

24. Терешкін, О. Г. Дослідження параметрів комбінованого процесу очищення цибулі ріпчастої [Текст]: зб. наук. пр. / О. Г. Терешкін, Д. В. Горелков, Д. В. Дмитревський // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв, ресторанного господарства і торгівлі. — Харків: ХДУХТ, 2013. — Вип. 1(17), Ч. 1. — С. 159–165.

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ОВОЩЕЙ ВО ВРЕМЯ ИХ ОЧИСТКИ

Предложена математическая модель процесса термической обработки овощей во время их очистки, которая характеризует зависимость глубины проваренного слоя овощей от продолжительности процесса их термической обработки и давления пара, и доказано, что в условиях обработки острым паром при достижении максимальной температуры поверхности продукта не влияет на общую продолжительность процесса проваривания.

Ключевые слова: термическая обработка, давление пара, проваривание, качество, потери, очистка.

Терешкін Олег Георгійович, доктор технічних наук, доцент, кафедра готельного та ресторанного бізнесу, Харківський державний університет харчування та торгівлі, Україна.

Горелков Дмитро Вікторович, кандидат технічних наук, доцент, кафедра устаткування харчової і готельної індустрії ім. М. І. Беляєва, Харківський державний університет харчування та торгівлі, Україна.

Дмитревський Дмитро Вячеславович, кандидат технічних наук, доцент, кафедра устаткування харчової і готельної індустрії ім. М. І. Беляєва, Харківський державний університет харчування та торгівлі, Україна, e-mail: dmitrevskiyd@gmail.com, dmitrevskiy@mail.ru.

Терешкин Олег Георгиевич, доктор технических наук, доцент, кафедра гостиничного и ресторанного бизнеса, Харьковский государственный университет питания и торговли, Украина.

Горелков Дмитрий Викторович, кандидат технических наук, доцент, кафедра оборудования пищевой и гостиничной индустрии им. М. И. Беляева, Харьковский государственный университет питания и торговли, Украина.

Дмитревский Дмитрий Вячеславович, кандидат технических наук, доцент, кафедра оборудования пищевой и гостиничной индустрии им. М. И. Беляева, Харьковский государственный университет питания и торговли, Украина.

Tereshkin Oleg, Kharkiv State University of Food Technology and Trade, Ukraine.

Gorelko Dmytro, Kharkiv State University of Food Technology and Trade, Ukraine.

Dmitrevskiy Dmytro, Kharkiv State University of Food Technology and Trade, Ukraine, e-mail: dmitrevskiyd@gmail.com, dmitrevskiy@mail.ru

УДК 613.292.004.12

DOI: 10.15587/2312-8372.2016.60313

**Погожих М. І.,
Головко Т. М.,
Дьяков О. Г.,
Павлюк І. М.**

ДОСЛІДЖЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ БІЛКОВО-МІНЕРАЛЬНИХ ДОБАВОК ПРОФІЛАКТИЧНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Досліджено властивості білково-мінеральних добавок профілактичного призначення з метою створення збалансованого раціону харчування людини. Для здобуття даних використовувались методи дисперсного аналізу та ядерної магнітної спектроскопії у рідинах з різною полярністю. В результаті проведених досліджень визначені зміни фізичних властивостей добавок профілактичного призначення, які є основою для створення продуктів харчування, збагачених на незамінні есенціальні нутрієнти.

Ключові слова: дисперсний аналіз, спектроскопія ядерного магнітного резонансу, час спин-спінової релаксації.

1. Вступ

Харчування — один з найважливіших чинників, які забезпечують зв'язок людського організму з навколишнім середовищем і надає вирішального впливу на стан здоров'я, працездатність, розумову діяльність, витривалість організму до впливу шкідливих факторів виробничого, техногенного та природного походження. Особливе значення для підтримки стану здоров'я та довголіття людини має повноцінне та регулярне забезпечення організму усіма необхідними мікронутрієнтами: незамінними амінокислотами, вітамінами, мінеральними складовими. Причому найбільш доцільний і фізіологічний шлях надходження цих складових до організму — харчовий [1].

Недостатнє надходження мікронутрієнтів з їжею — загальна проблема сучасного людства. Вона виникла, з результату зниження інтенсивності фізичного наванта-

ження на організм, як наслідок цього зниження енерговитрат і відповідного зменшення загальної кількості їжі, яку споживає людина. На фоні такого дефіциту виникають порушення метаболізму і так звані хвороби метаболічного походження. Такі захворювання виникають у разі дефіциту незамінних амінокислот, поліненасичених жирних кислот і мінеральних речовин. Стосовно дефіциту мінералів частіше за все причиною тяжких захворювань виступають залізо, йод, кальцій, селен та інші. Найбільш доцільним і ефективним, а також і економічно доступним шляхом кардинального покращення забезпеченості населення мікронутрієнтами є регулярне залучення до раціону харчування продуктів харчування оздоровчої дії [2].

Збагачення харчових продуктів мікронутрієнтами — це серйозне втручання до складу продуктів харчування, яке вимагає від фахівців не лише суто товарознавчих

знань, але і знань з харчової хімії, біохімії, гігієни харчування. Необхідно володіти інформацією стосовно взаємодії окремих мікронутрієнтів між собою і їх стійкості при виготовленні і зберіганні продуктів харчування.

Необхідно враховувати те, що для засвоєння мікронутрієнтів з їжі впливає ціла низка чинників: вік людини, стать, відсутність патологічних станів з боку системи травлення, співвідношення окремих складових раціону харчування і співвідношення між окремими мікронутрієнтами [3]. Цим обґрунтовується актуальність проведеного дослідження.

2. Аналіз літературних даних та постановка проблеми

Стосовно дефіциту мінералів частіше за все причиною тяжких захворювань є нестача йоду, кальцію, селену, заліза та ін. Найбільш доцільним, ефективним, а також економічно доступним шляхом кардинального покращення забезпеченості населення мікронутрієнтами є регулярне включення до раціону продуктів харчування профілактичної дії [4].

Україна традиційно ендемічний регіон відносно дефіциту йоду. Як наслідок цього у структурі патології метаболічного походження значний відсоток припадає на такі тяжкі хвороби, як ендемічний зоб, низькорослість, глухонімота, порушення розумової діяльності дітей та дорослих [5, 6].

Найбільша питома вага в організмі серед мінеральних речовин належить кальцію. Загальна його кількість в організмі людини складає близько 1 %. Він входить до складу не лише кісток та зубів, а й до складу біологічних рідин і мембран і відіграє надзвичайно важливу роль у забезпеченні повноцінного життя організму. У разі зниження рівня кальцію у крові нижче допустимих значень його дефіцит компенсується за рахунок вимивання з кісткової тканини, що призводить до порушення її структури, зниження міцності та виникнення певних патологічних станів. Слід зазначити, що мінеральний кальцій неорганічного походження погано засвоюється організмом людини та може виконувати функцію лише підтримання певного рівня кальцію в крові. Тому важливим є пошук джерел органічних сполук кальцію та збагачення ними продуктів харчування масового споживання [7].

Важливу роль в організмі людини відіграє селен. Він підтримує роботу серцево-судинної і імунної систем, перешкоджає утворенню тромбів. Особливо велику роль відіграє селен в антиоксидантному захисті клітинних мембран. Селен є одним з головних компонентів ферменту пероксидази глутатіону (GSH), а цей фермент сприяє захисту організму від токсинів, що виробляються в процесі розпаду шкідливих речовин, що потрапили в організм. Тому існує необхідність створення продуктів харчування, збагачених на селен [8].

Враховуючи проблеми дефіциту мікронутрієнтів авторами статті було обрано: в якості джерела йоду — добавка йодобілково, кальцію — добавка білково-мінеральна (ДБМ), селену — добавка «СИВОСЕЛЕН ПЛЮС», що розроблені в Харківському державному університеті харчування та торгівлі.

Всі вищенаведені білково-мінеральні добавки мають профілактичні властивості, але на сьогоднішній день використовуються в обмеженій кількості продуктів хар-

чування (соуси емульсійного типу, м'ясні фаршеві вироби). Тому, необхідно більш детально дослідити функціонально-технологічні властивості добавок, що дасть можливість розширити асортимент з їх використанням та забезпечити щоденне надходження есенціальних нутрієнтів до організму людини.

3. Об'єкти, мета та задачі дослідження

Об'єктами дослідження є:

— добавка йодобілково, що представляє собою порошкоподібний продукт на основі яєчного білка та мінеральних сполук йоду. Він має нейтральний смак та запах, з регульованим вмістом органічно-зв'язаного йоду до 2,5 %;

— добавка білково-мінеральна, що представляє собою стійкий хелатний комплекс кальцію з колагеном свинячої шкіри та метаболічно активною формою мінеральних речовин — кальцію та магнію. ДБМ одержують за рахунок зв'язування іонів кальцію (CaCl_2) та магнію (MgCl_2) з розчинів хлориду кальцію та хлориду магнію попередньо підготовленою колаген-вмісною сировиною (свиняча шкіра). НБМ виробляється у сухому порошкоподібному вигляді з вологістю не більше 10 %. Готовий НБМ має блідо-кремовий колір, запах відсутній, смак нейтральний;

— добавка «СИВОСЕЛЕН ПЛЮС» являє собою білково-мінеральний комплекс, що містить у своєму складі органічні сполуки селену, що є продуктом хімічної адсорбції іонів селену Se_2 -глобулярними білками молочної сироватки. Це порошкоподібний продукт світло-червоного кольору з нейтральним смаком.

Мета дослідження — визначити функціонально-технологічні властивості білково-мінеральних добавок в рідинах з різною полярністю, для використання в технологіях харчових продуктів.

Задачі: дослідити дисперсний склад добавок за допомогою мікроскопічного аналізу та визначити їх вплив на молекулярну рухливість розчинників різної полярності.

4. Матеріали та методи дослідження дисперсних характеристик та рухливості молекул розчинників у рідинах з різною полярністю

4.1. Метод дослідження дисперсних характеристик.

Для опису дисперсного складу порошків застосовуються чотири формули: Годена-Андреева, Розіна-Рамплера, нормального (НР) та логарифмічно нормального законів розподілу (ЛНР). У даній роботі використовується логарифмічно нормальне розподілення, обґрунтування чого наведено нижче. Логарифмічно нормальний розподіл виконується, якщо у нормальну функцію розподілу Гаусса, що має вигляд:

$$D(\delta) = \frac{1}{\sigma \cdot \sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\delta} \exp \left[-\frac{(\delta - \delta_{50})^2}{2\sigma^2} \right] d\delta, \quad (1)$$

де δ_{50} — медіана розподілу; δ — діаметр часток; σ — середньоквадратичне відхилення діаметрів від їх середнього значення, підставити у якості аргументу не діаметр части-

нок, а логарифм діаметр тоді функція ЛНР за діаметрами часток прийме вигляд:

$$D(\delta) = \frac{1}{\ln(\sigma) \cdot \sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\ln(\delta)} \exp\left[-\frac{(\ln(\delta) - \ln(\delta_{s0}))^2}{2\ln^2(\sigma)}\right] d\ln(\delta), \quad (2)$$

де δ_{s0} — медіана розподілу; $\ln(\sigma)$ — середньоквадратичне відхилення логарифмів діаметрів від їх середнього значення. Диференціювання функції розподілу $D(\delta)$ за δ дає функцію щільності розподілу:

$$\begin{aligned} \varphi(\delta) &= \frac{1}{\sqrt{2\pi} \cdot \delta \cdot \ln(\sigma)} \exp\left[-\frac{(\ln(\delta) - \ln(\delta_{s0}))^2}{2\ln^2(\sigma)}\right] = \\ &= \frac{1}{\sqrt{2\pi} \cdot \delta \cdot \ln(\sigma)} F(t), \end{aligned} \quad (3)$$

де $0 < \delta < \infty$. Якщо розподіл частинок за розмірами підпорядковується логарифмічно нормальним законом, то йому ж будуть підпорядковані розподіли і кількості, і питомої поверхні частинок за розмірами.

Опис методики. Підготовлені відповідним чином зразки розміщують на робочу поверхню мікроскопа, мікроскоп фокусується для одержання чітких границь між об'єктами дослідження.

Розміри частинок вимірюють при безперервному пересуванні препарату або при спостереженні окремих полів зору. Окремі поля зору обирають на пробі досліджуваного порошку, переміщаючи його на величину, більшу діагоналі прямокутника або діаметра кола, що обмежує поле зору. Площа, на якій проводять вимірювання кількості та розмірів частинок, дорівнює: при безперервному пересуванні препарату — довжині лінійки окуляра, помноженої на довжину шляху, пройденого препаратом від початку до кінця процедури вимірювання; при спостереженні окремих полів зору — сумі їхніх площ.

Частинку вважають приналежною до розглянутого поля, якщо вона перебуває на одній з половинок границь поля. Наприклад, у випадку прямокутника враховують частинки, які знаходяться усередині нього, на лівій вертикальній і верхній горизонтальній боках, на перетинанні цих боків і на іншому кінці однієї з них. Частинки, які розташовані на інших боках і в кутах, не враховують. У випадку кола враховують всі частинки, які знаходяться усередині нього, а також всі частинки, які розташовані на одному півколі й на одному кінці проведеного діаметру.

Отримані мікрофотографії фіксуються і обробляються в цифровому форматі. Так само обробляються мікрофотографії мікроскопічної лінійки. Для коректного дослідження зразка й усереднення отриманих даних знімається не менш 5 полів з різних ділянок зразка. Загальна кількість досліджуваних об'єктів повинна бути не менше 2000.

Отримані знімки зберігаються й обробляються в програмі по обробці зображень. Програм, що дозволяють працювати із зображеннями, розроблено безліч, однак усі вони найчастіше, засновані на алгоритмах виділення темних (або світлих) ділянок. Ділянки ідентифікуються

в об'єкти, залежно від їхньої кольоровості, їм привласнюється порядковий номер і визначається розмір у пікселях. Отриманий масив із зазначенням номерів об'єктів та їх розмірів у пікселях записується у вигляді електронних таблиць. За допомогою сфотографованої мікроскопічної лінійки (в аналогічних умовах) визначається кількість пікселів зображення на мікрон. На підставі отриманих даних розміри частинок в електронних таблицях переводяться в мікрони.

Порошки, як продукти здрібнювання, складаються із частинок, що мають неправильну геометричну форму та різні розміри. Дисперсний склад здрібненого матеріалу зручно описувати інтегральною функцією розподілу $D(\delta)$ кількості матеріалу за розмірами частинок. Функція $D(\delta)$ дорівнює вираженню у відсотках або в частках відношенню всіх частинок, діаметр яких менше δ , до загальної кількості матеріалу.

Диференціювання функції розподілу $D(\delta)$ по δ дає функцію щільності розподілу $\varphi(\delta)$:

$$\varphi(\delta) = \frac{dD(\delta)}{d\delta} = -\frac{dR(\delta)}{d\delta}. \quad (4)$$

При цьому виконується співвідношення:

$$\int_{\delta_{\min}}^{\delta_{\max}} \varphi(\delta) d\delta = D(\delta_{\max}) - D(\delta_{\min}). \quad (5)$$

Криві розподілу D та R можуть бути отримані шляхом послідовного підсумовування й накопичення відсоткового вмісту частинок різних розмірів.

Відсоткові вмісти окремих фракцій, отриманих у результаті аналізу, зображуються у вигляді гістограми, що дає наочне уявлення про дисперсний склад порошкоподібного матеріалу. На осі абсцис відкладаються розміри частинок, а на осі ординат — відносні вмісти фракцій, тобто відсотковий вміст кожної фракції, віднесене до «ширини» фракції в мкм.

Для аналітичного опису кривих розподілу та щільності розподілу здрібнених харчових порошоків застосовуються різні формули, які можна отримати у результаті аналізу дисперсного складу. Вони бувають одно-, дво- і трипараметричними та можуть бути розділені на теоретичні й емпіричні.

При аналізі дисперсного складу дані, звичайно, одержують у вигляді таблиці (табл. 1).

При обробці експериментальних даних визначають відсотковий вміст частинок кожної фракції:

$$Q_i = \frac{N_i}{\sum N} 100, \quad (6)$$

де N_i — кількість частинок даної фракції; $\sum N$ — сумарна кількість частинок.

Величину еквівалентного діаметра, що відповідає максимальному числу частинок у даній системі, знаходять із диференціальної кривої розподілу, яку будують так: через рівні інтервали діаметрів, які вибирають довільно (число відрізків, на які розбивають абсцису рекомендується вибирати рівним 10) й знаходять

значення ΔD — збільшення відсоткового вмісту частинок в обраному інтервалі діаметрів $\Delta\delta$ (вочевидь, ΔD дорівнює різниці двох сусідніх ординат). Отримані в такий спосіб дані заносять у табл. 1.

Таблиця 1

Приклад даних для побудови диференціальної кривої розподілу

δ , мкм	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
$\Delta\delta$, мкм	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
ΔD , %	72	18	3	2	1,5	1,2	1	1	1	1
$\Delta D/\Delta\delta$	36	9	1,5	1	0,75	0,6	0,5	0,5	0,5	0,5

Потім, відкладаючи на осі абсцис значення еквівалентного діаметра δ , а на осі ординат — функцію розподілу $\Delta D/\Delta\delta$, будують прямокутники, беручи за їхні основи рівні інтервали діаметрів $\Delta\delta$, а за висоту — $\Delta D/\Delta\delta$.

За допомогою плавної кривої з'єднують середини верхніх основ прямокутників, одержують диференціальну криву розподілу, за якою можна визначити діаметр частинок, яких найбільше в даній дисперсній системі, найбільш імовірний радіус.

Площа кожного прямокутника являє собою відсотковий вміст фракції з певним інтервалом розміру частинок. Площа, під кривою, повинна дорівнювати сумі площ всіх прямокутників.

За формою диференціальна крива найчастіше представляє статистичну криву розподілу з одним максимумом, але вона може мати й інший вигляд: це залежить від характеру дисперсної системи. Для опису зразків використовують саме диференціальні криві розподілу, оскільки на відміну від інтегральних кривих, вони більш наглядно дають уяву про розподілення часток за розміром.

Розрахунки та побудова графіків відбувається з використанням пакету MathCAD та подальшою апроксимацією отриманих експериментальних кривих.

Було досліджено три зразки різного складу у трьох рідинах з різною полярністю. Порошки з харчової сировини різної дисперсності досліджували за допомогою USB DigitalMicroscope. Знявши мікроскопічну лінійку отримали ціну поділки мікрофотографій.

Для кожного зразка знімалися не менш 5 полів із різних ділянок зору. За допомогою програми обробки цифрових фотографій PhotoM 1.21 визначили лінійні розміри частинок.

Для початку знаходиться відсоткове співвідношення частинок різного розміру, за формулою:

$$Q_i := \frac{N_i}{\sum_i N} \cdot 100 \% \quad (7)$$

Згідно з цією формулою кількість частинок певного розміру ділиться на загальну кількість частинок і помножується на 100 %.

4.2. Метод ЯМР. Для оцінки функціонально-технологічних властивостей добавок виконано дослідження рухливості молекул розчинників у рідинах з різною полярністю, шляхом вимірювання часу спин-спінової релаксації (T_2) було проведено на спектрометрі ЯМР.

Для дослідження застосовувалася імпульсна послідовність Хана [9]. У відповідності з теорією величина

сигналу ЯМР пропорційна кількості резонуючих ядер у зразку. Для обраних розчинників резонуючими ядрами є ядра водню — протони. Дані дослідження проводились методом спінової луни. Методика проведення досліджень полягала в наступному: зразок з досліджуваним матеріалом розташовувався в радіочастотній котушці, яка встановлена в постійному магнітним полі. При опроміненні зразка змінним магнітним полем з частотою 16 мГц [10] в котушці виникає відгук, який обумовлений структурою досліджуваної системи.

У методі спінової луни Хана на досліджуваний зразок подається два імпульси з інтервалом τ_i . Перший імпульс повертає магнітні моменти на кут 90° , а другий на кут 180° . Після припинення дії радіочастотного імпульсу через час $2\tau_i$ виникає сигнал луни, обумовлений поверненням магнітних моментів в початковий стан під дією постійного магнітного поля. Зображення електромагнітних імпульсів, що використовуються у методі Хана наведені на рис. 1.

Відомо, що амплітуда сигналу на виході спектрометра ЯМР визначається виразом:

$$A(\tau) = A_0 \exp\left(-\frac{2}{T_2} \cdot \tau\right) \quad (8)$$

де $A(\tau)$ — сигнал на виході спектрометра при інтервалі між зондувальними імпульсами рівному τ ; A_0 — початкова амплітуда сигналу.

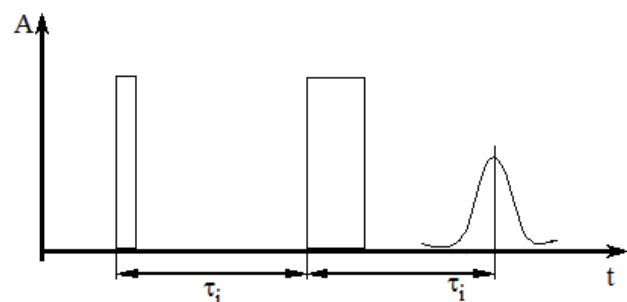


Рис. 1. Електромагнітні імпульси та сигнал спінової луни, які використовуються у методі Хана

Для визначення значення T_2 досліджуваного зразка проводиться ряд експериментів, при яких фіксується значення амплітуди сигналу луни після впливу двох зондувальних імпульсів з різними значеннями τ_i .

Вимірюючи амплітуду сигналу луни при різних значеннях τ_i можна визначити час спин-спінової релаксації та оцінити рухливість води, що знаходиться у зразку. Приклад осцилограм сигналу ЯМР, за якими проводиться обчислення значення T_2 , наведено на рис. 2. На першій осцилограмі зображений сигнал луни при мінімальному значенні τ_i . На останній осцилограмі зображений сигнал луни при максимальному значенні τ_i . Вимірюючи амплітуду сигналу луни при різних значеннях τ_i за формулою (10) можна визначити час спин-спінової релаксації та оцінити рухливість води, що знаходиться у зразку. Приклад осцилограм спектрометра ЯМР, за якими проводиться обчислення значення T_2 , наведено на рис. 2. На першій осцилограмі зображений сигнал луни при мінімальному значенні. На останній осцилограмі зображений сигнал луни при максимальному значенні.

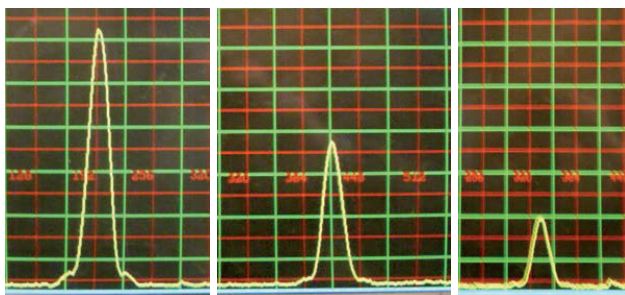


Рис. 2. Осцилограми сигналів спектрометра ЯМР

На основі отриманих в результаті вимірювання даних будується крива залежності амплітуди сигналу луни від величини τ_i (інтервал часу між зондувальними імпульсами).

Приклад залежності амплітуди сигналу луни від значення τ_i приведено на рис. 3.

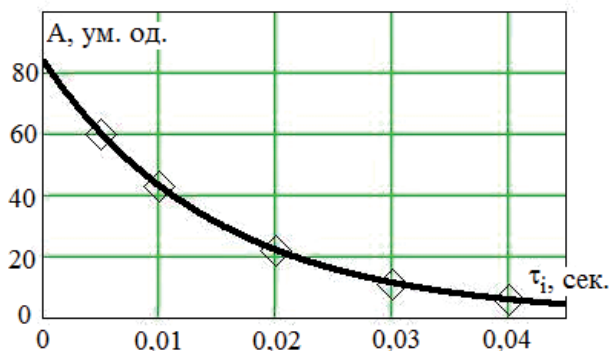


Рис. 3. Залежність амплітуди сигналу луни від величини τ_i

Залежність $A(\tau)$ має експоненціальний характер. Для визначення значення T_2 за виразом (1) на основі кривої (рис. 3) була використана стандартна функція genfit математичного пакета MathCAD.

5. Результати досліджень властивостей білково-мінеральних добавок

При оцінці часток за розміром, потрібно зробити допущення, що усі частки у зразку сферичної форми. Таким чином використовується розподіл сферичних часток за розміром, в основу якого покладено розподіл часток за їх діаметром.

Для апроксимації вимірів використовуються функції виду [11]:

$$\begin{aligned} f(d) &= a_0 d e^{a_0 + a_2 d}, \\ f(d) &= a_0 a_1 d e^{a_2 d}, \\ f(d) &= a_0 d^{a_1} e^{a_2 d}. \end{aligned} \quad (9)$$

Оскільки практично значимі лише дві характеристики диференційної кривої: ширина піку та його положення, то основною ознакою вибору функції було щоб ширина піку кривої (база) та положення піку описували експериментальні дані як показано на рис. 4.

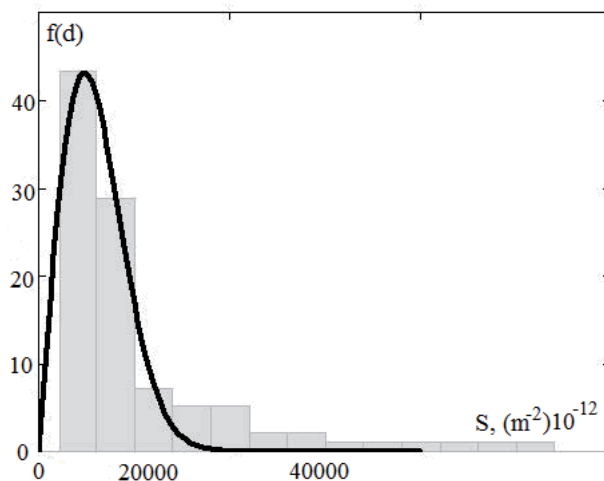


Рис. 4. Диференційна крива розподілу для зразка «СИВОСЕЛЕН ПЛЮС» у соняшниковій олії

Визначення положення піку дає змогу визначити за допомогою такої функції найбільш вірогідний розмір частинок (середній діаметр) для даного зразка. Ширина піку характеризує полідисперсність матеріалу: чим вужчий пік, тим менше полідисперсність і тим краще розподілення зразку. Така залежність витікає із формули [12, 13]:

$$H = S/L, \quad (10)$$

де S – площа фігури утвореної кривою розподілення з віссю абсцис; L – висота піку кривої.

Отримані таким чином дані представлено у графічному вигляді (рис. 5–7).

Аналіз диференційних кривих та кореляція отриманих, цим методом, результатів з результатами отриманими ЯМР спектроскопією будуть наведені нижче.

За даними експерименту для різних видів досліджуваних зразків були отримані наступні значення T_2 , які наведені у табл. 2. В табл. 2 величина d^2 – середньоквадратична оцінка точності апроксимації експериментальних даних.

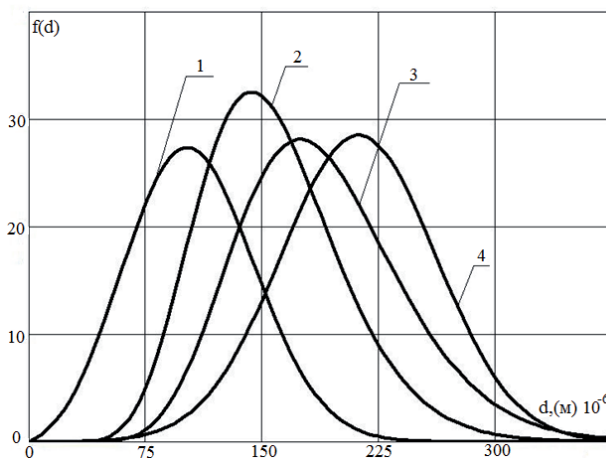


Рис. 5. Диференційні криві розподілу за діаметром для добавки йодобілкової: 1 — зразок у маслі; 2 — зразок у спиртовому середовищі; 3 — зразок у водному середовищі; 4 — сухий зразок

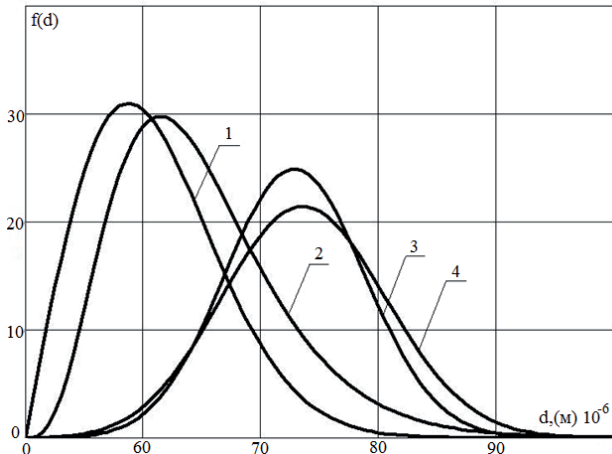


Рис. 6. Диференційні криві розподілу за діаметром для добавки білково-мінеральної: 1 — сухий зразок; 2 — зразок у маслі; 3 — зразок у спиртовому середовищі; 4 — зразок у водному середовищі

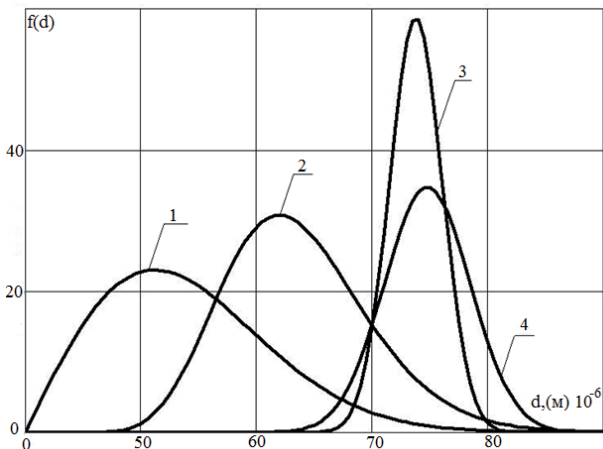


Рис. 7. Диференційні криві розподілу за діаметром для добавки «СИВОСЕЛЕН ПЛЮС»: 1 — сухий зразок; 2 — зразок у маслі; 3 — зразок у спиртовому середовищі; 4 — зразок у водному середовищі

6. Обговорення результатів дослідження властивостей білково-мінеральних добавок

Дослідження йодобілкової добавки шляхом дисперсного аналізу показало, що ширина та висота піків усіх диференційних кривих є рівною (крім зразка у водно-спиртовому розчині), що свідчить про те, що цей зразок у сухому стані, а також у таких рідинах, як вода та соняшникова олія має однакову полідисперсність і, тільки у водно-спиртовому розчині у цього зразка полідисперсність зменшується, що є добрим показником, оскільки менш полідисперсні системи є більш стабільними. За положення піків на рис. 5 видно, що найбільше значення середнього діаметру часток має зразок у сухій формі, а з поміщенням зразка у рідину (водно-спиртовий розчин, вода та соняшникова олія у розглядаємому випадку) ця величина зменшується, що можливо лише за умови, що вільна поверхнева енергія часток дисперсної фази у сухому стані більша, ніж та ж енергія у цих рідинах. Це може означати наступне: у сухому стані частки цього зразку утворюють конгломерати між собою, а у рідині ці конгломерати розпадаються за рахунок розчинення речовини, яка утримувала окремі часточки разом. З огляду на вищесказане, можна зробити висновок, що цей зразок найбільш доцільно використовувати у настоянках, алкогольних напоях тощо, оскільки він має найменшу полідисперсність у цих рідинах, а розміри його часток зменшуються, що говорить про часткове розчинення. В той же час дослідження цієї добавки за допомогою ЯМР спектрометра показало, що час спин-спінової релаксації добавки у воді найменший, що свідчить про зниження рухливості протонів водню, який входить до складу добавки.

Дослідження властивостей білково-мінеральної добавки шляхом дисперсійного аналізу показало, що цей зразок у сухому стані та у соняшниковій олії має дуже високу полідисперсність порівняно з системами з водно-спиртовим розчином та водою. Це одразу говорить про те, що цей зразок більш придатний для використання у водяних та водно-спиртових розчинах, оскільки дисперсні системи з такою добавкою будуть поводити себе більш стабільно. Зсув піків вправо зумовлений набуханням часток у цих рідинах, тобто відбувається процес дифундування молекул середі до молекул зразку, звідси можна зробити висновок, що рухливість молекул зразку падає і є значно меншою, ніж рухливість молекул середі, тобто відбувається процес зв'язування. Таким чином можна рекомендувати цей зразок для додавання у різні соуси, креми, желе тощо. У таких системах даний зразок буде виступати не тільки біологічно-активною добавкою, але й стабілізатором дисперсної системи. В той же час дослідження добавки ЯМР спектроскопією показало, що зразок у воді має найбільший показник рухливості, що зважаючи на результати, отримані методом дисперсного аналізу, може означати, що молекули води дифундували у відносно великі капіляри зразку і тому час спин-спінової релаксації T_2 найбільший. Що стосується систем з водно-спиртовим розчином та з соняшниковою олією, то вони мають схожі показники часу T_2 , менші ніж для зразку у воді.

Дослідження добавки «СИВОСЕЛЕН ПЛЮС» встановило, що найменшу полідисперсність має зразок у водно-спиртовому розчині, оскільки у нього найвужчий та най-

Таблиця 2

Результати ЯМР дослідження білково-мінеральних добавок

Назва добавки		A_0 , ум. од.	T_2 , мс	d^2 , ум. од.
Добавка йодобілкова	Вода	$50,2 \pm 1,5$	30 ± 3	0,03
	Масло	$47,9 \pm 1,5$	49 ± 3	0,24
	Спирт	$87,9 \pm 1,5$	57 ± 3	0,18
Добавка білково-мінеральна	Вода	$77,5 \pm 1,5$	76 ± 3	1,08
	Масло	$57,6 \pm 1,5$	49 ± 3	0,49
	Спирт	$65,1 \pm 1,5$	52 ± 3	0,81
Добавка «СИВОСЕЛЕН ПЛЮС»	Вода	$84,3 \pm 1,5$	24 ± 3	0,47
	Масло	$63,8 \pm 1,5$	41 ± 3	0,39
	Спирт	$74,6 \pm 1,5$	32 ± 3	0,31

З наведених даних видно, що рухливість протонів водню у різних зразках відрізняється, що обумовлено різним станом речовин, які складають дані технологічні добавки.

вищий пік. Зразок у воді також має невисокий показник полідисперсності порівняно зі зразком у олії та у сухому стані. Тут також, як і у попередньому випадку піки для зразка у спирті та воді зміщені праворуч, що каже про процес набухання та стабілізації дисперсної системи загалом. Однак на відміну від попереднього зразка можна порадижити використання цього зразку у кондитерських виробках зі спиртовою начинкою, оскільки полідисперсність таких систем значно менша, ніж систем з водою.

Проведений комплекс досліджень дає змогу науково обґрунтувати спектр подальшого використання досліджених добавок, як носіїв есенціальних мінеральних нутрієнтів у технології різних продуктів харчування. Розширення асортименту продукції з використанням запропонованих добавок дозволить максимально використати їх функціонально-технологічний потенціал і таким чином забезпечити харчову та біологічну цінність готової продукції.

Наведені дослідження є логічним продовженням досліджень зі створення технологій збагачуючих білково-мінеральних добавок та будуть використані для створення комплексу продуктів профілактичного призначення.

7. Висновки

Після проведення досліджень була встановлена відповідна кореляція між функціонально-технологічними властивостями харчових добавок, що визначені шляхом дисперсного аналізу та ЯМР спектрометра. Тенденція зміни функціональних властивостей йодобілкової добавки, яка визначена шляхом дисперсного аналізу та ЯМР спектроскопією має однакову направленість. Згідно з результатами описаних методик, цей зразок має схильність до самодиспергування. Результати дослідження білково-мінеральної добавки кажуть про меншу рухливість протонів водню, та корелюють з результатами отриманими шляхом дисперсного аналізу: зразок у водно-спиртовому розчині поводить себе найбільш стабільно, а у соняшниковій олії є більш полідисперсний. Результати досліджень, отримані ЯМР спектроскопією, для добавки «СИВОСЕЛЕН ПЛЮС» підтверджують, що час спин-спінової релаксації T2 є найбільшим для зразка у соняшниковій олії і меншим для зразка у воді та водно-спиртовому розчині, тобто рухливість цих систем є меншою і вони поведуть себе більш стабільно.

Таким чином, отримані деякі фізичні властивості порошоків, є основою наукового обґрунтування використання білково-мінеральних добавок в технологіях харчових продуктів профілактичного призначення.

Література

1. Оттавей, П. Б. Обогащение пищевых продуктов и биологически активные добавки: технология, безопасность и нормативная база [Текст]: пер. с англ. / П. Б. Оттавей. — СПб.: Профессия, 2010. — 309 с.
2. Fletcher, N. Food Additives: Preservatives [Text] / N. Fletcher // Encyclopedia of Food Safety. — Elsevier BV, 2014. — P. 471–473. doi:10.1016/b978-0-12-378612-8.00226-2
3. Paolino, D. Advanced technologies in food science I — innovative techniques for food analysis, characterization and quality control [Text] / D. Paolino, D. Cosco // Advances in food safety and health. — 2014. — Vol. 6. — P. 1–2.
4. Пересічний, М. І. Технологія продуктів харчування функціонального призначення [Текст]: монографія / М. І. Пересічний, М. Ф. Кравченко, Д. В. Федорова. — К.: КНТЕУ, 2008. — 718 с.

5. Матасар, І. Т. Захворювання, що викликані дефіцитом йоду, та методи їх профілактики [Текст] / І. Т. Матасар, Н. С. Саллій, В. М. Водоп'янов. — К.: Медицина, 2002. — 280 с.
6. Delange, F. Iodine deficiency in Europe and its consequences: an update [Text] / F. Delange // European Journal of Nuclear Medicine and Molecular Imaging. — 2002. — Vol. 29, № S2. — P. 404–416. doi:10.1007/s00259-002-0812-7
7. Murray, T. M. Prevention and management of osteoporosis: consensus statements from the Scientific Advisory Board of the Osteoporosis Society of Canada. 4. Calcium nutrition and osteoporosis [Text] / T. M. Murray // Canadian Medical Association Journal. — 2006. — Vol. 155, № 7. — P. 935–939.
8. Тутельян, В. А. К вопросу коррекции дефицита микронутриентов с целью улучшения питания и здоровья детского и взрослого населения на пороге третьего тысячелетия [Текст] / В. А. Тутельян // Ваше питание. — 2000. — № 4. — С. 6–7.
9. Farrar, T. C. Fourier Transform NMR [Text] / T. C. Farrar, E. D. Becker // Pulse and Fourier Transform NMR. — Elsevier BV, 1971. — P. 66–85. doi:10.1016/b978-0-08-091812-9.50010-7
10. Погожих, Н. И. Вода в пищевых продуктах и для пищевых продуктов [Текст]: монография / Н. И. Погожих и др.; под общ. ред. Н. И. Погожих. — Х.: ХГУПТ, 2013. — 176 с.
11. Maxfield, B. Calculus and Differential Equations [Text] / B. Maxfield // Essential Mathcad for Engineering, Science, and Math. — Elsevier BV, 2009. — P. 289–308. doi:10.1016/b978-0-12-374783-9.00012-6
12. Геллер, Б. Э. О числовом выражении распределения по молекулярным весам полимеров [Текст] / Б. Э. Геллер, И. М. Мескин // Высокомолекулярные соединения. — 1960. — Т. 2, № 1. — С. 29–34.
13. Пелишенко, С. С. Влияние термообработки, наполнения и пластификации на распределение сферолитов по размерам и физико-механические свойства кристаллизующихся полимеров [Текст] / С. С. Пелишенко, В. П. Соломко // Высокомолекулярные соединения. — 1971. — Т. (А)XIII, № 4. — С. 859–863.

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ БЕЛКОВО-МИНЕРАЛЬНЫХ ДОБАВОК ПРОФИЛАКТИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Исследованы свойства белково-минеральных добавок профілактического назначения с целью создания сбалансированного рациона питания человека. Для получения данных использовались методы дисперсного анализа и спектроскопии ядерного магнитного резонанса в жидкостях с разной полярностью. В результате проведенных исследований найдены изменения физических свойств добавок профілактического назначения, которые являются основой для создания продуктов питания, обогащенных незаменимыми эссенциальными нутриентами.

Ключевые слова: дисперсный анализ, спектроскопия ядерного магнитного резонанса, время спин-спинового релаксации.

Погожих Микола Іванович, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри фізико-математичних та інженерно-технічних дисциплін, Харківський державний університет харчування та торгівлі, Україна.

Гюльков Тетяна Миколаївна, кандидат технічних наук, доцент, кафедра товарознавства в митній справі, Харківський державний університет харчування та торгівлі, Україна.

Дьяков Александр Георгиевич, кандидат технических наук, доцент, кафедра физико-математических та инженерно-технических дисциплин, Харьковский державний університет харчування та торгівлі, Україна.

Павлюк Ігор Миколайович, асистент, кафедра фізико-математичних та інженерно-технічних дисциплін, Харківський державний університет харчування та торгівлі, Україна, e-mail: igor.pavluk2010@gmail.com.

Погожих Николай Иванович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой физико-математических и инженерно-технических дисциплин, Харьковский государственный университет питания и торговли, Украина.

Головка Татьяна Николаевна, кандидат технических наук, доцент, кафедра товароведения в таможенном деле, Харьковский государственный университет питания и торговли, Украина.

Дьяков Александр Георгиевич, кандидат технических наук, доцент, кафедра физико-математических и инженерно-технических дисциплин, Харьковский государственный университет питания и торговли, Украина.

Павлюк Игорь Николаевич, ассистент, кафедра физико-математических и инженерно-технических дисциплин, Харьковский государственный университет питания и торговли, Украина.

Pogozhikh Micola, Kharkiv State University of Food Technology and Trade, Ukraine.

Golovko Tatyana, Kharkiv State University of Food Technology and Trade, Ukraine.

Dyakov Aleksandr, Kharkiv State University of Food Technology and Trade, Ukraine.

Pavlyuk Igor, Kharkiv State University of Food Technology and Trade, Ukraine, e-mail: igor.pavlyuk2010@gmail.com

УДК 664.8.038:678.048(635.621)

DOI: 10.15587/2312-8372.2016.60339

Прісс О. П.

ВПЛИВ ТЕПЛОВОЇ ОБРОБКИ АНТИОКСИДАНТАМИ НА ВМІСТ БІОЛОГІЧНО АКТИВНИХ РЕЧОВИН ВПРОДОВЖ ЗБЕРІГАННЯ КАБАЧКІВ

Досліджено вплив теплової обробки композицією антиоксидантів на динаміку аскорбінової кислоти, фенольних речовин, хлорофілів та каротиноїдів впродовж зберігання кабачків. Встановлено, що сумісний вплив теплової обробки і антиоксидантів дозволяє на 25...33 % гальмувати розпад аскорбінової кислоти, сповільнює темпи нарощування фенольних сполук в 1,8...1,9 рази. Оброблені кабачки містять на 15...17 % хлорофілів та на 19...22 % каротиноїдів більше, ніж контрольні.

Ключові слова: кабачки, зберігання, антиоксиданти, тепла обробка, аскорбінова кислота, фенольні речовини, пігменти.

1. Вступ

Кабачки є продуктами дієтичного харчування. Вони містять до 96 відсотків води, невелику кількість волокон і мають дуже низьку калорійність. Попри це, вони є хорошим джерелом вітамінів А, К, В і С, а також мають велику кількість калію, магнію, фосфору, кальцію, містять глікозиди, стероїди, флавоноїди і таніни [1–3]. У кабачках ідентифіковано близько 35 речовин фенольної природи, серед яких фенольні кислоти, лютеолін, кверцетин та інші [4]. Останні дослідження стверджують, що гарбузові овочі містять лігнани, які знижують ризик ракових захворювань [1]. Тож кабачки є джерелом цілого ряду цінних і необхідних для організму людини біологічно активних речовин. Проте, в післязбиральний період, внаслідок протікання метаболічних процесів, кількість біологічно активних сполук в овочевій продукції стрімко знижується. Для стабілізації харчової цінності овочів у післязбиральний період використовуються цілий ряд технологічних прийомів. Відомо, що збереженню біологічно активних речовин сприяє зберігання в регульованому газовому середовищі, використання модифікованого газового середовища, нанесенні на продукцію покриттів різного складу, у т. ч. антиоксидантів [5, 6]. Однак ефективність таких прийомів часто сильно залежить від виду, сорту продукції та багатьох інших передзбиральних і післязбиральних факторів. Тому розробка заходів, що забезпечують високу якість продукції протягом тривалого часу не втрачає своєї актуальності.

2. Аналіз літературних даних і постановка проблеми

Збереженню високої якості та поживної цінності овочевої продукції сприяє зберігання в умовах охолодження [7]. Кабачки мають тропічне походження та є досить чутливими до пошкодження холодом [8]. Для успішного зберігання кабачків вживають додаткових заходів, що посилюють толерантність плодів до впливу холоду.

Найбільш часто на промисловому рівні використовуються кондиціювання при помірній температурі [9], попередні теплові обробки при високих температурах [10, 11] чи переривання холодильного зберігання на тимчасове отоплення продукції [12].

Застосовують також і обробку плодів антиоксидантними речовинами, які здатні зменшити окисне пошкодження, індуковане охолодженням [13]. Комбінування різних післязбиральних заходів можуть дати кращі результати. Відомо, що застосування теплової обробки композиціями антиоксидантів дозволяє знизити рівень пошкодження холодом та подовжити термін зберігання кабачків [14]. Післязбиральна тепла обробка композиціями антиоксидантів знижує інтенсивність дихання та сприяє збереженості цукрів і органічних кислот у кабачках [15]. Однак, вплив теплової обробки композиціями антиоксидантів на вміст біологічно активних речовин впродовж зберігання кабачків не вивчався. Сказане зумовлює необхідність досліджень у цьому напрямку.