системі технологічних виробництв харчової та хімічної інженерії з'єднуються безліч підсистем різної природи, які створюють інженери різних спеціальностей. Комплексна системна інженерія націлена на цілісне і узгоджене розуміння потреб зацікавлених сторін різновидів виробництва: дослідження процесів ідентифікації-класифікації та можливостей різновидів об'єктів; документування вимог у вигляді нормативно-технічної документації (НТД); синтез ієрархії отриманих можливостей, верифікацію – статистична практика перевірки процесів, валідацію – динамічний механізм перевірки і тестування продукту, розвиток рішень при розгляді завдання у всій повноті, від дослідження задуму системи до її ліквідації.

Комплексна системна інженерія (КСІ) – міждисциплінарний підхід, який визначає повний набір технічних і управлінських зусиль, що потрібні для перетворення сукупності потреб і очікувань замовника і наявних обмежень в ефективні рішення і підтримка цих рішень протягом їх життєвого циклу. КСІ допомагає розробникам різновидів технологічних систем у виділенні точок зору, які слід використовувати системному інженерові, коли він пропонує процеси та технології для здійснення цієї діяльності. У складі КСІ виділяють дві складових: спеціальне керівництво (Technical leadership) сконцентроване на протязі повного життєвого циклу (ЖЦ) системи на продуктивних технічних проектних рішеннях і технічної цілісності – діяльність, спрямована на отримання нових можливостей і систем на основі гармонійного поєднання технічних знань в певних областях, інженерного інстинкту, вміння вирішувати завдання, креативності і до обміну знаннями та думками. управління системними рішеннями (Systems management) зосереджене на вирішенні проблем, використання безлічі різних технологій, залучення декількох підприємств в комплексну технічну діяльність: це добре формалізована діяльність, спрямована на вироблення і систематизацію знань, необхідних для ефективного управління розвитком і функціонуванням складних систем. Але, наприклад, КСІ не завжди визначає як

знімати протиріччя взаємозв'язків окремих технологій без урахування особливостей всієї системи в цілому при вирішенні різновидів проблем за стадіями процесів, вибором інноваційного обладнання, контролем якості сировини, напівфабрикатів і продуктів, та ін.

У комплексних харчових технологіях можна виділити більшу кількість типових процесів обробки середовищ: з'єднання без збереження поверхні розділу (змішування середовищ); з'єднання зі збереженням поверхні розділу (утворення шару); поділ на фракції; подрібнення; складний процес перетворення (комплекс фізичних, хімічних і мікробіологічних процесів); дозування; формоутворення; орієнтування (зокрема, предметів); підтримка сталих теплових режимів (підтримання постійної температури); нагрівання; охолодження; зміна агрегатного стану; зберігання, а також це процеси переробки різновидів відходів усіх стадій технологічного процесу з метою підвищення ефективності ресурсо- та енергозбереження системи.

Об'єднання як мінімум двох технологічних операцій забезпечує утворення технологічної підсистеми, що відповідає певному комплексу технологічного обладнання (агрегату, установки) або набору обладнання в межах виробничої дільниці. Технологічна система об'єднавши кілька підсистем, що реалізують всі стадії переробки сировини, різновидів відходів систем виробництва, а також випуску готової продукції, можна сформувану технологічну систему в цілому, яка відповідає всій сукупності обладнання, що входить до складу технологічної лінії. Лінії вторинної переробки сировини, як правило, універсальні і після відповідної перенастроювання на них можна виготовляти широкий асортимент виробів, що розрізняються між собою за складом і формою. Продукція, що випускається на лініях вторинної переробки сировини, в основному має обладнання для виконання заключних операцій дозування і упаковки рідких, сипучих, пастоподібних або штучних продуктів; окремі виробництва різновидів кормів для худоби.

Комплекси системи переробки плодоовочевої сировини мають складові:

- 1) ієрархія процесів утворення проміжних напівфабрикатів з вихідної сировини;
- 2) ієрархія процесів утворення остаточного напівфабрикату з проміжних напівфабрикатів;
- 3) ієрархія процесів виготовлення готової продукції з остаточного напівфабрикату.

Таке групування ієрархія процесів лінії з відмінностями та особливостями функціональних завдань систем технології відповідає цілям і задачам для складу операцій відповідної групи. При функціонуванні частини комплексу з необхідними є нормативні значення споживчих властивостей готової продукції, яку отримують в результаті перетворення остаточного напівфабрикату, що має певні технологічні властивості. Відмітна особливість

остаточного напівфабрикату – його склад і будова відповідають тільки одному конкретному найменуванню готової продукції (табл. 1, 2). Тому кожному комплексу 3 у складі лінії повинен

передувати комплекс 2, що забезпечує отримання остаточного напівфабрикату з проміжних напівфабрикатів).

Таблиця 1. Деякі органолептичні властивості томатних продуктів

Показник	Характеристика показника для різновидів томат-продуктів без визначення категорії		
	Томатна паста	Томатне пюре	Томатний сік
Зовнішній вигляд і консистенція	Однорідний гомогенний продукт зі зваженими тонко здрібненими частинками плодової м'якоти, без темних включень, залишків шкірки, насіння і інших грубих частинок плодів.	Однорідна концентрована маса від напіврідкої до більш густої консистенції, без темних включень, грубих частинок плодів. Допускаються поодинокі включення насіння і частинок шкірки.	Однорідний гомогенний продукт зі зваженими тонко здрібненими частинками плодової м'якоти, без темних включень. Допускаються поодинокі включення дробленого насіння і шкірки.
Колір	Червоний, помаранчево-червоний або малиново-червоний, рівномірний у масі. Допускаються буруватий або коричнюватий відтінки.	Червоний різних відтінків, характерний для соку з зрілих томатів, яскраво виражений	Червоний різних відтінків, характерний для соку з зрілих томатів, яскраво виражений
Смак і запах	Властиві зрілим томатам, які пройшли термічну обробку, без гіркоти та інших сторонніх присмаків і запаху	Властиві зрілим томатам, які пройшли термічну обробку, менш виражені, без гіркоти та сторонніх присмаків і запаху	Властиві зрілим томатам, які пройшли термічну обробку, менш виражені, без гіркоти та сторонніх присмаків і запаху

Таблиця 2. Харчова та енергетична цінність 100 г концентрованих томатних продуктів

Продукт	Вуглеводи, г	Вітаміни, мг				Енергетична цінність, ккал
		β-каротин	В1	РР	С	
Томатне пюре, %	12	7,1	–	–	–	37
	15	8,9	–	–	–	46
	20	11,8	1,8	0,05	0,6	65
Томатна паста, %	25	15,8	–	–	–	79
	30	19,0	2,0	0,15	1,9	99
	35	22,2	–	–	–	111
	40	25,3	–	–	–	127
Томатна паста солена, %	27	17,1	–	–	–	88
	32	20,3	–	–	–	102
	37	23,4	–	–	–	117
Концентрований томатний сік	26,4	–	–	–	–	106

Комплекс 2 – найбільш відповідальна (центральна) підсистема будь-якої технологічної лінії. При всьому різноманітті властивостей проміжних напівфабрикатів за допомогою систем технології і обладнання комплексу 2 повинен утворитися остаточний напівфабрикат, будова і склад якого не підлягають в подальшому перегляду або коригуванню. Якщо показники властивостей остаточного напівфабрикату змінюються в межах більш допустимих, то отримують або дефектну продукцію, або продукцію іншого найменування. В обох випадках мета функціонування лінії не буде досягнута. Комплекс 1 призначений для підготовки вихідної сировини до переробки, а також для такого перетворення споживчих властивостей сировини, щоб забезпечити ефективно вилучення корисних речовин і оптимальні умови для отримання необхідного складу і будови проміжних напівфабрикатів. Важливе завдання функціонування лінії первинної переробки сировини – раціональне використання всіх корисних речовин, що містяться в ній, а не тільки тих з них, які передбачені рецептурою на основну продукцію. Системи технології та устаткування лінії повинні бути такими, щоб можна було здійснювати безвідхідну

технологію, при якій відходи виробництва, що містять корисні речовини, піддавалися додатковій обробці з метою збереження їх корисних властивостей, забезпечення можливості транспортування і використання.

Аналіз літературних даних і постановка проблеми. Дослідники з різних країн світу займаються вивченням хімічного складу плодів і овочів і їх корисних властивостей. Наприклад, встановлено, що виникнення і розвиток запальних захворювань супроводжуються активацією створення вільних радикалів і реакцій перекисного окислення ліпідів, денатурації білків і нуклеїнових кислот. Вільні радикали, як відомо [1] – це молекули або частинки, що володіють неспареними електронами. Утворені в клітинах людини такі радикали можуть ініціювати вторинні вільно-радикальні реакції, вступаючи у взаємодію з різними клітинними компонентами: білками, нуклеїновими кислотами і ліпідами. В результаті цих реакцій відбувається деградація молекул-мішеней з утворенням більш-менш стабільних продуктів реакцій, спостерігається інактивація системи антиоксидантного захисту.

Найбільш важливими і поширеними джерелами натуральних або, так званих, природних

антиоксидантів є овочі, фрукти і ягоди. Серед овочів найбільш важливе місце займають томати як за своїми значним обсягам споживання, так і в зв'язку з їх багатим вмістом корисних для здоров'я людини речовин. За думкою авторів визначено, що основним біологічно активним компонентом, відповідальним за цей ефект, є жиророзчинний каротиноїд лікопен, що володіє вираженими антиоксидантними властивостями [2].

Авторами встановлено, що антиоксидантні і потенційно антиканцерогенні властивості томат-продуктів безпосередньо не корелюють з вмістом лікопену і для адекватної профілактики онкологічної

патології слід споживати якомога ширший асортимент томат-продуктів, до складу яких входять різні типи антиоксидантів [3]. В процесі досліджень виявлено різницю в хімічному складі і антиоксидантної активності томатів різних сортів які зростають в різній місцевості: хімічний склад сировини та її технологічні властивості значно різняться в залежності від сорту, умов і місцевості зростання (табл. 3): порівняльний аналіз зміни фізико-хімічних показників овочів, зокрема томатів (таблиця 3, сорти помідорів за №: 1 – Ричанській; 2 – Старроуз F1; 3 – Сяюча куля; 4 – Чорний принц).

Таблиця 3. Антиоксидантні показники деяких сортів томатів, [4]

№	Загальний вміст флавоноїдів, мг катехіну/100 г сировини	Вміст β -каротину, мг/100 г сировини	Антирадикальна активність, метод DPPH, E_{c50} , мг/мл	АО, % інгібування окиснення лінолевої кислоти
1	$12 \pm 0,25$	$0,17 \pm 0,01$	$660 \pm 4,6$	$4,17 \pm 0,2$
2	$12 \pm 0,25$	$0,11 \pm 0,01$	$950 \pm 6,6$	$6,25 \pm 0,3$
3	$12 \pm 0,25$	$0,12 \pm 0,01$	$75 \pm 0,5$	$26,4 \pm 1,3$
4	$13 \pm 0,27$	$0,15 \pm 0,01$	$105 \pm 0,7$	$15,3 \pm 0,7$

У роботах [5] показано вплив ступеня дозрівання на властивості томатів: синім кольором виділена антирадикальна активність, зеленим – антиоксидантна активність і червоним – вміст каротиноїдів (рис. 1: ступінь визрівання 1 – молочна, 2 – жовта, 3 – перезрілий, 4 – дозрілий у приміщенні).

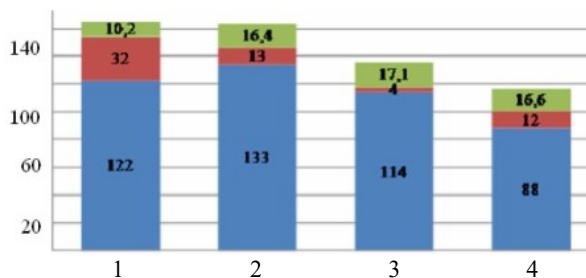


Рис. 1 – Вплив стадії визрівання томатів на їх властивості

Важливим взаємозв'язаним фактором поряд з термінами дозрівання, антиоксидантними та антирадикальними властивостями сировини для комплексної технології на стадії стерилізації консервованої продукції, наприклад, томатної пасту є виявлення можливостей забезпечення якості продукції. Наприклад, необхідно виявити можливі режими її зберігання, тобто, визначення кінетичних закономірностей механізмів окислення отриманого продукту з урахуванням температуро-часових характеристик стерилізації, що і є метою комплексних досліджень представлених систем. Аналізуючи наведені дані, можна відзначити, що антирадикальна і антиоксидантна активності овочів прямим чином залежать як від вмісту фенольних речовин і флавоноїдів, так і від вмісту каротину.

Аналіз можливостей розробки ефективної системи виробництва. Число систем у складі лінії і конкретні завдання їх функціонування залежать від способу перетворення вихідної сировини і виду продукції, що випускається. Концентровані томатні

продукти – томатне пюре (12–20 %) і томатну пасту (30–40 % сухих речовин) отримують шляхом уварювання протертої томатної маси за функціональною схемою (рис. 2).

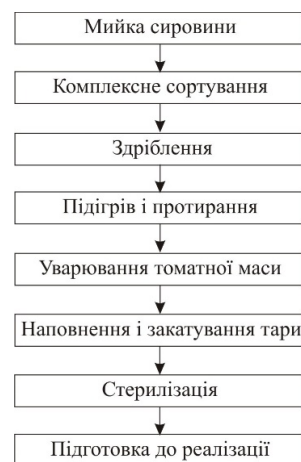


Рис. 2 – Функціональна схема виробництва томатних напівфабрикатів

До складу потужного консервного виробництва входять цехи основного, допоміжного та підсобного виробництва. Кожна технологічна лінія має технологічні відділення: підготовка сировини до перероблення; теплова обробка отриманого продукту; розфасування у тару і її наступна стерилізація; пакування і зберігання до реалізації. При уварюванні томатна маса з концентрацією сухих речовин близько 5 % у сировині, концентрується при отриманні томатної пасту у шість разів.

А) Системи технології виробництва різновидів томат-продуктів можна визначити за спрощеною функціональною схемою різновидів продукції:

1. Загальна класифікація-ідентифікація виробництва, асортимент галузі та продукції.

1.1. Особливості властивостей сировини виробництва – агротехнічні системи, наукове обґрунтування вибору критеріїв насіннєвої ієрархії різновидів томатів.

1.2. Особливості властивостей продукції виробництва з урахуванням виробничих потужностей.

1.3. Оцінювання можливостей виробництва відповідно НТД – контроль властивостей основної та допоміжної сировини, напівфабрикатів на усіх стадіях, різновидів продукції.

1.4. Класифікація-ідентифікація та загальні показники різновидів сировини та основної продукції.

2. Ієрархія технологічних операцій виробництва.

2.1. Порівняльна характеристика функціональної схеми виробництва різновидів продукції.

2.2. Основні показники підготовки сировини до виробництва.

2.3. Ієрархія технології підготовчих операцій

2.3.1. Аналіз особливостей та цілі підготовки сировини: ієрархія мийних систем інженерії.

2.3.2. Аналіз особливостей логістичних систем: ієрархія систем інженерії транспортування.

2.3.3. Аналіз особливостей здрібнення сировини: ієрархія систем інспектування та здрібнення.

2.3.4. Аналіз особливостей протирання сировини: ієрархія систем інженерії.

2.4. Системи класифікації-ідентифікації технології основних операцій.

2.4.1. Аналіз особливостей та ієрархія процесів випаровування томатної маси.

2.4.2. Розрахунки та аналіз особливостей випарного процесу у сучасних випарних апаратах.

2.4.3. Аналіз особливостей ієрархії асептичного консервування пастоподібних продуктів.

2.4.4. Аналіз особливостей вибору оптимальних режимів стерилізації з урахуванням можливостей протікання хімічних змін у процесі – ієрархія кінетичних процесів.

2.4.5. Постадійний технохімічний і бактеріологічний контроль процесів переробки сировини у продукт відповідно до НТД.

2.5. Системи технології заключних операцій.

2.5.1. Фасування продукції у споживчій тарі – ієрархія процесів стерилізації.

2.5.2. Контроль пригнічення та знищення дії мікроорганізмів – виявлення бомбажних банок.

2.5.3. Контроль режимів та процесів зберігання – контроль і етикетування банок з продукцією.

3. Можливості підвищення ефективності процесів ресурсо- та енергозбереження.

3.1. Технологічні операції виготовлення цільових продуктів – ієрархія-класифікація;

3.2. Технологічні особливості виготовлення цільових продуктів – ієрархія-класифікація.

4. Ідентифікація-класифікація обладнання для виробництва різновидів продукції за потребою.

4.1. Особливості технологічних операцій виготовлення цільових продуктів.

4.2. Різновиди технологічних операцій: характеристика технологічних процесів та їх можливостей за якістю продукції.

5. Промислові способи виробництва різновидів продукції – переваги і недоліки.

5.1. Ієрархія систем визначення технологічних параметрів процесів.

5.2. Аналіз особливостей технологічних параметрів процесів.

6. Характеристика можливих дефектів продукції та причини їх виникнення.

6.1. Аналіз дефектів продукції та способи удосконалення технології продукції.

Б) Приклади виконання деяких пунктів функціональної схеми.

1.1. Агротехнічні системи можна представити як: виявлення кращих сортів і гібридів сільськогосподарських видів за технологією виробництва, продуктивністю та якістю сировини, стійкістю проти шкідливих організмів і стресових явищ у різних ґрунтово-кліматичних зонах вирощування та рекомендації щодо впровадження їх у виробництво. Якість сировини – різновидів плодів томатів визначається вмістом в них сухих речовини, сахарів, вітамінів і мінеральних солей, що безпосередньо залежить від інтенсивності і тривалості сонячного освітлення під час вегетації, а оптимальну температуру для росту і розвитку рослин – 22–25 °С. При цьому вони досить вимогливі до вологісного режиму. Системи вирощування та агротехніки з технології томатів у якості приклада сільськогосподарської культури, необхідно розглядати з метою організації комплексного підприємства з виробництва плодоовочевих різновидів продукції. Вибір сільськогосподарських культур повинен враховувати види та генотипи, здатні забезпечити конкретні типології продукції, беручи до уваги ринкові та економічні умови, особливості та вимоги сільськогосподарських культур, сумісність між урожаєм та мікрокліматом, а також особливості ґрунту та ґрунтові хвороби. Для виробництва згущеної томатної пасти, важливими при підготовці сировинної бази є такі показники якості томатів, наприклад:

1.1.1. Високий вміст сухих речовин, що означає більш низький вміст води в плодах і, відповідно, менші витрати на видалення води в процесі концентрації;

1.1.2. Високий вміст сахарів у сировині та напівфабрикатах;

1.1.3. Зберігання кольору соку до і після процесу концентрації;

1.1.4. Високий вміст лікопіну;

1.1.5. В'язкість (залежить від вмісту нерозчинних сухих речовин, що становить близько

50% від загальних сухих речовин);

1.1.6. Показник кислотності (рН);

1.1.7. Відсутність ознак мікробіологічного зараження плодів.

Залежно від технологічних властивостей, структури тканини, хімічного складу застосовуються різні технологічні схеми виробництва томат-продуктів. Для виготовлення томатного соку використовували свіжі зрілі плоди з додаванням кухонної солі або без неї. Основною цінністю томатного соку вважається наявність в ньому вітаміну С і каротиноїдів. Кращим способом підвищити вміст каротиноїдів в томатному соку є отримання його не пресуванням, а екстракцією. Якісний томатний сік містить не менше 4,5% сухих речовин.

1.2. Концентровані томатні продукти представлені у вигляді: томатне пюре; томатна паста; томатний сік. Залежно від показників якості концентровані томатні продукти виготовляють категорії «Екстра» (зі свіжої сировини) або без позначення категорії. Залежно від в'язкості кінцевого продукту томатну пасту зі свіжих томатів виготовляють за такими технологіями: «Hot Break» – процес виробництва, при якому проводять підігрів подрібненої томатної маси перед протиранням при температурі від 85 до 100 °С або «Cold Break» – процес виготовлення томатної пасту, при якому проводять підігрів здрібної томатної маси перед протиранням при температурі від 55 до 84 °С.

Доставлені на завод свіжі томати розвантажують в прийомні бункери, виготовлені з відповідного за вимогами НТД матеріалу. У бункери постійно надходить вода, її кількість в 3-5 разів перевищує кількість томатів, що надходять. Наприклад, якщо за годину приймається 10 т продукції, то витрата води буде як мінімум 30 м³ за годину. Поток води томати переміщуються до роликового елеватору, а звідти вони переходять на сортувальні столи. Як правило, класичним поєднанням сировини і виробленої томат-пасту є співвідношення 5,8 до 1, тобто з 5,8 т помідорів на виході отримують 1 т продукції.

1.3. З метою транспортування сировини без псування, розвантаження відбувається поступово, і коли вантажівка з томатами підносять над бункерами, оператор спеціальним шлангом з великою кількістю води полегшує їх розвантаження і вони проходять під напором через отвір розміром 50x50 см. Перед тим, як відправиться на сортувальний стіл, томати промиваються чистою питною водою, видаляють зіпсовані і зелені плоди на конвеєр для зіпсованих продукції. Схема прийому і сортування томатів машинного збирання має складний комплекс технологічних операцій (рис. 3): 1 – приймальна площадка для розвантаження контейнерів з томатами; 2 – гідромонітор; 3 – гідрожолоба першого контуру; 4 – ємність для очищення води; 5 – гідрожолоба другого контуру; 6 – елеватор; 7 – відцентровий насос для води; 8 –

флотацийні гідрожолоба третього контуру; 9 – фотоелектронний сортувальник томатів; 10 – гідрожолоба четвертого контуру; 11, 12, 13 – конвеєри для досортування і інспекції червоних, зелених і бурих томатів; 14 – генератор двоокису хлору; 15, 16 – резервуари для води; 17 – шнековий транспортер для відходів [6, 7, 11].

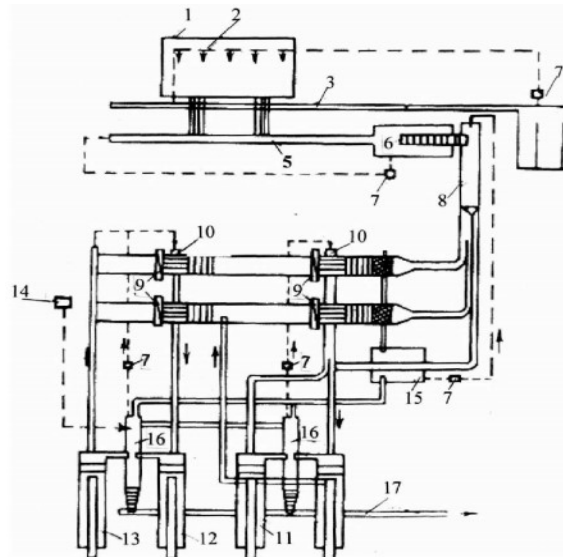


Рис. 3 – Схема прийому томатів машинного збирання

Особливість технології переробки томатів машинного збирання полягає в заміні традиційних мийних машин на гідрожолоба для мийки томатів з автоматичними фотоелектронними сортувальниками томатів за кольором.

1.4. Для виготовлення томатної пасту використовують крупні зрілі томати масою 70 – 100 г з невеликою кількістю шкірочки і насіння бажано шароподібної форми. До складу зрілих томатів входить яблучна і лимонна кислоти (0,4 %), вітаміни А, В₁, В₂, С і ін., рН томатів 3,7–4,5, сухих речовин 4–9 %, з них сахарів від 2 до 5 %, а також важлива сировина для різновидів галузей промисловості – лікопін. Отриманий природний лікопін може бути використаний у вигляді порошкоподібних концентратів для збагачення харчових продуктів як масового, так і профілактичного призначення: безалкогольних напоїв і коктейлів, молочних і кисломолочних продуктів, сирних мас, фруктових і овочевих консервів, хлібобулочних та кондитерських виробів. Вміст лікопіну в томатах і різновидах продуктів їх переробки, [3, 5], наведено в таблиці 4:

Таблиця 4. Вміст лікопіну в сировині і продуктах

Томат-продукт	Вміст лікопіну, %
Свіжі томати	8,9±0,3
Томатний соус	17,0±0,2
Томатна паста	56,0±0,4
Томатний сік	9,3±0,5
Томатний порошок	10,8±0,2
Томатний жмих	19,9±0,1

Процес вилучення лікопіну з каротинутримуючої сировини можна інтенсифікувати шляхом ферментативної обробки гідролітичними ферментами, що дозволяють послабити зв'язку каротиноїдів з компонентами сировини. Підбір ферментних препаратів здійснюють, виходячи зі складу полісахаридного комплексу клітинних стінок сировини. Основні показники підготовки сировини до виробництва. З плодів томатів для аналізу відбирають пробу у кількості 10 – 15 кг для проведення аналізу сировини.

2.1. Порівняльна характеристика функціональної схеми виробництва різновидів продукції. Виготовлення томатної пасти вимагає набору певного обладнання, а також різних допоміжних пристроїв, наприклад: гомогенізатор вакуумного типу з паровим і електричним нагрівом; різновиди машин для подрібнення і термічної обробки сировини – в залежності її об'єму одночасно завантаження на обробку відповідно до продуктивності лінії переробки; вакуумно-випарна машина і ін. Функціональну схему лінії виробництва томатного соку за спрощеним варіантом можна розділити на наступні стадії: ієрархія процесів очищення, миття і сортування сировини; процеси дроблення (подрібнення) томатів; ієрархія процесів нагрівання і екстракція томатної маси; ієрархія процесів центрифугування і протирання томат-продуктів; ієрархія процесів фасування, стерилізація (пастеризація) соку. Процеси уварювання томатної маси – основної операції виробництва томатної пасти у виробництві томатного соку відсутні відповідно з вимогами НТД.

2.2. Основні показники підготовки сировини до виробництва. Як правило, плоди промивають і сортують, після чого вони проходять попередню обробку - їх подрібнюють, очищають і ріжуть на частини необхідного розміру. Залежно від подальших вимог, підготовлені плоди піддаються нагріванню та бланшуванню, рафінації, очищення, відновлення, випарювання, пастеризації і консервації. Сепарація є ключовим етапом в процесі відновлення. Видалення цвілі, відділення м'якоті і освітлення соку дозволяє виробнику контролювати колір, склад і в'язкість продукту. Все це - ключові параметри, що визначають якість і, в кінцевому підсумку, впливають на подальшу цінність продукту.

2.3. Ієрархія технології підготовчих операцій. Томати придатні для переробки, подрібнюються, наприклад, дробаркою молоткастого типу, за допомогою мононасоса, щоб отримати м'яку масу (волокна, шкірка насіння і сік) або у декантерній центрифугі. Саме ця маса обробляється за допомогою технології Cold Break або Hot Break. Температура контролюється на спеціальній головній панелі.

Переваги декантерної центрифуги Foodec виробництва компанії Альфа Лаваль (рис. 4) для переробки томатів: зростання продуктивності на 25% без додаткових витрат; високі гігієнічні стандарти, що означає більш високу цінність кінцевого продукту; більш низьке споживання енергії, що

означає зниження виробничих витрат; значно кращий контроль над в'язкістю м'якоті.



Рис. 4 – Декантерні центрифуги Foodec

Підігріта томатна маса наносом подається в сокової екстрактор, що складається з двох машин: протиральна машина; машина для рафінування (два різних за розміром сита). У першому випадку маса протирається до отримання частинок розміром до 1 мм, а рафінування розбиває їх на більш дрібні шматочки. В результаті виходить рафінований сік для подальшої концентрації. Відходи видаляються: описані способи переробки насіння томатів і томатних вичавок для отримання масляних екстрактів і білкового збагачувача. На середнє значення виробництва соків впливають такі чинники: температура маси (чим вище температура, тим ефективніше результат); сорт томатів; швидкість обертів; форма ротора.

2.4. Системи класифікації-ідентифікації деяких можливостей технології основних операцій. Контроль в'язкості є надзвичайно важливим фактором при виробництві томатної пасти. Цей показник має прямий вплив на якість одержуваного продукту. М'якоть повинна мати певний рівень в'язкості для запобігання розшарування при розфасовці кінцевого продукту. Томатна маса, що пройшла обробку містить 38-45% м'якоті. Завдання полягає в тому, щоб виробляти пасту з максимально високим рівнем м'якоті при збереженні можливості ефективного її перекачування в випарювач – тобто можливо знизити витрати на випарювання.

Чистий сік, який надходить з декантерної центрифуги, може використовуватися для регулювання кольору і в'язкості пасти до тих пір, поки вона не придбає бажані характеристики. Він також може використовуватися в інших подібних виробничих процесах – при виготовленні очищених і різаних томатів. Таким чином, ви завжди впевнені в тому, що кількість виробничих відходів зведено до мінімуму і є можливість розширити продуктову лінійку – кожна партія томатів має свої унікальні характеристики.

2.5. Можливості підвищення ефективності процесів ресурсо- та енергозбереження. Процеси перетворення різновидів сировини тваринного і рослинного походження в продукти харчування складні і багатостадійні, вони вимагають знань, заснованих на законах фізики і хімії, механіки та

теплофізики, мікробіології та біохімії з метою формування у студентів комплексних уявлень про теоретичні та загальні основи технологічних процесів виробництва (рис. 5: 1, 2 – свіжі томати на мийку; 3 – сортування; 4 – здрібнення; 5 – нагрівання; 6 – рафінація; 7 – очистка; 8 – контроль вмісту плісняви у відходах та екстракція соку; 9 – декантерна центрифуга (згущення); 10 – густий сок; 11 – випарювання; 12 – чистий сік з нульовим вмістом плісняви; 13 – подальша переробка з очищеними підготовленими томатами; 14 – груба м'якоть; 15 – турбопрес; 16 – декантерна центрифуга (очистка); 17 – сухий кек; 18 – випарювання; 19 – пастеризація і асептичне охолодження; 20 – розлив в асептичну тару або ємності).

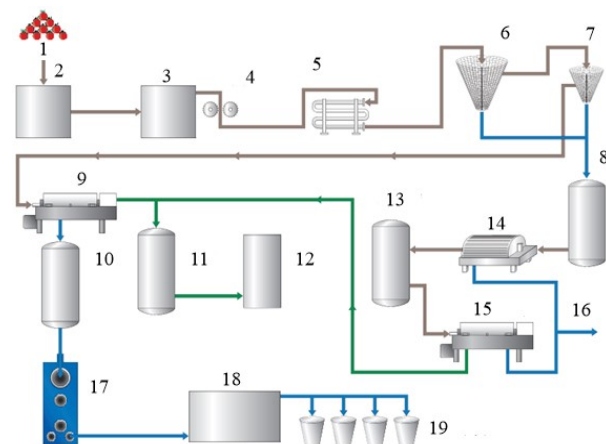


Рис. 5 – Приклад ресурсо- та енергозберігаючої схеми

Ці характеристики можуть бути представлені за спрощеною класифікацією-ідентифікацією процесів та технологій:

1) визначення основних складових сировини, напівфабрикатів та продуктів, різновиди їх властивостей, призначення в технологічному процесі і харчуванні;

2) ієрархія складових та теоретичні основи ідентифікації-класифікації різновидів сировини з урахуванням її біологічної цінності та умов виробництва;

3) фізико-хімічні, біохімічні та мікробіологічні процеси, що протікають в харчових продуктах при їх зберіганні та обробці на різних стадіях технологічних процесів.

3. Здрібнену томатну масу за допомогою насоса направляють до теплообмінника де підігрівають до температури 75 °С для полегшення відділення м'якоті і зниження втрат при протиранні. Під дією температури щільна рослинна тканина з укріпленою клітинною структурою протопектином, набуває підвищеної клітинної проникності, втрачається її тургор і тканина розм'якшуються. При цьому також проходить гідроліз протопектину, він переходить у розчинну форму, міжклітинні речовини розчиняються, це сприяє більш повному відділення м'якоті від шкірочки і кількість відходів знижується до 4 %. Підігрів має і інші позитивні технологічні

переваги з метою підвищення ефективності комплексної системи у цілому:

- накопичення у здрібненій масі розчинного пектину сприяє утворенню однорідної консистенції, тобто запобігає розшаруванню на сік і м'якоть;
- видаляється повітря з томатної маси, що сприяє кращому зберіганню вітамінів;
- до випарних апаратів подається підігріта маса, що полегшує початок випарювання.

Протирання проводять на двох- або трьох послідовно встановлених протиральних машинах, діаметр отворів на ситах машин зменшується: 1 – 1,2 мм; 2 – 0,7 мм; 3 – 0,5 мм. Відходи від протирання можна використовувати у сільському господарстві для технічних і харчових цілей.

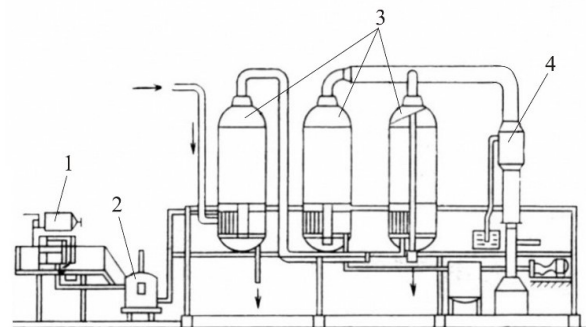


Рис. 6 – Технологічна схема виробництва томатних напівфабрикатів: 1 – протиральна машина; 2 – збірник; 3 – випарна станція; 4 – напівбарометричний конденсатор

Випарювання (уварювання) води з томатної маси – основний технологічний процес лінії виробництва томатної пасти (рис. 6), основним апаратом якої є вакуум-випарна установка. Уварювання томатної маси у 1 корпусі випарної установки проводять при температурі 75 – 80 °С, у 2 і 3 корпусах – при температурі 40 °С; остаточний тиск відповідно складає: 1 – 40 – 50 кПа, 2 і 3 – 8 – 10 кПа. При цьому з 95 % вологи томатів, близько 83 % випаровується: у 1 корпусі – близько 50 %, у 2 корпусі – 16 – 18 %, у корпусі 3 – 8 %.

4. Томатна маса для уварювання має у своєму складі клітковину і для інтенсифікації теплообміну з метою підвищення вмісту сухих речовин у продукті до 40 – 45 %, необхідні особливі заходи, наприклад застосування обертової поверхні підігріву. Розрахунок кількості вологи випарювання при цьому можна провести за формулою: $G=G_0(1-a/b)$, де G – маса випареної вологи, кг; G_0 – маса напівфабрикату для уварювання; a – кількість сухих речовин напівфабрикату перед уварюванням; b – кількість сухих речовин напівфабрикату у кінці уварювання.

Умови проведення випарного процесу у вакуум-апаратах – зниження кількості повітря і температури кипіння – дозволяють отримувати продукт високої якості – зберігання вітамінів і інших цінних складових речовин сировини, а також барвників. Томатна паста має яскраво-червоний колір і високий вміст аскорбінової кислоти. При випарюванні

контролюють температуру процесу, тиск гриючої пари, залишковий тиск або розріджування, тривалість уварювання, дотримання вимогам рецептур, концентрацію сухих речовин і інші параметри.

5. В технології асептичного консервування пастоподібних продуктів є особливі відмінності в структуризації підприємства. Готову пасту підігрівають до температури 85–95 °С, фасують у підготовлену дрібну або крупну консервну тару, вакуумують, закатують і передають на стерилізацію при температурі 100 °С. Підготовка тари полягає в митті склотари на спеціальних банкомийних машинах, перевірки бляшаної тари на герметичність, видалення відбракованої тари і ін. Для розфасування застосовують різні автоматичні наповнювачі, наприклад, стерилізовані банки подають до продуктової станції шнеком зі змінним кроком і наповнюють томатною пастою дозувальними стаканами.

6. З метою вибору оптимальних режимів стерилізації і оцінки якості томатної пасту рядом авторів досліджувалися хімічні зміни у процесі за допомогою вивчення кінетичних параметрів. При виробництві томатної пасту можливе протікання реакції Майєра – взаємодія сахарів і амінокислот, що призводить до утворення різних продуктів, зокрема оксіметилфурфуролу, а також зміни кольору. Мінімальна кількість оксіметилфурфуролу утворюється при температурі стерилізації 90 °С і його концентрація суттєво не змінюється протягом 2,5 годин, а при температурі 145 °С – його концентрація різко зростає. Цей процес складний і його кінетика не може бути описана реакцією якогось конкретного порядку, що є типовим випадком для хімічних реакцій, які протікають у харчових продуктах, особливо при невеликих ступенях перетворення. Реакція утворення оксіметилфурфуролу у томатній пасті при температурах 105–135 °С протікає у дві стадії, його накопичення описується лінійною залежністю для обох етапів, тобто реакція на першій і другій стадіях має нульовий порядок і протікає з постійною константою швидкості. Швидкість зміни кількості будь-якого j -го компонента W_j виражається співвідношенням $W_j = \nu_j r$, (1) де ν_j – стехіометричний коефіцієнт при j -ому компоненту (для реагентів записується зі знаком «-», а для продуктів – зі знаком «+»); r – швидкість реакції, обумовлена за законом діючих мас – швидкість хімічної реакції прямо пропорційна добутку константи швидкості на концентрації реагентів взятих у ступенях рівних їх стехіометричним коефіцієнтам: $r = k C_A^{\nu_A}$ (2), залежність константи швидкості реакції від температури визначається за рівнянням Ареніуса $k = k_0 \exp(-E/RT)$ (3). Залежно від значення суми показників ступеню у рівнянні 1 реакції поділяють на реакції нульового, першого

порядку, другого і більш високих порядків (рис. 7), порядок реакції записують для конкретного реагенту або як загальний порядок реакції [7 – 13].

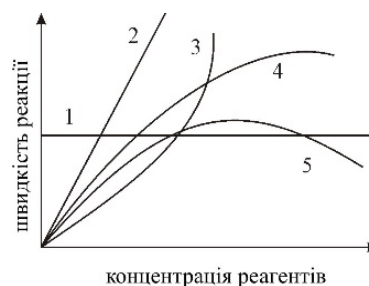


Рис. 7. Залежність швидкості реакції від концентрації реагентів для реакцій порядку: 1 – нульового; 2 – першого; 3 – другого; 4 – дрібного; 5 – змінного

Для реакцій нульового порядку швидкість реакції постійна і не залежить від концентрації або парціального тиску реагенту, для реакцій першого порядку ця залежність прямолінійна, а для реакцій більш високого порядку – це експоненціальна крива. Константа швидкості реакції k у вираженні (3) при постійній температурі дорівнює швидкості реакції r при одиничних концентраціях реагентів.

Приклад кінетичної моделі реакції утворення оксіметилфурфуролу $A \xrightarrow[r; k; E]{} R$ (4) можна визначити наступними рівняннями: $W_A = -r$ (5); $W_R = r$ (6); $r = k C_A$ (7); $k = k_0 e^{-E/RT}$ (8). Зіставивши вищевказані рівняння (5–8), одержимо кінетичне рівняння, що описує зміну концентрації реагенту A в ході реакції $dC_A / dt = -k C_A$ (9). Вирішуючи рівняння (9) поділом змінних і інтегруванням, в результаті одержимо концентрації реагенту A : $C_A = C_{A_0} e^{-kt}$ (10). Концентрацію продукту легко знайти з рівняння матеріального балансу для даної реакції: $C_R = C_{A_0} - C_A$ (11); з обліком (10) одержимо рівняння для розрахунку $C_R = C_{A_0} (1 - e^{-kt})$. При цьому тривалість першої стадії τ_1 (хв.) і концентрацію оксіметилфурфуролу C_1 (мг/кг) для реакції, яка протікає у границях першої стадії, можна описати наступними рівняннями: $\tau_1 = (139 - t) 2,37$ (12), $C_1 = K_1 \tau$, де τ – загальна тривалість нагрівання, хв., t – температура нагрівання томатної пасту, °С, K_1 – константа швидкості для першої стадії, яку можна обчислити згідно з рівнянням: $K_1 = 2,25 \cdot 10^9 \exp[(-18,3 \cdot 10^3) / RT]$.

Тривалість нагрівання для другої стадії реакції τ_2 (хв.) і концентрацію оксіметилфурфуролу C_2 (мг/кг) можна описати наступними рівняннями: $\tau_2 = \tau - \tau_1 = \tau - 2,37(139 - t)$, $C_2 = K_2 [\tau - 2,37(139 - t)]$, де K_2 – константа швидкості другої стадії і її можна обчислити: $K_2 = 2,43 \cdot 10^{12} \exp[(-22,3 \cdot 10^3) / RT]$. Таким чином, концентрацію оксіметилфурфуролу у

томатній пасті у широкому діапазоні температур можна обчислити за приблизним рівнянням: $C = K_1\tau + K_2[\tau - 2,37(139 - t)]$, при цьому, якщо $\tau < 2,37(139 - t)$, другий член у правій частині рівняння вилучають, а якщо $\tau > 2,37(139 - t)$, то τ для першого члену рівняння у правій частині рівняння обчислюють за формулою (1). Для температури, яку звичайно використовують при стерилізації, концентрація оксиметилфурфуролу мала, τ обчислюють з рівняння першого порядку: $\lg C = K^1 / 2,303\tau$, де $K^1 = 2,20 \cdot 10^9 \exp[(-91,1 \cdot 10^3) / RT]$.

Стерилізацію банок здійснюють у стерилізаторах безперервної і періодичної дії (автоклавах) з метою пригнічення та знищення мікроорганізмів, забезпечення стабільності консервів при зберіганні і ін. На складі готової продукції контролюють режими зберігання – температуру і відносну вологість повітря, якість підготовки консервів до відгрузки – наявність етикетування і відповідного пакування [18–21], відсутність деформованих та заржавлених банок і їх санітарний стан. Основною умовою виробництва високоякісних консервів є поетапний контроль технохімічний і бактеріологічний переробки сировини у продукт.

Висновки і перспективи подальшого розвитку даного напрямку.

Відповідно з проведеними дослідженнями можна відзначити, що комплексна переробка плодоовочевої сировини і цільове науково-обґрунтоване використання побічних продуктів є складним технологічним процесом для галузі виробництва. Більшість існуючих технологічних схем виробництва має напрямки підвищення

ефективності їх роботи за рахунок використання сучасного обладнання. При цьому студенти повинні мати навички використання методів обробки сировини виробництва з метою отримання цільових і побічних продуктів та вміти визначити та обрати раціональні умови для проведення за потребою фізико-хімічних, біохімічних та мікробіологічних процеси, що перетворюють сировину в типові харчові продукти. Такі умови дозволяють набувати студентам навичок компетентних спеціалістів в питаннях виробництва харчових продуктів із сировини рослинного походження.

На підставі виконаного дослідження та аналізу з метою визначення можливостей підвищення енергоефективності комплексних систем виробництва плодоовочевої сировини можна визначити проблеми комплексної переробки томатної сировини пов'язані з необхідністю отримання конкурентоспроможних продуктів на основі інноваційних технологій їх виробництва, заснованих на використанні фізичних, механічних, фізико-хімічних, біологічних і технологічних прийомів, наприклад, технології комплексної переробки томатів для отримання сухих і в'ялених томатів, сухих томатних порошоків. Системи центрифугування-випарювання у виробництві томат-продуктів надають можливість отримання висококонцентрованих соків, при цьому менш енергоємним стає отримання порошокподібної консистенції, що досягається за рахунок використання висококонцентрованого фугату.

Представлені матеріали мають статус інтелектуальної власності для навчання студентів, це складові комплексних інноваційних проєктів [13–21].

Список літератури

- Sun, T. Antioxidant phytochemicals and antioxidant capacity of biofortified carrots (*Daucus carota* L.) of various colors / T. Sun, P.W. Simon, S.A. Tanumihardjo // *J. Agr. and Food Chem.* 2009. 57, № 10, – pp. 4142–4147.
- Djuric, Z. Antioxidant capacity of lycopene-containing foods / Z. Djuric, P.C. LaKesha // *Int. J. Food Sci. and Nutr.* 2001. – 52, № 26 – pp. 143–149.
- Leonardi, C. Antioxidative activity and carotenoid and tomatine contents in different typologies of fresh consumption tomatoes *J. Agr. and Food Chem.* 2000. – 48, № 10, – pp. 4723–4727.
- Борисова А.В., Макарова Н.В. Экспериментальное определение физико-химических и антиоксидантных показателей четырех видов овощей. *Техника и технология пищевых производств.* 2012. № 2, с. 1–6.
- Патент РФ № 2130049. МПК С 11 В 1/10. Способ переработки семян томатов и томатных выжимок. Калманович С.А., Мартовшук В.И., Вершинина О.Л. и др. Заявка № 97108301/13, 20.05.1997.
- Hartal D. Lycopene: a bioactive carotenoid and its use in foods // *The Intern. Review of food Science and Technology.* 2006. – pp. 75–78.
- Бухкало С.І. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (приклади та тести) [текст] підручник з грифом МОН. Київ «Центр учбової літератури»: 2018, 108 с.
- Бухкало С.І. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (приклад та тести з технології крохмалю) [текст] підручник з грифом МОН. Київ «Центр учбової літератури»: 2019, 108 с.
- Бухкало С.І. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (комплексні системи – монографія) [текст] підручник з грифом МОН. Київ «Центр учбової літератури»: 2020, 108 с.
- Лакіза О.В., Сухий К.М., Бухкало С.І., Іщенко М.В., Іщенко К.Ю., Демченко В.Г. Композиція для виготовлення булочних виробів з гарбузовим шротом. Патент України № 142181. 25.05.2020. – №10.
- Бухкало С.І. Можливості розвитку технологій модифікованих крохмалів. *Вісник НТУ «ХП»*. – Х.: НТУ «ХП», 2019. – № 21(1346). – С. 84–93.
- Бухкало С.І. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (інноваційні заходи) [текст] підручник. – К.: ЦНЛ, 2014. – 456 с.
- Бухкало С.І. Спосіб концентрування спиртової барди. Патент на корисну модель 40625, Україна. 2009.
- Говоров П.П., Бухкало С.І., Кіндінова А.К., Говорова К.В. Енергоефективна система знезараження води на основі світлодіодних джерел світла. *Вісник НТУ «ХП»*. – Х.: НТУ «ХП», 2020. – № 5(1359). С. 19–25.
- Бухкало С.І. Іглін С.П., Ольховська В.О. Аналіз реологічних властивостей різновидів майонезу. *Вісник НТУ «ХП»*. Х.: НТУ «ХП», 2020. № 5(1359). С. 63–70.

16. Бухкало С.І. Визначення прикладів технологій дослідження у наукових роботах студентів. III міжн. конф. студентів та аспірантів «Сучасні технології харчових виробництв», 14–15 2020, Дніпро, Д.,: Ліра, ДНУ ім. Олеса Гончара, с. 42–46.
17. Бухкало С.І. Агейчева А.О., Агейчева О.О., Бабаш Л.В., Пшичкіна Н.Г. Методичні аспекти реформування дистанційного навчання в системі вищої освіти. Вісник НТУ «ХПІ». Х.: НТУ «ХПІ», 2020. № 5(1359). С. 3–10.
18. Kapustenko P., Klemeš J.J., Arsenyeva O., Bukhkalov S., Fedorenko O., Kusakov S. The Utilisation of Waste Heat from Exhaust Gases after Drying Process in Plate Heat Exchanger. Chemical Engineering Transactions, 81, 589-594.
19. Bilous O., Sytnik N., Bukhkalov S., Glukhykh V., Sabadosh G., Natarov V., Yarmysh N., Zakharkiv S., Kravchenko T., & Mazaeva V. Development of a food antioxidant complex of plant origin. Eastern-European Journal Of Enterprise Technologies, (2019), 6(11(102)), 66–73.
20. Бухкало С.І. Синергетичні моделі для екологічнобезпечних процесів ідентифікації-класифікації вторинних полімерів. Вісник НТУ «ХПІ». – Х.: НТУ «ХПІ», 2018. – № 18(1294). – С. 36–44.
21. Bukhkalov S.I., Klemeš, J.J., Tovazhnyansky, L.L., Kapustenko, P.O., Arsenyeva, O.P., & Perevertaylenko, O.Yu. 2018. Eco-friendly synergetic processes of municipal solid waste polymer utilization. Chemical engineering transactions, 70, 2018, 2047–2052.
8. Bukhkalov S.I. Zagal'na tehnologija harchovoї promislivosti u prikladah i zadachah (prikladi ta testi z tehnologii kromalju) [tekst] pidruchnik z grifom MON. Kiiv «Centr uchbovoї literaturi»: 2019, 108 p.
9. Bukhkalov S.I. Zagal'na tehnologija harchovoї promislivosti u prikladah i zadachah (kompleksni sistemi – monografija) [tekst] pidruchnik z grifom MON. Kiiv «Centr uchbovoї literaturi»: 2020, 108 p.
10. Lakiza O.V., Suhij K.M., Bukhkalov S.I., Ishhenko M.V., Ishhenko K.Ju., Demchenko V.G. Kompozicija dlja vigotovlennja bulochnih virobiv z garbuзовim shrotom. Patent Ukraїni № 142181. 25.05.2020. – №10.
11. Bukhkalov S.I. Mozhlivosti rozvitku tehnologii modifikovanih kromaliv. Visnik NTU «KhPI». – Kh.: NTU «KhPI», 2019. – № 21(1346), – pp. 84–93.
12. Bukhkalov S.I. Zagal'na tehnologija harchovoї promislivosti u prikladah i zadachah (innovacijni zahodi) [tekst] pidruchnik. – K.: CNL, 2014. – 456 p.
13. Bukhkalov S.I. Sposib koncentruvannja spirtovoї bardi. Patent na korisnu model' 40625, Ukraїna. 2009.
14. Govorov P.P., Bukhkalov S.I., Kindinova A.K., Govorova K.V. Energoefektivna sistema znezarazhennja vodi na osnovi svitlodiodnih dzherel svitla. Visnik NTU «KhPI». – Kh.: NTU «KhPI», 2020. – № 5(1359), – pp. 19–25.
15. Bukhkalov S.I. Iglin S.P., Ol'hov's'ka V.O. Analiz reologichnih vlastivostej riznovidiv majonezu. Visnik NTU «KhPI». Kh.: NTU «KhPI», 2020. № 5(1359), – pp. 63–70.
16. Bukhkalov S.I. Vznachennja prikladiv tehnologii doslidzhennja u naukovih robotah studentiv. III mizhn. konf. studentiv ta aspirantiv «Suchasni tehnologii harchovih virobniectv», 14–15 2020, Dnipro, D.,: Lira, DNU im. Olesja Gonchara, – pp. 42–46.
17. Bukhkalov S.I. Agejcheva A.O., Agejcheva O.O., Babash L.V., Pshichkina N.G. Metodichni aspekti reformuvannja distancijnogo navchannja v sistemi vishhoї osviti. Visnik NTU «KhPI». Kh.: NTU «KhPI», 2020. № 5, – pp. 3–10.
18. Kapustenko P., Klemeš J.J., Arsenyeva O., Bukhkalov S., Fedorenko O., Kusakov S. The Utilisation of Waste Heat from Exhaust Gases after Drying Process in Plate Heat Exchanger. Chemical Engineering Transactions, 81, 589-594.
19. Bilous O., Sytnik N., Bukhkalov S., Glukhykh V., Sabadosh G., Natarov V., Yarmysh N., Zakharkiv S., Kravchenko T., & Mazaeva V. Development of a food antioxidant complex of plant origin. Eastern-European Journal Of Enterprise Technologies, (2019), 6(11(102)), 66–73.
20. Bukhkalov S.I. Sinergeticni modeli dlja ekologichnobepechnih procesiv identifikacii-klasifikacii vtorninih polimeriv. Visnik NTU «KhPI». – Kh.: NTU «KhPI», 2018. – № 18(1294), – pp. 36–44.
21. Bukhkalov, S.I., Klemeš, J.J., Tovazhnyansky, L.L., Kapustenko, P.O., Arsenyeva, O.P., & Perevertaylenko, O.Yu. 2018. Eco-friendly synergetic processes of municipal solid waste polymer utilization. Chemical engineering transactions, 70, 2018, 2047–2052.

Bibliography (transliterated)

1. Sun, T. Antioxidant phytochemicals and antioxidant capacity of biofortified carrots (*Daucus carota* L.) of various colors / T. Sun, P.W. Simon, S.A. Tanumihardjo // J. Agr. and Food Chem. 2009. 57, № 10, – pp. 4142–4147.
2. Djuric, Z. Antioxidant capacity of lycopene-containing foods / Z. Djuric, P.C. LaKesha // Int. J. Food Sci. and Nutr. 2001. – 52, № 26 – pp. 143–149.
3. Leonardi, C. Antioxidative activity and carotenoid and tomatine contents in different typologies of fresh consumption tomatoes J. Agr. and Food Chem. 2000. – 48, № 10, – pp. 4723–4727.
4. Borisova A.V., Makarova N.V. Jeksperimental'noe opredelenie fiziko-himicheskij i antioksidantnyh pokazatelej chetyreh vidov ovoshhej. Tehnika i tehnologija pishhevyh proizvodstv. 2012. № 2, c. 1–6.
5. Patent RF № 2130049. MPK C 11 B 1/10. Sposob pererabotki semjan tomatov i tomatnyh vyzhimok. Kalmanovich S.A., Martovshhuk V.I., Vershinina O.L. i dr. Zajavka № 97108301/13, 20.05.1997.
6. Hartal D. Lycopene: a bioactive carotenoid and its use in foods // The Intern. Review of food Science and Technology. 2006. – pp. 75–78.
7. Bukhkalov S.I. Zagal'na tehnologija harchovoї promislivosti u prikladah i zadachah (prikladi ta testi) [tekst] pidruchnik z grifom MON. Kiiv «Centr uchbovoї literaturi»: 2018, 108 p.

Надійшла (received) 19.09.2020

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Бухкало Світлана Іванівна (Бухкало Светлана Ивановна, Bukhkalov Svetlana Ivanovna) – кандидат технічних наук, професор кафедри інтегрованих технологій, процесів та апаратів, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна;

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1389-6921>; e-mail: bis.khr@gmail.com

Ольховська Вікторія Олегівна (Ольховская Виктория Олеговна, Olkhovska Victoria Olegovna) – студентка 2 курсу ХНУРЕ, м. Харків, Україна.