

Секція 2 ОБЛАДНАННЯ ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ ТА УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСІВ І АПАРАТІВ ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ

УДК 644.8:658.562.5

О.І. Черевко, д-р техн. наук

Л.В. Кіптела, д-р техн. наук

В.О. Захаренко, д-р техн. наук

О.Є. Загорулько, канд. техн. наук

Д.В. Постольнік, асист.

ОБГРУНТУВАННЯ СТАБІЛЬНОСТІ СТРУКТУРИ БАГАТОКОМПОНЕНТНИХ ПАСТ ІЗ ДИКОРОСЛОЇ ПЛОДОВО-ЯГІДНОЇ СИРОВИНИ

Визначено міцність структури багатокомпонентних паст із дикорослої сировини з використанням модифікованого сорбційного методу. Показано, що добавки дикорослої плодово-ягідної сировини з високим вмістом пектину – айва, чорниця, бузина, зізіфус – максимально структурують зразки.

Определена прочность структуры многокомпонентных паст из дикорастущего сырья с использованием модифицированного сорбционного метода. Показано, что добавки дикорастущего плодово-ягодного сырья с большим содержанием пектина – айва, черника, бузина, зизифус – максимально структурируют образцы.

Determined by the strength of the structure of multi-component pastes with native materials using a modified sorption method. Shown that the addition of wild fruits and berries rich in pectin – a quince, blueberries, elderberries, zizifus – structures as examples.

Постановка проблеми у загальному вигляді. Харчові напів-фабрикати рослинного походження є невід'ємною частиною сучасних рецептур [1], що широко використовується в практиці харчових виробництв. Вони належать до класу зв'язно дисперсних систем, в яких частки дисперсної фази утворюють жорсткі просторові структури, або каркаси. Процес видалення вологи з таких продуктів супроводжується порушенням сил, які утримують її із скелетом, і вимагає певної енергії, яка залежить від структури гелю. Таким чином, пориста структура харчового продукту є важливою характеристикою його будови, що визначає процес поглинання чи випарювання вологи під час зберігання продукту або процеси тепло – масоперенесення під час його виготовлення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Для визначення впливу пористої будови продукту на процеси, які мають місце як у ході його виготовлення, так і під час зберігання, необхідно охарактеризувати його модельним тілом. Найпростіша модель, яка широко використовується на практиці, – це капілярна модель, що є системою паралельних капілярів із різними радіусами, які зв'язані між собою [2]. Як показують експериментальні дослідження [2], процеси випарювання, й масоперенесення точно описуються такою моделлю. Вона однозначно характеризується пористістю Π і диференціальною функцією розподілу (ДФР) пор за радіусами $f(r)$. ДФР нами визначалася як

$$f(r) = \frac{dV}{V_n dr}, \quad (1)$$

де V_n – загальний об'єм пор у продукті; dV – об'єм пор у продукті в інтервалі радіусів $r, r + dr$; dr – вузький інтервал пор у продукті.

Необхідно відзначити також, що всі порожнини в продукті поділяються на мікрокапіляри (радіус пор менше 10^{-7} м) і макрокапіляри (радіус пор більше 10^{-7} м). Це створює певні труднощі під час визначення ДФР досліджуваних продуктів (паст), оскільки залежно від типу або розміру пор "працюють" різні механізми в ході взаємодії молекул води з продуктом, а отже, для знаходження ДФР в області мікро- і макропор використовуються принципово різні методи. Але, оскільки ДФР у продукті одна, необхідно поєднувати обидві криві, що створює додаткові труднощі для її знаходження.

Мета та завдання статті. Визначити міцність структури багатоконпонентних паст на основі яблука та добавок дикорослої плодово-ягідної сировини (ДПС) з використанням модифікованого сорбційного методу.

Виклад основного матеріалу дослідження. У роботі досліджувалась пориста структура паст, в яких замість основного компонента використали яблуко, а замість добавок, які різко змінюють консистенцію та смакові властивості паст, – різну дикорослу сировину: айву, чорницю, бузину, зізіфус. Сировину попередньо бланшували гострою парою протягом 5...10 хв. Розварені плоди протирали на здвоєній протиральній машині з діаметром отворів сита 0,5...0,7 мм, а потім отриману масу після подрібнення концентрували при залишковому тиску 13...15 кПа на роторно-плівковому апараті до отримання 28...30% СР. Числові значення цих компонентів наведено в табл. 1.

Таблиця 1 – Рецептурні компоненти паст із ДПС

Компонент, г	Композиція 1			Композиція 2			Контроль
	1а	1б	1в	2а	2б	2в	
Яблуко	60	70	50	60	70	50	100
Айва	35	25	45	-	-	-	
Бузина	5	5	5	-	-	-	
Зізіфус	-	-	-	35	25	45	
Чорниця	-	-	-	5	5	5	

Отримана багатокомпонентна харчова маса істотно відрізняється за пористою структурою від початкової структури окремо взятих компонентів. Природно, що зміна в пористій структурі паст приведе до змін у зв'язуванні й утримуванні вологи, тобто до перерозподілу вологи за формами зв'язку, змін реологічних властивостей і консистенції продукту. Це диктує необхідність установлення закономірностей формування структури паст у разі зміни співвідношення добавок (три варіанти для кожного зразка). За критерій, який дозволяє позитивно оцінити структурні зміни в пастах у разі зміни співвідношень компонентів, зокрема механічну міцність паст, співвідношення вільної та зв'язаної вологи, консистенцію продукту, була обрана дисперсність, яка однозначно характеризується середнім радіусом пористої структури продукту \bar{r} , є його зворотною величиною.

$$\bar{r} = \int_{r_{\min}}^{r_{\max}} r f(r) dr, \quad (2)$$

де r_{\min} – мінімальний радіус мікрокапілярів; r_{\max} – максимальний радіус мікрокапілярів.

Під час змішування компонентів, що входять до складу паст, провідну роль відіграє поверхневий контакт частинок (гелів): чим він більший, тим міцніше утриматимуться компоненти і паста не руйнуватиметься, а також хімічна спорідненість різних компонентів між собою. Перший показник надійно контролюється ДФР, яка в області мікропор визначається шляхом аналізу ізотерм десорбції [3]. Мікропори в пастах, хоча і присутні, але їх кількість значно менше від мікрокапілярів і, крім того, енергія зв'язку вологи в них значно менша по відношенню до мікрокапілярів, тому їх внесок у міцнісні властивості не враховуватимемо.

Для побудови ізотерм десорбції або сорбції найчастіше застосовується тензометричний спосіб Ван-Бамелена – статичний метод, згідно з яким зразки з відомим вологовмістом (у разі десорбції) витримуються в ексикаторах над водяним розчином сірчаної кислоти або деяких солей. Відомій концентрації розчину при цій температурі відповідає певний парціальний тиск пари, тобто значення φ . Основний недолік методу – це складність досягнення рівноважного стану за відносних вологостей φ , близьких до одиниці, через псування продукту. Тому робилися численні спроби отримати емпіричним шляхом аналітичне рівняння для ізотерм сорбції-десорбції, яке дало б можливість визначити рівноважну вологість продукту для будь-яких значень φ , включаючи гігроскопічну величину ($\varphi=1$).

Загальним недоліком рівнянь, отриманих шляхом обробки експериментальних даних щодо сорбції-десорбції являється їх обмежене застосування лише для деяких вузьких інтервалів значень відносної вологості повітря, зважаючи на неповну відповідність цих класичних схем реальній ситуації в харчових продуктах, а також неможливість отримати аналітичне рівняння для ДФР продукту і, отже, оцінити дисперсність продукту.

Нами запропоновано для опису ізотерм сорбції-десорбції наступне рівняння [4]

$$W = W_0 \exp\left(-\frac{a \cdot \ln r + \varepsilon}{r}\right), \quad (3)$$

де W_0 – гігроскопічне значення продукту; a і ε – постійні, які знаходяться, виходячи з виду експериментальної ізотерми сорбції-десорбції, нм; r – радіус капіляра, м.

Відмінною особливістю цієї методики є те, що постійні a і ε , які входять у рівняння (3), одночасно входять і в аналітичний вираз, який описує ДФР $f(r)$, а саме:

$$f(r) = \frac{\varepsilon - a + a \ln r}{r^2} \exp\left(-\frac{a \cdot \ln r + \varepsilon}{r}\right), \quad (4)$$

Це значно спрощує знаходження ДФР для харчових продуктів. Використання рівняння (3), відповідно вибираючи значення параметрів a , ε , W_0 , дозволяє знаходити значення рівноважних вологостей кривих сорбції-десорбції в усьому діапазоні відносної вологості повітря, аж до його гігроскопічного значення. Для підвищення точності отри-

маних значень a , ϵ , W_0 необхідно підбирати значення φ й усереднювати обрані значення параметрів кривої (3). Ці операції зручно виконувати з використанням спеціальної програми на ПЕОМ.

Перехід від відносної вологості повітря (φ) до радіусів мікрокапілярів (r) здійснюється за формулою [5]

$$r = \frac{2\sigma V}{RT \ln \varphi} \quad (5)$$

де – σ поверхневий натяг, Н/м; V – молярний об'єм води, моль/м³; R – газова стала, Дж/град·моль; T – температура, К.

Такий підхід дозволяє легко за експериментальними точками ізотерм сорбції-десорбції визначити параметри a і ϵ (а за необхідності й W_0) і за формулами (2), (4) оцінити дисперсність експериментальних зразків.

У табл. 2 наведено експериментальні значення рівноважних вологостей двох зразків (компоненти, які входять у зразки, наведені в табл. 1). Для знаходження значень a , ϵ , W_0 спочатку використали експериментальні значення при $\varphi=0,2$; $\varphi=0,4$ менше $\varphi=0,9$, а потім при $\varphi=0,4$; $\varphi=0,6$; $\varphi=0,9$. Отримані значення a і ϵ усереднювали та надалі використали для побудови ДФР за формулою (4).

Таблиця 2 – Експериментальні значення початкових вологовмістів зразків і розрахункові значення параметрів ізотерм і ДФР

Стала ізотерма	Зразок						Контроль
	1а	1б	1в	2а	2б	2в	
a	1,095 нм	1,2 нм	0,73 нм	0,177 нм	0,319 нм	0,128 нм	1,48 нм
ϵ	1,88 нм	2,9 нм	1,273 нм	1,428 нм	1,31 нм	1,384 нм	1,77 нм
W_0	0,430	0,48	0,317	0,51	0,470	0,5	0,6
$r_{прев}$	1,1 нм	1,1 нм	0,9 нм	0,6 нм	0,8 нм	0,7 нм	1,75 нм
$W_{\varphi=0,2}$	0,050	0,083	0,073	0,067	0,055	0,069	0,106
$W_{\varphi=0,4}$	0,073	0,095	0,095	0,146	0,162	0,152	0,111
$W_{\varphi=0,6}$	0,120	0,181	0,134	0,244	0,283	0,248	0,150
$W_{\varphi=0,9}$	0,282	0,279	0,238	0,426	0,446	0,430	0,370

Як контрольний зразок у роботі використовували сировинну основу – яблуко. Криві ДФР для зразків із різним вмістом дикорослої сировини наведено на рис. 1, 2.

Графіки розподілу пор за радіусами (ДФР) для зразків 1 і 2 подано на рис. 1 і 2. Наведені криві є типовими для мікропорової області, оскільки містять максимуми. Очевидно, що чим вища дисперсність зразків, тим більша кількість мікрокапілярів із меншим радіусом пор, а отже, більша контактна поверхня між компонентами, які утворюють комбінований продукт, і за інших рівних умов сила зчеплення між компонентами буде більшою.

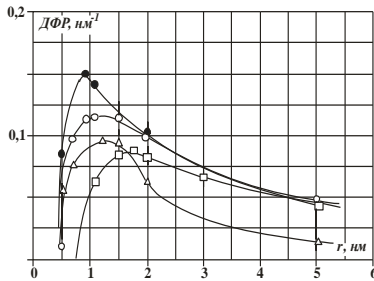


Рисунок 1 - Диференційна функція розподілення пор за радіусами в пастах: ○-1а, △-1б, ●-1в, □- контроль 100%

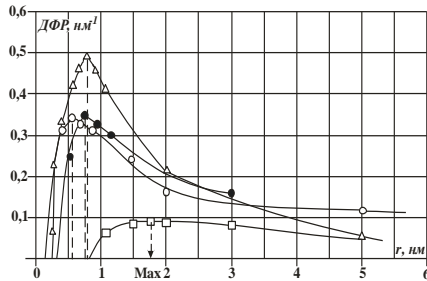


Рисунок 2 - Диференційна функція розподілення пор за радіусами в пастах: ○-1а, △-1б, ●-1в, □- контроль 100%

Аналіз наведених на рис. 1 та 2 графіків ДФР показує, що криві ДФР розташовуються тісно, тобто відсутній переважаючий вплив якогось-небудь із зразків за умов збільшення концентрації добавки, що в цілому вказує на малі зміни дисперсності в разі зміни рецептури паст. Але порівняння максимальних значень ДФР для контрольного і досліджуваних зразків показує, що в разі внесення добавок максимальні значення ДФР зміщуються в сторону малих радіусів пор у 2...2,2 разу, що вказує на значне збільшення їх дисперсності.

Для оцінки впливу добавок на дисперсність отриманих зразків скористаємося формулою (2) для знаходження середнього радіуса мікрокапілярів, оскільки його значення – зворотна величина дисперсності.

Інтеграл у формулі (2) знаходимо графічним шляхом. Середні радіуси мікрокапілярів з урахуванням $f(r)$ на рис. 1 і 2 мають такі значення: 1а – $\bar{r}=2,37$ нм, 1б – $\bar{r}=2,08$ нм, № 1в – $\bar{r}=1,82$ нм, далі: 2а – $\bar{r}=1,51$ нм, 2б – $\bar{r}=1,69$ нм, 1в – $\bar{r}=1,7$ нм.

Аналіз отриманих значень для \bar{r} показує, що, дійсно, дисперсність досліджених зразків відрізняється мало. Проте у зразка 1 простежується тенденція до зниження дисперсності за умов переходу від

концентрації айви 25% (зразок 1б) до 35% (зразок 1а) і зростання дисперсності з подальшим збільшенням концентрації айви до 45% у зразку 1в. Тепер порівняємо вплив довокок айви на дисперсність одержаних паст, виходячи з одержаних значень середнього радіуса мікрокапілярів. Відхилення середнього радіуса мікрокапілярів \bar{r} між зразками 1б і 1а становить 13%, тоді як точність сорбційного методу становить 15%, тобто в даному випадку немає сенсу говорити про зростання міцності за умов внесення 35% айви порівнянно з її додаванням у кількості 25%. Те ж саме можна стверджувати і в разі додавання 45% айви у пасту замість основи – яблука. У цьому випадку відбувається зменшення значення середнього радіуса, але воно теж становить всього 13%, що знаходиться у межах похибки сорбційного методу.

Якщо порівняти вплив добавки зіфіусу на дисперсність одержаних паст, то, виходячи із значень середніх радіусів мікрокапілярів, маємо таке: при збільшенні концентрації зіфіусу від 25 до 35% (зразки 2б і 2а) маємо збільшення дисперсності одержаних паст, а в разі збільшення зіфіусу до 45% – навпаки, відбувається зниження дисперсності пасти. Виходячи з того, що середні радіуси паст зразків 2а, 2б та 2в відрізняються між собою на 12%, то можна стверджувати, що вплив концентрації добавки зіфіусу на міцність паст, як і в попередньому випадку, мінімальний.

Оцінка дисперсності за середнім радіусом пор \bar{r} дозволяє також зіставити адекватність добавок за умов їх використання для підвищення дисперсності зразків. Для цього зіставимо середні радіуси переважаючих зразків 1 і 2, які наведено вище. Для зразка 1 найбільшу дисперсність має зразок 1в середнім радіусом $\bar{r}=1,82$ нм, тоді як у зразка 2 переважаючим за дисперсністю є зразок 2а із середнім радіусом $\bar{r}=1,5$ нм. Оскільки середній радіус у зразка 2а менше в 1,2 разу від середнього радіуса для зразка 1в, то відповідно, дисперсність зразка 2а вища в 1,2 разу відносно до зразка 1в. Це означає, у свою чергу, що ефективність добавки зіфіусу по відношенню до айви в даному випадку вища в 1,2 рази.

Висновки. Таким чином, аналіз дисперсності паст, що розробляються, до складу яких входить дикоросла сировина із середнім радіусом мікрокапілярів \bar{r} , дозволяє оцінити внесок кожної з добавок у збільшення дисперсності продукту, його питомої поверхні, порівняти силу зчеплення між компонентами, що утворюють комбінований продукт, через поверхню їх зіткнення.

Список літератури

1. Черевко, О. І. Фруктові пасти з використанням дикорослої сировини [Текст] / О. І. Черевко, Л. В. Кіптела, О. Є. Загорулько // Харчова та переробна промисловість. – 2002 – № 3. – С. 18–19.

2. Коган, В. Г. [Текст] / В. Г. Коган, В. А. Лавровский // Коллоидный журнал. – 1965. – Т.27, № 3. – С. 31–35.

3. Гинзбург, А. С. Массообменные характеристики пищевых продуктов / А. С. Гинзбург, И. М. Савина. – М. : Легкая и пищевая пром-сть. – 1982. – 280 с.

4. Пивоваров, П. П. К вопросу повышения уровня экспертизы пористых пищевых продуктов [Текст] / П. П. Пивоваров, В. А. Захаренко, В. А. Потапов // Сучасний ринок товарів та проблеми здорового харчування : всеукраїнська науково – практична конференція, 21 – 22 жовтня 2009 р. – Х. : ХДУХТ, 2009. – С. 247–252.

Отримано 30.10.2011. ХДУХТ, Харків.

© О.І. Черевко, Л.В. Кіптела, В.О. Захаренко, О.Є. Загорулько, Д.В. Постольнік, 2011.

УДК 664-404.9:663.865.004.12

О.І. Черевко, д-р техн. наук, проф.

О.А. Маяк, канд. техн. наук, доц.

О.С. Гарбузова

ЭКСТРУЗИЯ ЯК ПРОЦЕС РЕСТРУКТУРУВАННЯ М'ЯСНИХ ПРОДУКТІВ

Розглянуто можливість використання процесу екструзії для виробництва м'ясних виробів. Запропоновано використання додаткових компонентів та зміну параметрів м'яса в каналі екструдера.

Рассмотрена возможность использования процесса экструзии для производства мясных изделий. Предложено использование дополнительных компонентов и изменение параметров мяса в канале экструдера.

In this article the possibility of using an extrusion process for the production of meat products. The use of additional components and changing the meat to feed the extruder.

Постановка проблеми у загальному вигляді. Процес екструзії займає значне місце серед технологічних процесів як в харчовій промисловості, так і в інших промислових галузях. Термін «екструзія» має декілька значень залежно від сфери застосування. Так у харчовій промисловості екструзія має значення від латинського «extrudo» – виштовхувати.

Це є метод модифікації білкової структури з метою здобуття аморфної біополімерної маси. Використовується для виробництва кормів для тварин, продуктів харчування (ковбасні вироби, дозування та