

РОЗРОБЛЕННЯ ПРОГРЕСИВНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ І ВИСОКОЕФЕКТИВНОГО ОБЛАДНАННЯ ХАРЧОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

УДК 664.859.4

- Бессараб О.С., канд. техн. наук, проф.¹,** 1 – Національний університет харчових технологій, м. Київ, Україна, e-mail: a_bessarab@i.ua;
Осипенко С.Б., канд. техн. наук², 2 – Науково-виробниче приватне підприємство інститут «Текмаш», м. Херсон, Україна, e-mail: heater@tekmash.com.ua, info@tekmash.com.ua;
Стоянова Л.О., канд. техн. наук³, 3 – Одеський інститут післядипломної освіти Національного університету харчових технологій, м. Одеса, Україна, e-mail: stoyanova091@rambler.ru;
Пахомова К.Ю.⁴ 4 – Національний університет харчових технологій, м. Київ, Україна, e-mail: pahomova_katia@mail.ru

ІННОВАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ФРУКТОВИХ ГОМОГЕНІЗОВАНИХ ПРОДУКТІВ ПІДВИЩЕНОЇ БІОЛОГІЧНОЇ ЦІННОСТІ НА ОСНОВІ ГІДРОДИНАМІЧНОЇ ОБРОБКИ СИРОВИНИ

- Bessarab O.S., Cand. Sc. (Tech.), Prof.¹,** 1 – National University of Food Technologies, Kyiv, Ukraine, e-mail: a_bessarab@i.ua;
Osyenko S.B., Cand. Sc. (Tech.),² 2 – Scientific and Production Private Enterprise Institute “Tekmash” Kherson, Ukraine, e-mail: heater@tekmash.com.ua, info@tekmash.com.ua;
Stoyanova L.O., Cand. Sc. (Tech.)³, 3 – Odessa Institute of Postgraduate Education of National University of Food Technology, Odessa, Ukraine, e-mail: stoyanova091@rambler.ru;
Pakhomova K.Yu.⁴ 4 – National University of Food Technologies, Kyiv, Ukraine, e-mail: pahomova_katia@mail.ru

INNOVATIVE TECHNOLOGY FOR FRUIT HOMOGENIZED PRODUCTS WITH INCREASED BIOLOGICAL VALUES BASED ON HYDRODYNAMIC PROCESSING OF RAW MATERIALS

Мета роботи – розробка технології фруктових гомогенізованих промислово стерильних продуктів тривалого зберігання підвищеної біологічної цінності з використанням гідродинамічної (кавітаційної) обробки рослинної сировини.

Результати. Розроблено параметри гідродинамічної (кавітаційної) обробки для якісного подрібнення рослинної сировини та забезпечення мікробіологічної стабільності готової продукції. Досліджено показники якості та поживної цінності отриманих гомогенізованих фруктових продуктів.

Наукова новизна. Уперше застосовано гідродинамічні (кавітаційні) установки для виготовлення промислово стерильних гомогенізованих фруктових продуктів. Установлено закономірності перебігу процесу подрібнення фруктової сировини та самонагрівання продукту в гідродинамічних (кавітаційних) установках типу ТЕК-СМ, а також вплив гідродинамічної обробки на зміну фізико-хімічних та мікробіологічних показників оброблюваного продукту. Установлено раціональні параметри обробки фруктової сировини на гідродинамічних (кавітаційних) установках періодичної дії типу ТЕК-СМ для отримання промислово стерильного гомогенізованого продукту. Доказано, що розроблена технологія мінімізує відходи сировини та забезпечує максимальне збереження в готовому продукті біологічно активних речовин.

Практична значущість. Розроблено малоенергоємний спосіб отримання фруктового пюреподібного гомогенного продукту з підвищеним вмістом біологічно активних речовин (БАР) з мінімізацією втрат і відходів сировини.

Ключові слова: гідродинамічна (кавітаційна) обробка, гомогенізовані продукти, промислово стерильність, якість подрібнення, поліфеноли, пектин.

Вступ. Сьогодні усе більш популярним стає здоровий спосіб життя, який, серед інших чинників, передбачає раціональне харчування. Значним попитом користуються продукти, які містять есенціальні мікронутрієнти, що здійснюють оздоровлюючий вплив на організм людини, т.зв. функціональні. При цьому перевагу надають тим, з яких забезпечується максимально можливе засвоєння біологічно активних речовин – це соки з м'якоттю, гомогенізовані продукти.

Як відомо, значна частина вуглеводів, біологічно активних речовин, антиоксидантів, природних сорбентів (целюлоза, лігнін, пектин), мінеральних речовин і ін. міститься в оболонках плодів, які за традиційних технологій виробництва частково окислюються під час подрібнення, бланшування і транспортування між технологічними операціями. Значна їхня частина потрапляє у відходи. Використовувані температурні режими консервування не дозволяють зберегти повною мірою корисні речовини, які залишилися після обробки. Крім того, традиційні технології виробництва пюреподібних продуктів харчування є дуже енергоємними [1]. Тому пріоритетним завданням для виробників став пошук нових технологічних рішень і устаткування, які дозволили б максимально зберегти в продуктах, які гомогенізуються, біологічно цінні нутрієнти вихідної сировини за мінімізації енерговитрат.

Постановка проблеми. В останні десятиріччя вчені розробили і впровадили у виробництво багато технологій з використанням способу кавітаційної обробки сировини. Зокрема, в харчовій промисловості кавітацію застосовують для гомогенізації, змішування, відсадження завислих частинок з колоїдного розчину, наприклад, у молоці, інтенсифікації процесів розчинення твердих речовин в рідинах, отримання багатокомпонентних високодисперсних емульсій, інтенсифікації процесу екстракції тощо.

Механічне диспергування пов'язане із впливом на матеріал тиску і (або) температури. Єдиний фізичний процес, який об'єднує в собі високий тиск і температуру за мінімальних затрат на їхнє утворення, це процес кавітації. Кавітація (від лат. Cavitas – порожнеча) – це утворення всередині рідини порожнин, за-

повнених газом, парою або їхньою сумішшю (бульбашок кавітацій), тобто порушення суцільності рідини, яке виникає в результаті локального зниження тиску в рідині до певного критичного значення $P_{кр}$ (у реальній рідині значення $P_{кр}$ близьке до тиску насиченої пари цієї рідини за визначеної температури), що може відбуватися або за збільшення швидкості рідини (гідродинамічна кавітація), або під час проходження акустичної хвилі великої інтенсивності під час напівперіоду розрідження (акустична кавітація). Критичний тиск, за якого відбувається розрив рідини, залежить від багатьох чинників: чистоти рідини (тобто вмісту домішок у рідині), вмісту повітря, стану поверхні, на якій виникає кавітація [1-3].

Існує декілька методів створення кавітації: ультразвуковий або акустичний (кавітація створюється за рахунок зниження тиску, викликаного проходженням звукової хвилі в оброблюваному середовищі) і гідродинамічний (кавітація виникає в рідині за умови зменшення тиску внаслідок зростання локальних швидкостей потоку). На основі цих методів створення кавітації розроблено немало кавітаційних пристроїв [2; 3].

Проведені інформаційні дослідження показали, що для виробництва гомогенізованих фруктових продуктів з високою ефективністю можуть бути використані гідродинамічні кавітаційні установки, розроблені і виготовлені в НВП «Текмаш», під керівництвом С.Б. Осипенко [4; 5].

Основні завдання:

- провести аналіз інформаційних джерел щодо способів обробки рослинної сировини під час виготовлення промислово стерильних гомогенізованих продуктів, змін нутрієнтів сировини за традиційних способів обробки, а також продуктивного використання в харчових виробництвах явища кавітації;
- обґрунтувати вибір та надати загальну характеристику сировини, обраної для досліджень;
- дослідити принцип та параметри роботи пілотної та напівпромислової гідродинамічних кавітаційних установок типу ТЕК-СМ (НВП ТЕКМАШ) та кавітаційної установки типу ТС ВТ (НТЦ ТРАНСЗВУК);
- дослідити динаміку процесу подрібнення сировини в установках типу ТЕК-СМ та відпрацювати параметри для забезпечення заданого ступеня полімеризації;
- дослідити вплив кавітації на мікрофлору продукту та розробити параметри роботи гідродинамічних установок типу ТЕК-СМ для забезпечення промислової стерильності продуктів;
- дослідити вплив параметрів роботи гідродинамічних (кавітаційних) установок типу ТЕК-СМ на зміну біохімічних показників оброблюваної сировини та біологічну цінність готового продукту;
- розробити апаратурно-технологічну схему отримання гомогенізованого фруктового продукту з використанням установок типу ТЕК-СМ;
- розробити нормативну та технологічну документацію на фруктові гомогенізовані продукти та провести їхнє промислове апробування та впровадження;
- оцінити економічну ефективність виробництва гомогенізованого продукту за розробленою технологією.

Об'єктами дослідження були ягоди чорної смородини свіжі (ГОСТ 6829), чорниця свіжа (ДСТУ 691-2004) та дефростована (ГОСТ 29187 та ДСТУ 691), яблука свіжі для промпереробки (ДСТУ 7075), сік виноградний концентрований (ГОСТ 18192), процес подрібнення сировини, процес нагрівання (самостерилізації) продуктів, органолептичні, фізико-хімічні та мікробіологічні показники рослинної сировини та готового продукту.

Предметом дослідження стали параметри гідродинамічної обробки сировини, технологія отримання фруктового гомогенізованого продукту на гідродинамічних (кавітаційних) установках.

Методика досліджень. Досліджено параметри обробки фруктові сировини на гідродинамічних (кавітаційних) установках періодичної дії типу ТЕК-СМ з різними технічними характеристиками, спроектованих та виготовлених у НВП «Текмаш» (науковий керівник Осипенко С.Б.). Як показали попередні дослідження, більш раціональною виявилась обробка фруктові сировини на напівпромисловій установці ТЕК-СМ-30, в якій на виході з насоса створюється більший тиск (3,0 бар) ніж в пілотній – ТЕК-СМ-5 (2,0 бар), що сприяє утворенню ударної хвилі більшої потужності за рахунок схлопування кавітаційних бульбашок меншого діаметру, утворених в гідродинамічному модулі установки внаслідок більшого значення перепаду тисків до та після кавітатора [2]. Гідродинамічну установку ТЕК-СМ-30 наведено на рисунку 1.

Сировину мили, інспектували, проводили попередню підготовку, яка полягала у видаленні неїстівних частин (плодоніжок, чашолистків, сторонніх домішок та некондиційної сировини) і за допомогою шнекового насоса спрямовували в резервуар установки ТЕК-СМ-30. У шнековому насосі під час транспортування сировини відбувалось попереднє її подрібнення (роздавлювання) та виділення частини соку (25-30%), що забезпечувало необхідний гідромодуль.

Оскільки першочерговим завданням для виробників гомогенізованих продуктів є забезпечення необхідного ступеня диспергування за мінімальних витрат енергії, досліджено динаміку зміння гранулометричного складу фруктові маси під час подрібнення із застосуванням гідродинамічного удару.



Рисунок 1 – Гідродинамічна установка ТЕК-СМ-30

Для забезпечення мікробіологічної стабільності продуктів під час зберігання досліджено вплив кавітації на мікробіологічні показники фруктові маси без підвищення температури та за рахунок самонагрівання. Результати використовували для обґрунтування режимів стерилізації отриманих гомогенізованих продуктів згідно з СОУ 01.1-37-681:2007 «Система технологічної документації. Порядок розроблення, погодження та затвердження режимів стерилізації і пастеризації консервів та консервованих напівфабрикатів».

Досліджено зміни кількісного та якісного складу основних фізіологічно активних нутрієнтів сировини в процесі гідродинамічної обробки, у першу чергу, поліфенолів і пектинових речовин.

Результати. У попередніх дослідженнях встановлено, що якість та швидкість подрібнення значною мірою залежить не тільки від параметрів кавітації, а й від фізико-хімічних показників оброблюваного об'єкта (вмісту вологи, щільності шкірочки плодів, розмірів та міцності оболонки насіння тощо). Отримано низку залежностей гранулометричного складу отриманих продуктів від технологічних параметрів [6; 7].

Таблиця 1 – Динаміка ступеня подрібнення ягід під час кавітаційної обробки

Сировина	Температура продукту, °С	Марка установки	Тиск на виході з насоса, бар	Тривалість обробки, хв	Кількість частинок, %		
					d > 300 мкм	d > 150 мкм	d < 150 мкм
Чорниця	6	ТЕК-СМ-5	2,0	2	17	30	53
	50			22	12	27	61
	70			32	9	26	65
	88			49	5	11	84
	12	ТЕК-СМ-30	3,0	2	13	29	58
	50			21	6	14	80
	70			31	4	10	86
	88			42	2	5	93
Смородина чорна	30	ТЕК-СМ-5	2,0	2	39	42	19
	50			8	29	34	37
	70			22	12	26	62
	88			45	7	21	72
	38,5	ТЕК-СМ-30	3,0	2	37	40	23
	50			8	26	31	43
	70			22	9	18	73
	88			39	5	13	82

За результатами досліджень визначено раціональні режими обробки різних видів сировини для отримання завданого ступеня диспергування, які наведені в таблиці 2. Як критерій для оцінки ступеня подрібнення прийнято вимоги ДСТУ 4082 – 2001 «Консерви фруктові пюреподібні для дитячого харчування. Технічні умови» до гомогенізованих продуктів дитячого харчування, згідно якого кількість частинок $d < 150$ мкм має бути не меншою за 70 %, $d > 300$ мкм – не більшою за 7%.

Згідно з даними, наведеними в таблиці 2, найшвидше (за 36 хв) необхідний ступінь подрібнення досягається за обробки на ТЕК-СМ-30 чорниці, яка має ніжну структуру, тонку шкірочку та маленьке насіння. Для досягнення такого ж ступеня диспергування під час переробці журавлини з більш грубою шкіркою та насінням необхідна більша тривалість обробки – 45 хв. Аналогічні результати отримали й для яблук.

Таблиця 2 – Якість диспергування фруктових та ягідних пюре, отриманих на установці ТЕК-СМ-30

Сировина	рН	Необхідна тривалість обробки, хв	Розмір частинок, %		
			d > 300 нм	d > 150 нм	d < 150 нм
Чорниця	3,07	36	2	5	93
Чорна смородина	2,85	39	4	11	85
Полуниця	3,50	38	3	29	68
Журавлина	2,61	45	5	30	65
Яблука	3,41	45	5	32	63

Дослідження впливу гідродинамічної обробки продукту на мікроорганізми показали, що кавітаційна обробка за значень тиску після насосу до 10 бар без підвищення температури дозволяє досягти зменшення кількості вегетативних клітин плісень, дріжджів та МАФАНМ на порядок, що недостатньо для забезпечення промислової стерильності консервів. Крім того, використання обладнання, яке працює під високим тиском, є небезпечним і вимагає особливих умов експлуатації. Тому для забезпечення промислової стерильності фруктових гомогенізованих продуктів обґрунтовували режими стерилізації за рахунок самонагрівання продукту в установках низького тиску типу ТЕК-СМ згідно з СОУ 01.1-37-681:2007. Температура продукту підвищується на (1,5-2,0)°C за 1 хвилину незалежно від технічних характеристик установок типу ТЕК-СМ.

Розглянуто дві схеми консервування: для ягід гомогенізованих застосовано метод комбінованої теплової обробки, а для яблучного пюре – асептичний метод. Як тест-мікроорганізм – потенціальний збудник специфічного псування фруктових продуктів – обрали плісені *Bys.nivea*.

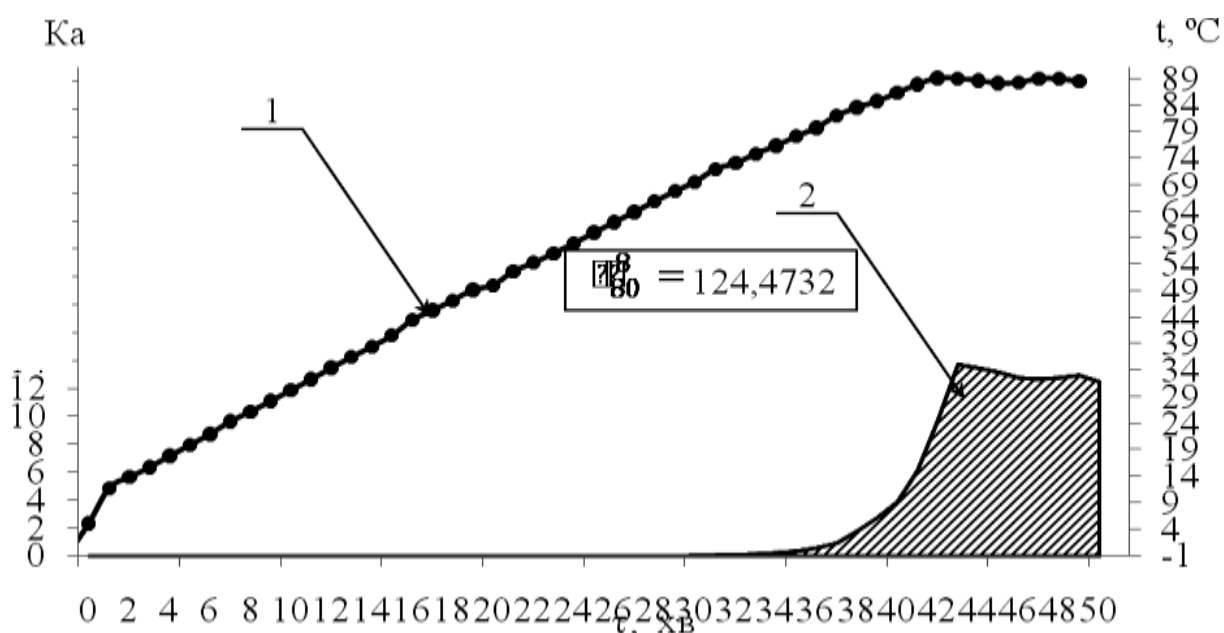


Рисунок 2 – Крива прогрівання чорниці гомогенізованої (1) та летальність (2) режиму її пастеризації в установці ТЕК-СМ-30

Для гомогенізованих ягід, рН яких не перевищує 3,5, нормативний стерилізуючий ефект становить 100 умовних хвилин за базової температури 80°C, $z = 8^\circ\text{C}$.

Продукт обробляли до досягнення температури 88°C. За цієї температури не відбувається деградація поліфенолів та спінювання продукту під час фасування, після чого продукт витримували протягом 8 хвилин за осцилюючого режиму: 1 хвилину за кавітації, 1 хвилину установка виключена. За такого режиму фактичний стерилізуючий ефект становив від 108,9644 до 146,313 умовних хвилин летальності для різних видів сировини, що цілком відповідає нормативним вимогам. Мікробіологічні дослідження зразків продукту підтвердили промислову стерильність продукту після такої обробки.

Обґрунтований режим комбінованої теплової обробки перевірений в промислових умовах шляхом виготовлення дослідної партії консервів «Чорниця гомогенізована» у кількості 1000 пляшок III-53-1000. Суцільний візуальний контроль та мікробіологічні дослідження показали відсутність мікробіологічного браку та промислову стерильність продукту.

Для яблучного пюре, яке може використовуватись не тільки як самостійний продукт, а й слугувати основою у виробництві соків, продуктів дитячого харчування, кондитерських та інших виробів, передбачили асептичний метод консервування: продукт обробляли в гідродинамічній установці до досягнення 95,5°C (39 хв), що забезпечило не тільки якісну гомогенізацію та гідроліз протопектину, а й досягнення нормативного стерилізуючого ефекту, який для фруктових продуктів з рН до 4,2 становить 200 ум. хв. Після цього продукт охолоджують до 25°C у тому ж контурі установки та фасують в асептичних умовах у стерильну тару. Криву прогрівання яблук гомогенізованих та летальність режиму їхньої пастеризації в установці ТЕК-СМ-30 наведено на рисунку 3.

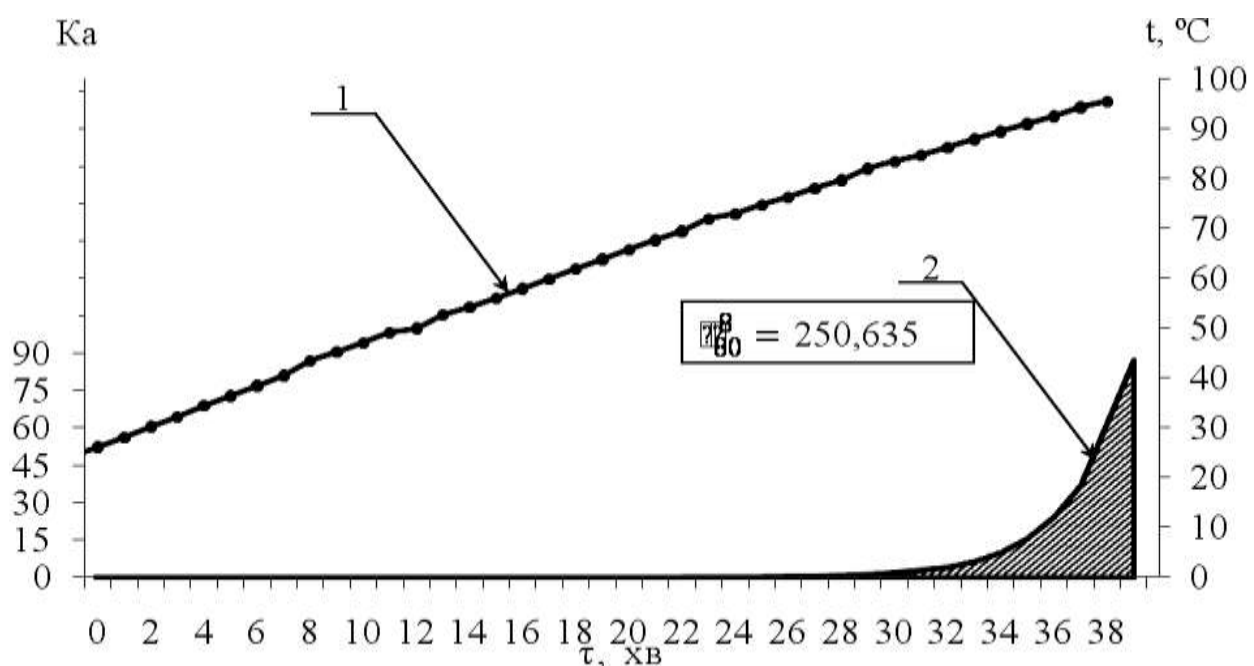


Рисунок 3 – Крива прогрівання яблук гомогенізованих (1) та летальність (2) режиму їхньої пастеризації в установці ТЕК-СМ-30

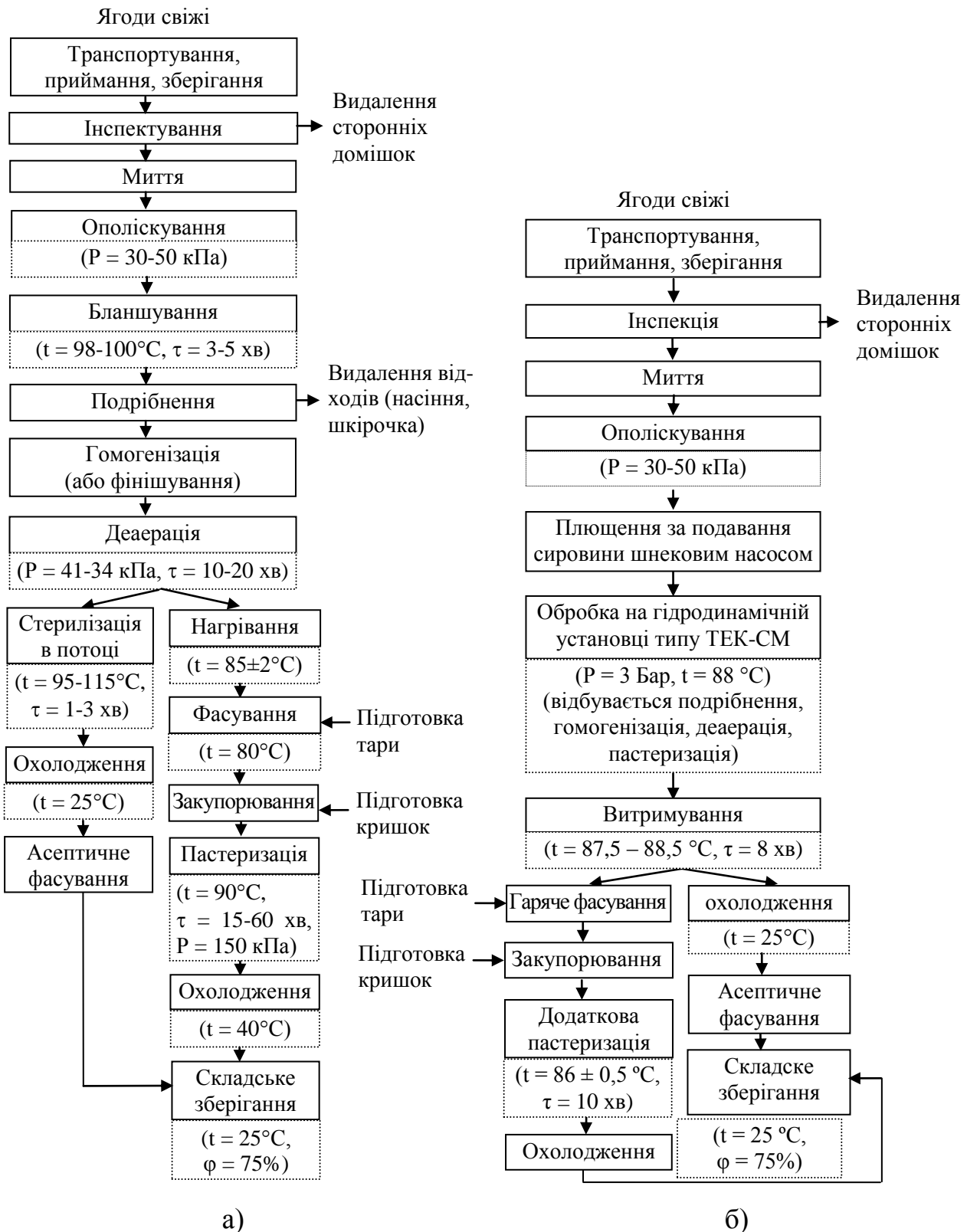


Рисунок 4 – Технологічні схеми виробництва гомогенізованого фруктового пюре а) за класичною технологією; б) за використання установок типу ТЕК-СМ

На рисунку 4 наведено порівняльні технологічні схеми виробництва гомогенізованих продуктів за розробленою та класичною технологіями, з яких видно, що, на відміну від класичного способу, під час виготовлення гомогенізо-

ваного фруктового пюре на установках типу ТЕК-СМ виключається необхідність бланшування та попереднього подрібнення сировини; гомогенізація, деаерація та пастеризація продуктів здійснюються в одному апараті без доступу повітря, що виключає втрати біологічно активних речовин за окислення. Крім того, за розробленою технологією подрібнюються шкірочка та насіння, що сприяє збагаченню готового продукту природними БАР, які в них містяться.

Для обраних режимів проведено дослідження зміни кількості пектинових речовин, поліфенолів та вітаміну С у процесі гідродинамічної обробки сировини, що проілюстровано в таблиці 5.

Таблиця 5 – Зміна деяких БАР за гідродинамічної обробки сировини

Сировина	Технологія виготовлення фруктів гомогенізованих	Вміст пектину, %			Вміст поліфенолів, мг/100 г	Вміст вітаміну С, мг/100 г
		загальний	протопектин	водорозчинний		
Яблука сорту «Кальвіль сніжний»	Свіжа сировина	0,84±0,03	0,52±0,03	0,27±0,03	267	13
	Гомогенізована на ТЕК-СМ-30	0,93±0,03	0,11±0,03	0,82±0,03	284	8
Чорниця	Свіжа сировина	0,30±0,03	0,13±0,03	0,17±0,03	339	13
	Гомогенізована на ТЕК-СМ-30	0,27±0,03	0,05±0,03	0,22±0,03	364	12
Смородина чорна	Свіжа сировина	0,86±0,04	0,37±0,04	0,49±0,04	256	233
	Гомогенізована на ТЕК-СМ-30	0,82±0,04	0,17±0,04	0,65±0,04	259	173

Як видно з таблиці 5, за гідродинамічної (кавітаційної) обробки сировини відбувається переведення деяких БАР в більш доступну біологічну форму [8; 9], про що свідчить збільшення кількості водорозчинного пектину: за переробки чорниці прогідролізувало 24% протопектину, смородини чорної – 51%, яблук сорту «Кальвіль сніжний» – 81% порівняно з початковим значенням.

Підвищення кількості поліфенольних сполук на 1-7% під час обробки сировини на установках типу ТЕК-СМ можна пояснити як відсутністю окислення за рахунок ізоляції сировини від кисню повітря за обробки в установці, температурною інактивацією ферментів та, можливо, утворенням вторинних продуктів перетворення поліфенолів з більш високою оптичною щільністю [10]. Зміну якісного складу поліфенолів наведено в таблиці 6.

Дослідження зміни кількості вітаміну С показали, що за умови переробки чорниці, чорної смородини та яблук на гідродинамічній установці ТЕК-СМ-30 збереглося відповідно 92%, 74% і 61% вітаміну С.

Оцінка органолептичних показників зразків гомогенізованих продуктів, виготовлених за гідродинамічною технологією, показали, що в них добре зберігається аромат і смак вихідної сировини, відсутні візуальні ознаки окислення – побуріння продукту.

Таблиця 6 – Вміст ідентифікованих поліфенолів в ягодах чорниці (1) та чорниці гомогенізованій (2)

Речовина	Вміст			
	1		2	
	мкг/г	%	%	
катехін	9,9	2,8	0,1	
хлорогенова кислота	144,1	41,4	26,6	
кавова кислота	не виявлено	не виявлено	2,5	
рутин	194,0	55,7	64,7	
кверцетин	не виявлено	не виявлено	2,7	
<i>Всього</i>	<i>348,0</i>			
Антоціани	дельфінідин-галактозид	501,2	10,0	9,0
	дельфінідин-глюкозид	507,2	10,1	9,9
	ціанідин-галактозид	553,7	11,1	10,2
	дельфінідин-арабінозид	418,4	8,4	6,9
	ціанідин-глюкозид та петунідин-галактозид	627,5	12,5	10,6
	ціанідин-арабінозид	157,2	3,1	10,2
	петунідин-глюкозид	746,7	14,9	11,5
	пеонідин-галактозид	104,2	2,1	1,8
	петунідин-арабінозид	91,0	1,8	1,9
	пеонідин-глюкозид	280,9	5,6	5,9
	мальвідин-галактозид	581,3	11,6	12,1
	мальвідин-глюкозид та пеонідин-арабінозид	313,1	6,3	6,3
	мальвідин-арабінозид	124,4	2,5	3,8
	<i>Сума антоціанів</i>	<i>5006,8</i>		

У процесі зберігання продуктів протягом двох років колір їх практично не змінився.

За результатами досліджень розроблені, узгоджені з МОЗ України, затверджені та зареєстровані технологічна інструкція та технічні умови ТУ У 15.3-24110704-003:2011 «Консерви. Фрукти гомогенізовані».

За розробленою технологією в експериментальному цеху НВПІ «Тек-маш» організовано виробництво продукції.

Порівняльний аналіз основних техніко-економічних показників будівництва цеху виготовлення чорниці гомогенізованої за класичною і новою схемою переробки показав значні переваги нової технології: втрати сировини зменшуються в середньому на 9%, очікуваний прибуток на 6373,25 тис. грн за рік більший, рентабельність продукції вища на 44% і становить 36%, на противагу 25% за класичною схемою, продуктивність праці більша на 30% і становить 2272246,81 грн/особу, фондвіддача більша на 18%. Термін окупності проекту будівництва цеху для виготовлення чорниці гомогенізованої за новою техноло-

гічною схемою менший на 32 % і становить 0,62 року на противагу 0,91 року за використання класичної схеми переробки ягід. Крім того, для обслуговування нової лінії необхідна менша кількість персоналу, що свідчить про зменшення етапності виробництва. Крім того, використання нової технології дає змогу скоротити витрати пари на 56%, води – на 57%, для будівництва цеху з виробництва чорниці гомогенізованої за новою схемою необхідно на 13% менше площі.

Висновки:

Відзначено продуктивне використання явища кавітації в харчовій промисловості та переваги використання гідродинамічного способу створення кавітації перед ультразвуковим: простота конструкцій, безпечність роботи, можливість регулювання сили кавітації, невеликі витрати енергії та ін.

Установлено, що необхідний ступінь подрібнення рослинної сировини на установках типу ТЕК-СМ 30 досягається за вхідного тиску 3 бар протягом 39-52 хв обробки залежно від фізико-хімічних показників сировини.

Виготовлення гомогенізованого продукту на установках типу ТЕК-СМ передбачає використання всіх частин сировини, включаючи шкірочку та насіння, та проведення основних технологічних операцій (подрібнення, гомогенізація, температурна обробка) в одному апараті дозволяє мінімізувати втрати сировини (полуниця садова – до 3%, смородина червона – до 6%, чорниця – до 2%, смородина чорна – до 4%).

Зменшення етапності виробництва та забезпечення переробки продукту з мінімальним доступом кисню повітря дозволяє мінімізувати втрати поліфенольних речовин та вітаміну С, а за рахунок впливу сил тертя, турбуленції та кавітації відбувається підвищення біодоступності поліфенольних та пектинових речовин за рахунок механічного руйнування зв'язків у складних молекулах біополімерів.

Унаслідок термомеханічного впливу кавітації відбувається гідроліз від 24% до 81% протопектину, залежно від параметрів ведення процесу (тиску на виході з насосу, температури) та фізико-хімічних особливостей сировини.

Установлено, що кавітаційна обробка сировини за значень тиску після насосу до 10 бар без підвищення температури дозволяє досягти зменшення кількості вегетативних клітин плісень, дріжджів та МАФАНМ на порядок, що недостатньо для забезпечення промислової стерильності консервів.

Розроблено режими стерилізації фруктів гомогенізованих з врахуванням спільного впливу кавітації та самонагрівання сировини.

Розроблено та затверджено технологічну інструкцію та технічні умови ТУ У 15.3-24110704-003:2011 «Консерви. Фрукти гомогенізовані».

Розроблена технологія впроваджена у виробництво в експериментальному цеху НВПІ «Текмаш».

Список літератури / References:

1. Сборник технологических инструкций по производству консервов. Т. 2. Консервы фруктовые. Ч. 1. – 1992. – С. 1-290.
Sbornik tekhnologicheskikh instruktsii po proizvodstvu konservov. Tom 2. Konservy fruktovyye. Chast 1 [Digest of technological instructions for canning. Volume 2. Canned fruit. Part 1], 1992, pp. 1-290.

2. Герлига В.А. Методы кавитационного диспергирования / В.А. Герлига, И.А. Притыка, А.С. Селянский // Зб. наук. пр. СНУЯЕтаП. – 2010. – С. 108-115.
Gerliga, V.A., Prityka, I.A. and Selianskiy, A.S. (2010), “Methods of cavitation dispersing”, *Zbirnyk naukovykh prats SNUYaEtaP*, pp. 108-115.
3. Федоткин И.М. Использование кавитации в промышленности / И.М. Федоткин, И.С. Гулый, Н.И. Шаповалюк. – К.: Арктур-А, 1998. – 133 с.
Fedotkin, I.M., Gulyu, I.S. and Shapovalyuk, N.I. (1998), *Ispolzovaniye kavitatsii v promyshlennosti* [The use of cavitation in the industry], Arktur-A, Kiev, Ukraine.
4. Опис до декл. пат. 42365 Україна, МПК 7 F15D1/00, A23L3/015, A23L3/22. Пристрій для гідродинамічної обробки плинних середовищ / Осипенко С.Б.; заявник і патентовласник Осипенко С.Б. – № 2001010642; заявл. 29.01.01; опубл. 15.10.01, Бюл. № 9. – 16 с.
An apparatus for processing fluid hydrodynamic environments, description to declarative pat. Ukraine 42365: IPC 7 F15D1/00, A23L3/015, A23L3/22, Osipenko, S.B., applicant and patentee Osipenko S.B, no. 2001010642, appl. 29.01.2001, publ. 15.10.2001, Bull. no. 9, 16 p.
5. Заявка на изобретение 2002134811 Российская Федерация, МПК 7 A23N1/00. Способ диспергирования сочных плодов и устройство для его осуществления / Осипенко С.Б.; заявитель и патентообладатель Осипенко С.Б. – № 2002134811/13; заявл. 25.12. 02; опубл. 20.01.05, Бюл. № 2. – 2 с.
A method of dispersing juicy fruits and device for its implementation, application for the invention 2002134811 Ros. Federation, IPC 7 A23N1/00, Osipenko, S.B., applicant and patentee Osipenko, S.B., no. 2002134811/13, appl. 25.12.2002, publ. 20.01.2005, Bull. no. 2, 2 p.
6. Пахомова К.Ю. Застосування кавітаційної обробки для отримання фруктових гомогенізованих продуктів подовженого строку зберігання / К.Ю. Пахомова, Ю.О. Дашковський, Л.О. Стоянова // Обладнання та технології харчових виробництв. – 2012. – Вип. 29, т. 2. – С. 42-47.
Pakhomova, K.Yu., Dashkovskiy, Yu.O. and Stoyanova, L.O. (2012), “Application of cavitation treatment for fruit homogenised product prolonged storage period”, *Obladnannia ta tekhnolohii kharchovykh vyrobnytstv*, Issue 29, Vol. 2, pp. 42-47.
7. Пахомова К. Ю. Застосування гідродинамічної обробки у консервуванні продуктів рослинного походження / К.Ю. Пахомова, Л.О. Стоянова, Я.Г. Верхівкер // Харчова наука і технологія. – 2011. – № 4(17). – С. 60-63.
Pakhomova, K.Yu., Stoyanova, L.O. and Verkhivker, Ya.H. (2011), “Application of hydrodynamic processing to canned of products of a plant origin”, *Kharchova nauka i tekhnolohiia*, no. 4 (17), pp. 60-63.
8. Стоянова Л.О. Відпрацювання способів комплексної переробки яблук з метою максимального використання пектинових речовин / Л.О. Стоянова, Я.Г. Верхівкер, С.В. Стоянова // Перспективные направления развития пищевой промышленности: сб. науч. ст. – О.: ОЦНТЭИ, 2004.
Stoianova, L.O., Verkhivker, Ya.H. and Stoianova, S.V. (2004), “Testing methods for complex processing of apples to maximize the use of pectin”, *Perspektivnyye napravleniia razvitiia pishchevoy promyshlennosti*, OTsNTEI, Odessa.

9. Стоянова Л.А. Изменение состава фенольных и пектиновых веществ при комплексной переработке фруктового сырья / Л.А. Стоянова, Я.Г. Верхивкер, С.В. Стоянова // Пищевая промышленность. – 2005. – № 3.
Stoianova, L.A., Verkhivker, Ya.G. and Stoianova, S.V. (2005), “Changes in the composition of pectin and phenolic compounds from complex processing of raw fruit”, *Pishchevaia promyshlennost*, no. 3.

Цель работы – разработка технологии фруктовых гомогенизированных промышленно стерильных продуктов длительного хранения повышенной биологической ценности с использованием гидродинамической (кавитационной) обработки растительного сырья.

Результаты. Были разработаны параметры гидродинамической (кавитационной) обработки для качественного измельчения растительного сырья и обеспечения микробиологической стабильности готовой продукции, а также исследованы показатели качества и питательной ценности полученных гомогенизированных фруктовых продуктов.

Научная новизна. Гидродинамические (кавитационные) установки были впервые применены для изготовления промышленно стерильных гомогенизированных фруктовых продуктов. Установлены закономерности протекания процесса измельчения фруктового сырья и самонагрева продукта в гидродинамических (кавитационных) установках типа ТЕК-СМ, а также влияние гидродинамической обработки на изменение физико-химических и микробиологических показателей обрабатываемого сырья. Установлены рациональные параметры обработки фруктового сырья на гидродинамических (кавитационных) установках периодического действия типа ТЕК-СМ для получения промышленно стерильного гомогенизированного продукта. Доказано, что разработанная технология минимизирует отходы сырья и обеспечивает максимальное сохранение в готовом продукте биологически активных веществ.

Практическая значимость. Разработан малоэнергоёмкий способ получения фруктового пюреобразного гомогенного продукта с повышенным содержанием биологически активных веществ (БАВ) с минимизацией потерь и отходов сырья.

Ключевые слова: гидродинамическая (кавитационная) обработка, гомогенизированные продукты, промышленная стерильность, качество измельчения, полифенолы, пектин.

Objective was to develop the technology of fruit homogenized products for long-storage and increased biological value using hydrodynamic (cavitation) treatment of plant materials.

Results. Options for hydrodynamic (cavitation) treatment were developed for high-quality crushing plant materials and ensure microbiological stability of finished products, and also investigated the performance of quality and nutritional value of fruit produced homogenized products.

Scientific novelty. Hydrodynamic (cavitation) units were first used for the production of industrial sterile homogenized fruit products. The regularities of the process crushing the fruit raw materials and self-heating of products in the hydrodynamic (cavitation) installation type ТЕК-СМ were explained, and also the influence of hydrodynamic treatment on changes in physico-chemical and microbiological parameters of the processed raw materials were studied. The rational parameters for processing of fruit raw materials in hydrodynamic (cavitation) installations of periodic action type ТЕК-СМ were studied to produce industrially sterile homogenized product. It was proved that developed technology minimizes material waste and maximizes the preservation of the biologically active substances in finished product.

Practical value. Low-power way to get fruit puree homogeneous product with a high content of biologically active substances (BAS) with minimization of losses and waste materials was developed.

Key words: hydrodynamic (cavitation) treatment, homogenized products, industrial sterility, crushing quality, polyphenols, pectin.

Рекомендовано до публікації д-ром техн. наук,
проф. Верхівкером Я.Г.

Дата надходження рукопису 12.11.2013 р.