



KAPITEL 1 / CHAPTER 1¹

SPRAY DRYING OF APPLE AND BERRY-PROTEIN COMPOSITIONS

DOI: 10.30890/2709-2313.2023-22-01-005

Вступ

Останні десятиліття відзначились зростаючим попитом на натуральні продукти рослинного та тваринного походження без хімічних шкідливих для здоров'я людини добавок-стабілізаторів, а також на продукти спеціального функціонального харчування, зокрема оздоровчого. Це пов'язано з важкою екологічною ситуацією і масовою захворюваністю жителів великих міст багатьох розвинутих країн світу. Все більшу увагу привертають екологічно чисті молочні продукти, плодови види фруктів, овочів, ягід і т.д. Велика кількість таких продуктів використовується як у свіжому вигляді, так і у переробленому стані: соків, маринадів, нектарів, консервованих плодів, варення, конфітурів, мармеладу, в'ялених або сушених плодів(фрагментів плодів), а також у формі дрібнодисперсного порошку, у гранульованій формі або у формі підсушених кусочків для використання при виготовленні кондитерських або молочних виробів: морозива, йогуртів, десертів, печива, цукерок та шоколадних виробів, кукурудзяних паличок та хрустиків, мюслів, сухих сніданків, відновлювальних освіжаючих напоїв та багато ін.

При багатому фруктовому-овочевому і плодово-ягідному потенціалі України постає питання освоєння вітчизняного виробництва порошкових продуктів функціонального і оздоровчого призначення з натуральної природної сировини без хімічних стабілізаторів. Тим більш, що молочні білкові продукти: сухе знежирене молоко (СЗМ) і концентрат підсирної сироватки (КСБ) як структуруючі добавки до кислих соків, які при сушінні у диспергованому стані проявляють термопластичні і адгезійні властивості, цілком доступні, оскільки виробляються вітчизняними молокопереробними підприємствами.

1.1. Сучасні підходи для покращення умов розпилювального сушіння

Дослідження і розробка нових науково обґрунтованих концепцій і сучасних технологій продуктів функціонального харчування базуються на глибокому

¹Authors: Maletska Kira Dmytrivna, Turchyna Tetiana Yakivna, Avdieieva Lesia Yuriivna, Makarenko Andrii Anatoliiovych, Dekusha Hanna Valeriivna



вивченні складу та властивостей різноманітних плодів фруктів, овочів, ягід, у т.ч. самих екзотичних [1-5]. Велика увага при їх комплексній переробці приділяється дослідженням взаємодії різних за своїми властивостями складових рослинної сировини при консервуванні або виготовленні різноманітних харчових виробів повсякденного вжитку[6].

Важливим аспектом при використанні розпилювального методу сушіння є збереження смакових та ароматоутворюючих речовин плодово-ягідної та фруктової сировини при одержанні порошкових композиційних продуктів різного функціонального призначення. Для їх збереження вміст сухих речовин у композиційному рідкому продукті (яблучному, ягідних соках), що подається в сушарку, доцільно збільшувати до 30-40% [7, 8].

При розробці композиційних продуктів на основі так званих «важкосохнучих» матеріалів, якими є фруктові і ягідні соки та інші види вуглеводо- і кислотовмісної сировини, в яких недостатньо власного структуруючого потенціалу, слід враховувати їх специфічні властивості [7, 8]:

- підвищення в'язкості і зниження коефіцієнту дифузії вологи в матеріалі з підвищеним вмістом сухих речовин при зневодненні;

- гальмування дифузійного процесу вологопереносу при зневодненні краплі, викликане різким підвищенням концентраційного градієнту на поверхні розділу фаз (ущільненої біополімерної плівки на поверхні висушеної краплі);

- термопластичність часток порошку в камері сушарки, обумовлена низькою температурою плавлення органічних кислот і вуглеводів в їх присутності;

- підвищена адгезійність часток, викликана в'язко-пластичним станом.

Як відомо [9], для покращення умов висушування таких складних матеріалів застосовують спеціальні структуруючі добавки рослинного або тваринного походження, наприклад, білкові. Завдяки структуруючим властивостям білків відбувається упорядкування структури часток, що утворюється в процесі структуроутворення при зневодненні у диспергованому стані, і тим самим підвищується їх придатність до висушування.

Виходячи з наведених вище даних, введення таких добавок до складу композицій на основі фруктових та ягідних соків має позитивно вплинути на процеси, що протікають при зневодненні як в об'ємі окремої краплі, так і в об'ємі камери розпилювальної сушарки, а також на якісні характеристики висушеного порошкового продукту за рахунок:

- покращення структуруючих та паропровідних властивостей матеріалу;
- інтенсифікації тепловологопереносу при сушінні,
- запобігання термопластичних і адгезійних властивостей порошоків,



- зниження їх кінцевої вологості,
- покращення структурно-механічних характеристик і збільшення виходу з сушарки.

Створення інноваційних енергоефективних технологій якісно нових функціональних і оздоровчих продуктів харчування базуються на результатах експериментальних досліджень у різних галузях науки і виробництва самих різних процесів, трансформацій і ефектів, що відбуваються в структурах і зв'язках вологи з матеріалом як об'єктів переробки та розпилювального сушіння в залежності від фізико-хімічних, гідродинамічних, температурно-вологісних або аеродинамічних чинників впливу [10-13].

Так, досить цікавими для розуміння механізмів досягнення ефекту консервації біологічно активних речовин у кислотно нестійких харчових середовищах і подальшого мікрокапсулювання при розпилювальному сушінні виявився досвід вивчення процесів структурування і комплексоутворення при консервуванні плодової продукції [14, 15].

При розробці нових композиційних продуктів на основі фруктових та ягідних соків найбільш доцільним є використання молочних білків в якості структуруючих добавок, оскільки поєднання фруктових соків з молочними білками дозволяє управляти кінетикою процесу сушіння та структурно-механічними характеристиками отриманих методом розпилювання порошків [7, 8]. Більш того, в процесі структуроутворення поверхневого шару крапель на його зовнішньому боці завдяки білкам утворюється захисна плівка, яка і забезпечує ефект мікрокапсулювання і збереження термолабільних біологічно активних складових вихідної сировини в процесі розпилювального сушіння і, тим самим, підвищує термостійкість матеріалу при сушінні [16, 17].

Мета роботи полягала у дослідженні процесу розпилювального сушіння яблучно- та ягідно-білкових композицій для визначення раціональних теплотехнологічних параметрів виробництва високоякісних порошкових продуктів оздоровчого і функціонального призначення.

Для досягнення поставленої мети були поставлені наступні науково-дослідні завдання:

- вивчити вплив температурних режимів на ефективність висушування і вихід порошку з камери розпилювальної сушарки;
- дослідити вплив виду білкової добавки на характеристики та вихід порошків;
- визначити раціональні теплотехнологічні параметри одержання сухої форми композиційних продуктів функціонального призначення з яблучного і ягідних соків та молочних білків.



1.2. Матеріали та методи дослідження

Матеріали досліджень:

- концентрат яблучного соку (далі КЯС) з вмістом сухих речовин 78% згідно з ДСТУ ISO 8128-2:2014 «Сік яблучний, концентрати соків яблук і напої, що містять сік яблука. Визначення вмісту патуліну. Частина 2. Метод з використанням тонкошарової хроматографії (ISO 8128-2:1993, IDT)»;

- сухе знежирене молоко (далі – СЗМ) згідно з ДСТУ 4273:2015 «Молоко та вершки сухі. Загальні технічні умови»;

- концентрат сироваткового білка (далі – КСБ) WPC-80 з вмістом білка не менше 80%, одержаний методом ультрафільтрації підсирної сироватки у виробництві твердих сирів (виробник Milkiland, Островія, Польща) або згідно з ДСТУ 4458:2005. «Концентрати білкові молочні. Технічні умови».

Стадія підготовки рідких композицій до розпилювального сушіння: високо-ефективна гідродинамічна обробка (ДІВЕ-обробка), яка включала змішування, диспергування та гомогенізацію суміші білкових компонентів та яблучного або ягідних соків, здійснювалась на дослідно-промисловому роторно-пульсаційному апараті (РПА) циліндричного типу БГ-3 продуктивністю 400–500кг/год, потужністю 5,5 кВт і числом обертів ротора $n=3000$ об/хв., розробленого в ІТТФ НАН України.

Розпилювальне сушіння проводили на експериментальній розпилювальній сушарці РЦ-1,3 циліндре-конічного типу продуктивністю 10кг/год за випареною вологою [7], оснащений відцентровим дисковим розпилювачем діаметром 0,12 м, швидкість обертання якого складала $n=18000$ об/хв.

Масова частка сухих речовин в рідкому продукті визначалася за ДСТУ 7804:2015 Продукти переробляння фруктів та овочів. Методи визначення сухих речовин або вологи.

Кінцева вологість порошку, отриманого на експериментальній розпилювальній сушарці РЦ-1,3, визначалась згідно з ДСТУ 8574:2015 Продукти молочні. Методи визначення масової частки вологи в молочних сухих та згущених консервах.

1.3. Дослідження процесу розпилювального сушіння яблучно- та ягідно-білкових композицій

Дослідження процесу розпилювального сушіння яблучно- та ягідно-



білкових композицій проводились на експериментальній сушильній установці РЦ-1,3 (рисунок 1).



Рисунок 1 - Експериментальна розпилювальна сушарки РЦ-1,3 продуктивністю 10кг/год за випареною вологою

Вихідний композиційний рідкий продукт готувався з яблучного соку або його концентрату (КЯС), який виробляється на вітчизняних консервних підприємствах, та структуруючих добавок, вироблених вітчизняними молокопереробними підприємствами. У дослідях також використовувались натуральні соки з обліпихи, чорниці, вишні та інші, а також концентрат бурякового соку, який використовували в якості барвника у кількості не більш 2-5%. В якості структуруючих добавок використовувались білки сухого знежиреного молока (СЗМ) та концентрату підсирної сироватки (КСБ) при різному (для виявлення найбільш ефективного) співвідношенні складових яблучного і ягідних соків з білками СЗМ: 2,7:1; 1:2 і з білками КСБ: 1:4; 1:2; 1:1,5; 1:1; 1:0,8; 1,5:1.

Перед розпилювальним сушінням рідкі композиції яблучного соку з білковими добавками проходили стадію підготовки до сушіння, яка передбачала ретельне змішування та гомогенізацію отриманої суміші в роторно-пульсаційному апараті (РПА) у режимі рециркуляції протягом декількох хвилин без підігріву. Така ДІВЕ-обробка рідкої композиції забезпечувала стабілізацію показників кислотності і високу ступінь гомогенності отриманої рідкої системи, яка протягом декількох годин роботи сушарки не проявляла ознак розшарування, проявляла достатньо стабільну текучість. Завдяки такій попередній ДІВЕ-обробці вихідної рідкої композиції відмічалась висока ступінь



однорідності крапель у факелі розпилу, що сприяло рівномірному їх висушуванню.

Отримані після ДІВЕ-обробки яблучно- та ягідно-білкові композиції характеризувались ароматним запахом, смаком і приємним кольором відповідно використаній сировині.

Вміст сухих речовин в підготовлених до сушіння яблучно- та ягідно-білкових композиціях в залежності від використаного яблучного соку ($C_o=9-12\%$), концентрату (КЯС, $C_o=30-40\%$) або свіже віджатих соків з ягід складав від 15% до 38%, а показники кислотності – в межах $pH=4-5$, що важливо для запобігання прояву термопластичних та адгезійних властивостей часточками порошків у високотемпературному середовищі в камері сушарки.

Оцінка ефективності процесу розпилювального сушіння яблучно-та ягідно-білкових композицій проводилась за показниками відносної кількості порошку $G_{пор1}$, що надійшла до приймальної ємності після циклонної сепарації, визначеної як відсоток від розрахункової за сухими речовинами C_o . Така оцінка ефективності процесу сушіння враховувала численні фактори впливу на процеси тепловологопереносу, структуроутворення твердої і міцної частинки в потоці повітря зі змінними параметрами – температури, вологості та швидкості.

І серія дослідів - сушіння яблучно-білкових композицій за помірних температурних режимів. В таблиці 1 наведені теплотехнологічні режимні параметри процесу розпилювального сушіння яблучно-білкових композицій, які подавались на відцентровий дисковий розпилювач за допомогою плунжерного насоса, та характеристики отриманих порошків.

Дослідження процесу сушіння проводились за двома температурними режимами, при яких фіксувалась продуктивність сушарки за рідким продуктом і вільний вихід порошку до приймальної ємності.

Аналіз отриманих експериментальних даних (таблиця 1) показує, що порошкову форму яблучно-білкових композицій можна одержувати методом розпилювання при зазначених температурних режимах за умов доволі низької продуктивності сушильної установки за рідким продуктом, що негативно впливає на рентабельність роботи установки у такому режимі.

Найбільш ефективними за показниками вільного виходу порошкового продукту з сушарки ($G_{пор1}$) і його характеристик були досліди з розпилювального сушіння композицій КЯС+КСБ (з білками підсирної сироватки) при вмісті білків у вихідній композиції $\geq 50\%$. Вільний вихід порошків до приймальної ємності згідно показнику $G_{пор1}$ при сушінні цих композицій (табл. 1) залежав від температурних режимів сушіння, а найбільшим (до 80-90%) виявився у дослідах



Таблиця 1 – Теплотехнологічні режимні параметри процесу розпилювального сушіння яблучно-білкових композицій та характеристики отриманих порошків

Показники	Вид білку у яблучно-білковій композиції			
	СЗМ	КСБ	СЗМ	КСБ
	I		II	
Температура теплоносія на вході в камеру $T_{вх}$, °С	140-150		150-160	
Температура теплоносія на виході з камери $T_{вих}$, °С	90-92			
Продуктивність установки за рідким продуктом $G_{рід}$, л/год	2,4-3,75		4,0-4,5	
Вільний вихід порошку до приймальної ємності $G_{пор1}$, %	≤40-50	≤60-80	≤50-60	≤80-90
Середнє значення кінцевої вологості порошків $W_{кін}$, %	7,2	5,9	5,7	4,3
Кут природного укусу порошку, град	48	42	41	39
Насипна густина ρ , кг/м ³	0,58	0,54	0,53	0,50
Термін зберігання, міс.	-	6	6	8

з $T_n=160^\circ\text{C}$ без урахування решти порошку, який легко змітався зі стінок камери по закінченні досліду. Перевищення вільного виходу порошків композицій КЯС+КСБ у порівнянні з композиціями КЯС+СЗМ складало в середньому до 30-35%.

Для порівняння з композицією КЯС+КСБ був проведений додатковий дослід. За I режимів сушіння було висушено композицію КЯС+гарбузовий сік+КСБ з $C_o=15\%$ і співвідношенні складових 3:1:0,7. За співвідношенні вільного виходу порошку при періодичному простукуванні камери до загального 70%/92% камера після обмітання була цілком чиста. Такий результат можна пояснити високим вмістом пектинів та інших структуруючих речовин у гарбузовому соку, які компенсували низький вміст білків КСБ і тим самим забезпечили ефективність розпилювального сушіння. Порошок мав пісочний колір і приємний фруктовий-молочний аромат і смак. При вологості 4,6%, насипній густині 0,48кг/м³ та природному куті укусу 41°, порошок був недостатньо сипким, і вимагав герметичної упаковки через прояви гігроскопічності.

Найкращі результати при сушінні композицій КЯС+СЗМ (білками знежиреного молока) були отримані при вмісті білків у вихідній композиції у 66% за сухими речовинами. Менший вихід порошків з СЗМ до приймальної



ємності пояснюється погіршеними структурно-механічними характеристиками, як видно з таблиці 1, і відкладеннями його на стінках камери. При періодичному простукуванні камери частина порошку осипалася, а решта створювала щільний шар продукту на стінках, що ускладнювало умови своєчасного його видалення з зони термічної дії в сушарці. Такий порошок змітався зі стінок після зупинки і охолодження камери, а за мікроструктурним аналізом мав агломеровану форму часток за рахунок такого температурно-вологісного стану, коли спрацьовують адгезійні та когезійні сили зчеплення поміж ними.

При сушінні яблучно-білкової композиції КЯС+СЗМ із співвідношенням складових 2,7:1 відмічались значні відкладення продукту з проявами адгезійного налипання на стінках камери. Серед досліджених режимних параметрів сушіння найбільший вихід таких порошоків (до 60%) був отриманий при $T_{\text{п}}=160^{\circ}\text{C}$, що свідчить про недостатній структуруючий потенціал матеріалу і необхідність збільшення білкової складової у композиції.

Отже, КСБ виявився не тільки джерелом цінного білка у складі яблучно-білкових композицій, а й за рахунок покращення структуруючих, вологопровідних властивостей матеріалу при сушінні та структурно-механічних характеристик порошку здатний забезпечувати більш ефективно його висушування, про що свідчать значно менша кінцева вологість порошоків композицій КЯС+КСБ (таблиця 1) та більший його вихід з камери сушарки на відміну від порошоків композицій КЯС+СЗМ.

Підвищена кінцева вологість порошкових яблучно-білкових композицій, отриманих за більш низьких з досліджених режимів сушіння ($140-150^{\circ}\text{C}$), обумовила схильність їх до грудкування. А гігроскопічність зразків отриманих у цій серії дослідів порошоків, що містили найменший відсоток білків ($<50\%$) з часом втрачали однорідність і сипкість, що негативно вплинуло на термін їх зберігання (таблиця 1).

Зразки порошоків КЯС+КСБ з вмістом білків у вихідній композиції $\geq 50\%$ за сухими речовинами, отримані при температурі на вході в камеру 160°C (таблиця 1), характеризувались як найкращі серед усіх отриманих в I серії дослідів завдяки найменшій кінцевій вологості, покращеним структурно-механічним характеристикам та збільшеному терміну їх зберігання у сипкому і однорідному стані.

Отримані яблучно-білкові порошоківі продукти характеризувались високими органолептичними властивостями: приємним запахом і смаком. В органолептичних ознаках порошоків відмічався вплив переважаючого за кількістю компоненту. Так, при співвідношенні складових 1:2 переважали



ознаки білків з приємним тонким фруктовим присмаком і ароматом.

II серія дослідів - сушіння композицій КЯС+КСБ за більших температур теплоносія. З метою зменшення відкладень і прояву адгезійних властивостей в камері розпилювальної сушарки, а також зниження кінцевої вологості порошку в подальших дослідах процес розпилювального сушіння проводили за більш високих температурних режимів та із застосуванням системи термостатування стінок камери.

У даній серії дослідів процес розпилювального сушіння проводили з композиціями КЯС+КСБ, в яких вміст сухих речовин складав $C_0=25-32\%$ в залежності від використаного яблучного соку або його концентрату при зазначених вище співвідношеннях складових і значеннях $pH=4,0-5,2$.

Процес розпилювального сушіння проводився за трьома температурними режимами теплоносія на вході в камеру, наведеними в таблиці 2.

Таблиця 2 – Теплотехнологічні режимні параметри процесу розпилювального сушіння яблучно-білкових композицій КЯС+КСБ та характеристики отриманих порошків

Показники	I	II	III
Температура теплоносія на вході в камеру $T_{вх}, ^\circ C$	150-160	160-165	165-170
Температура теплоносія на виході з камери $T_{вих}, ^\circ C$	85-90	85-88	90
Температура термостатування стінок камери $T_{ст}, ^\circ C$	60-65		
Продуктивність установки за рідким продуктом $G_{рід}, л/год$	2,5	3,75	4,5
Вільний вихід порошку до приймальної ємності $G_{пор1}, \%$	83-91	90-92	93-95
Середнє значення кінцевої вологості порошку $W_{кін}, \%$	3,9-4,2	3,6-3,8	3,4-3,6
Кут природного укосу, град	39	37	31
Насипна густина $\rho, кг/м^3$	0,56	0,50	0,46
Термін зберігання порошку, міс.	8-10	10-12	≥ 12

Процес розпилювального сушіння композицій КЯС+КСБ незалежно від температурних режимів відбувався без ускладнень і за відсутністю суттєвих відкладень на стінках камери з достатньо високим виходом порошку (таблиця 2). Порошкова форма композицій, в яких вміст білку складав $\geq 50\%$ за сухими речовинами, відрізнялась від решти зразків порошку однорідністю дисперсного складу і значно кращою сипкістю, чим пояснювалися найбільші показники



виходу порошку до приймальної ємності серед наведених в таблиця 2 меж значень.

Для зразків порошоків із вмістом білків КСБ <50% (1:0,8; 1,5:1), отриманих за I режимом сушіння, характерні найбільші показники кінцевої вологості ($W_{\text{пор}}=4,0\%$, таблиця 2), гігроскопічність і непридатність до тривалого зберігання. Порошки з вмістом білків у композиціях $\geq 50\%$ гігроскопічність не проявляли і зберігались до 8-10 міс.

Зразки порошоків з вмістом білків КСБ $\geq 50\%$, отримані за II та III режимами сушіння (табл.2), не проявляли гігроскопічних властивостей і у герметичній упаковці зберігали сипкість, однорідність та чудові органолептичні властивості протягом 12 міс. і більше.

Як показали отримані експериментальні дані (таблиця 1 та таблиця 2), термостатування стінок камери, з одного боку, сприяло пом'якшенню умов поступового охолодження порошку у пристінній зоні, покращенню структурно-механічних характеристик порошоків і значному збільшенню показників вільного виходу порошку. Завдяки цьому стало можливим досягти достатньо високого для умов малогабаритної розпилювальної камери рівня виходу порошку. З іншого боку, термостатування стінок камери призвело до зменшення продуктивності розпилювальної сушарки майже вдвічі у порівнянні з тими ж умовами сушіння ($T_{\text{п}}=160^{\circ}\text{C}$, табл.1) без застосування термостатування стінок камери. Проте підвищення параметрів $T_{\text{вх}}/T_{\text{вих}}$ сприяло зменшенню значень кінцевої вологості порошоків $W_{\text{кін}}$, що важливо для забезпечення довготривалого терміну зберігання порошкової форми таких композиційних продуктів у сипкому однорідному стані.

III серія дослідів - сушіння композицій яблучного та ягідних соків з комплексом білків (КСБ+СЗМ). За результатами попередніх досліджень кінетики сушіння одиничних крапель композицій яблучного соку з білками СЗМ та КСБ постало питання доцільності і ефективності застосування білків обох цих продуктів у поєднанні в єдиній композиції з яблучним або іншими соками, чому і були присвячені досліді III серії, теплотехнологічні режими яких наведені в таблиці 3. Значення рН композицій у цій серії дослідів складали 4,3-5,5.

За I режимів процесу сушіння досліджувались композиції із однаковим співвідношенням сухих речовин соку та комплексу білків $4:(4,5:1,5)=4:6=2:3$ або, якщо білки приймати як один компонент КСБ:СЗМ=4,5:1,5=3:1:

1. КЯС+(КСБ+СЗМ) з $C_0=32\%$, в який для надання привабливого забарвлення порошковому продукту добавили буряковий сік у кількості 5% від загальної маси сухих речовин;



2. Обліпиховий сік+(КСБ+СЗМ) з $C_o=21\%$;

3. Вишневий сік+(КСБ+СЗМ) з $C_o=20\%$;

За II режимів процесу сушіння досліджувались композиції із співвідношенням сухих речовин вишневого соку та комплексу білків 1:2 (КСБ:СЗМ=3:1):

4. Вишневий сік+(КСБ+СЗМ) з $C_o=28\%$ і $pH=5,5$;

Та композиції із співвідношенням сухих речовин соків та комплексу білків 2:3 (КСБ:СЗМ=2:1):

5. Чорничний сік +(КСБ+СЗМ) з $C_o=20\%$;

6. Суничний сік+(КСБ+СЗМ) з $C_o=20\%$,

За III режимів процесу сушіння досліджувалася композиція:

7. КЯС+(КСБ+СЗМ) з $C_o=32\%$ і співвідношенням складових 4:4,5:1,5 (КСБ:СЗМ=3:1 аналогічно п.1).

Дослідження показали, що в переважній більшості за I режимів процес розпилювального сушіння вимагав періодичного простукування стінок камери, при цьому порошок осипався і частково (45-75%) надходив до приймальної ємності, що пояснюється незадовільною сипкістю та дещо підвищеною кінцевою вологістю (табл. 3). Це можна пояснити недостатнім підводом тепла до висушеного матеріалу за зазначених температур теплоносія I режимів сушіння. Решта порошку, що осідав в камері, по закінченні досліду і охолодження камери змталася. Загальний вихід порошку був недостатнім і складав до 80% (таблиця 3).

Отримані зразки дрібнодисперсних порошоків мали приємні фруктово-білкові присмаки і аромати відповідні використаній сировині. Обліпиховий і вишневий порошки характеризувались недостатньою сипкістю і схильністю до грудкування. Зразок №1 (обліпиховий) мав яскравий жовтий колір, №2 – блідно-вишневий, а №3 - чудовий рожевий. Незважаючи на те, що значна частина отриманого порошку була зметена зі стінок камери, зразки порошоків не проявляли гігроскопічних властивостей і зберігали свої первинні якості протягом 10-12 місяців за умов герметичного пакування завдяки достатньому вмісту білків у композиціях.

Процес розпилювального сушіння композицій №№4-6 за II режимів та №7 за III режимів сушіння відбувався за значно кращих умов і був більш ефективним завдяки більшим температурам теплоносія, про що свідчать значно менші показники кінцевої вологості (таблиця 3). Завдяки покращенню структурно-механічних характеристик порошки у цих дослідах більш активно надходили до приймальної ємності у вільному режимі (80-95%). Після обмітання стінки камери



практично в усіх дослідах були чистими. Загальний вихід порошків збільшився до 92-95%.

Таблиця 3 - Теплотехнологічні режимні параметри процесу розпилювального сушіння композицій соків з білками КСБ і СЗМ та характеристики отриманих порошків

Показники	I			II			III
	1	2	3	4	5	6	7
Температура теплоносія на вході в камеру $T_{вх}$, °C	165-168			170-175			180-185
Температура теплоносія на виході з камери $T_{вих}$, °C	85			90-92			85
Температура стінок камери $T_{ст}$, °C	60-65						
Продуктивність установки за рідким продуктом $G_{рід}$, л/год	3,5-4,0			4,3-4,5			5,3
Вільний/загальний вихід порошку до приймальної ємності $G_{пор1}$, %	$\frac{75}{80}$	$\frac{65}{80}$	$\frac{45}{80}$	$\frac{92}{95}$	$\frac{87}{92}$	$\frac{80}{93}$	$\frac{80}{94}$
Середнє значення вологості порошку $W_{кін}$, %	4,5-4,8			3,0-3,5			2,5-2,8
Кут природного укусу, град	39-45			31-36			35
Насипна густина ρ , кг/м ³	0,53			0,47			0,45
Термін зберігання порошку, міс.	10-12			12			≥ 12

Слід зауважити, що значне збільшення вільного виходу порошку вишневої композиції (№4, таблиця 3) пояснюється збільшенням показників C_o , рН у вихідному рідкому продукті та збільшенням температурних режимів сушіння, що завдяки значному вмісту КСБ (КСБ:СЗМ=3:1) сприяло інтенсифікації дифузійних процесів тепловологопереносу і покращенню структурно-механічних характеристик порошку.

Отримані порошки мали чудові органолептичні характеристики. Порошок композиції № 4 (з вишневим соком) мав бузковий колір, аромат вишні і білковий смак, порошок композиції №5 (з чорничним соком) мав фіолетовий колір, білковий смак і аромат, порошок композиції №6: (з суничним соком) – молочний колір і смак і суничний аромат, а порошок композиції №7 (на яблучному соку) – кремовий колір з молочним ароматом і кислуватим присмаком. За відсутністю проявів гігроскопічності зберігали свої структурно-механічні і органолептичні властивості до 12 місяців і більше.

Як показали результати III серії досліджень (таблиця 3), де



використовувалось термостатування стінок камери, збільшення температурних режимів розпилювального сушіння від 165°C до 185°C сприяло підвищенню продуктивності сушарки за рідким продуктом на 35%.

Таким чином, отримання високоякісних фруктово-білкових композицій у порошковій формі методом розпилювання досягається при вмісті білкової складової, зокрема КСБ, $\geq 50\%$. Такий вміст білків, в першу чергу КСБ, в композиціях з яблучним або іншими соками дозволяє процес розпилювального сушіння проводити за підвищених температурних режимів, що без шкоди для продукту забезпечує високі структурно-механічні і органолептичні характеристики, низьку кінцеву вологість і тривалий термін зберігання порошків.

Введення до яблучно-білкових композицій інших соків сприяло отриманню нових різноманітних відмінностей органолептичних характеристик висушених порошків без особливого якогось впливу на процес сушіння:

- при додаванні бурякового соку - приємного рожевого кольору;
- при додаванні соку з обліпихи – яскраво-жовтого кольору,
- при додаванні соку чорної смородини – світло-бузкового кольору.

Таке розмаїття яскравих відтінків і смаків фруктово-білкових порошків, отриманих на експериментальній розпилювальній сушарці, в подальшому зацікавило виробників м'яких форм морозива.

Результати проведених досліджень показали, що розпилювальним методом можуть бути одержані в порошковій формі нові цінні продукти з максимальним збереженням біологічно активних складових сировинного матеріалу для широкого використання у харчуванні різних верств населення.

Слід зазначити, що порошки, до складу яких в якості стабілізуючої добавки входив КСБ, мали дещо кращі структурно-механічні характеристики, ніж порошки із добавкою виключно ЗМ.

Висновки

Проведений комплекс експериментальних досліджень показав, що порошкову форму нових композиційних продуктів функціонального призначення з яблучних та ягідних соків доцільно виробляти методом розпилювального сушіння за умов поєднання їх з білками КСБ та СЗМ, що дозволяє процес сушіння проводити за більших температурних режимів без шкоди для цінного складу біологічно активних речовин сировинного матеріалу і



отримувати високоякісні порошки тривалого терміну зберігання.

Встановлено, що для підвищення ефективності висушування і отримання сипкого порошку низької кінцевої вологості вміст білків КСБ або комплексу КСБ+СЗМ у вихідній композиції з соками має складати $\geq 50\%$, температура теплоносія на вході в камеру має складати 180-185°C, а на виході з камери розпилювальної сушарки доцільно організувати умови для поступового охолодження порошку.

Встановлено, що застосування термостатування стінок камери призводить до зниження продуктивності сушарки РЦ-1,3 у 3-4 рази у порівнянні з паспортними технічними параметрами установки, при цьому збільшення температурних режимів сушіння від 165°C до 185°C сприяло підвищенню продуктивності за рідким продуктом до 30-35%.

Запропоновані композиційні продукти з соків та молочних білків у формі порошку можуть використовуватися у промисловому виробництві широкого асортименту різних продуктів функціонального (оздоровчого) призначення. У відновленому стані напоїв, м'яких видів морозива, йогуртів або при додаванні їх (яблучно- та ягідно-білкових порошоків) в їжу як смакових добавок сприятиме оздоровленню та посиленню імунітету людини.