

ТЕХНОЛОГІЯ ТА ВЛАСТИВОСТІ НАПІВФАБРИКАТУ НИЗЬКОЛАКТОЗНОГО НА ОСНОВІ МОЛОЧНОЇ СИРОВАТКИ ПІДСИРНОЇ

Гніщевич В. А., Гончар Ю. М.

ВСТУП

Однією із найважливіших цінностей суспільства є здоров'я людини, яке формується в тому числі способом життя, включаючи дотримання принципів збалансованого харчування та задоволення потреби організму в необхідних харчових речовинах. У той же час, за наявності певних захворювань засвоєння організмом поживних речовин може бути утрудненим. Однією із таких хвороб є синдром роздратованого кишечника (СРК), який може виникати у людини будь-якого віку. СРК обов'язково супроводжується повною (інтолерантність) чи частковою непереносимістю (мальабсорбція) лактози, як наслідок дефіциту продукування організмом лактази. В Україні офіційно діагностовано та підтверджено лабораторними дослідженнями, що 16% населення хворіють на мальабсорбцію, а хворих з неперевіренними діагнозами значно більше¹.

Виключення лактозовмісних продуктів харчування із раціону або їх часткове обмеження не сприяє покращенню стану здоров'я людини, натомість призводить до недостатності споживання багатьох поживних речовин та виникненню супутніх захворювань.

Вирішення цієї проблеми можливе за рахунок залучення до виробництва низьколактозних харчових продуктів на основі гідролізованої білково-вуглеводної молочної сировини (БВМС).

Одним з видів БВМС є сироватка молочна підсирна, потенціал якої в Україні на сьогодні реалізується на харчові цілі не повною мірою. Станом на 1 півріччя 2020 року було виготовлено 735 тис. тон молочної сироватки і тільки 30,4 тис. тон підлягало переробці, решта

¹ Douglas A. Drossman. The Functional Gastrointestinal Disorders and the Rome III Process. Division of Gastroenterology and Hepatology, UNC Center for Functional GI and Motility Disorders, University of North Carolina at Chapel Hill, Chapel Hill, North Carolina. 2006. V.130. Issue 5. P. 1377–1390. URL: [http://www.gastrojournal.org/article/S0016-5085\(06\)005038/fulltext?referrer=https%3A%2F%2Fwww.ncbi.nlm.nih.gov%2F](http://www.gastrojournal.org/article/S0016-5085(06)005038/fulltext?referrer=https%3A%2F%2Fwww.ncbi.nlm.nih.gov%2F)

ж зливалась у вигляді відходів². Тому пріоритетною постає проблема створення технологій низьколактозних молочних продуктів на її основі для подальшого використання у технологіях спеціальних харчових продуктів.

Незважаючи на різноманіття існуючих технологій харчових продуктів на основі молочної сировини, особливим попитом користуються структуровані – соуси, креми тощо. Відмінними структуроутворювальними властивостями відзначається рослинна сировина з високим вмістом пектинових речовин. У якості такої сировини може виступати м'якоть гарбуза, що характеризуються потенційними властивостями структуроутворювачів, стабілізаторів структури та регуляторів органолептичних показників харчової продукції. Проте у необробленому вигляді кількість пектинів є недостатньою для використання їх у вигляді структуроутворювачів. У зв'язку з цим актуальним також постає проблема обробки м'якоти гарбуза з метою збільшення вмісту розчинного пектину.

Отже, проблема комплексної переробки сироватки молочної підсирної з отриманням низьколактозних напівфабрикатів з використанням рослинних пектинів для регулювання структури, розроблення науково обґрунтованих технологій кулінарної продукції для харчування хворих на мальабсорбцію лактози у контексті державної політики щодо ресурсозбереження, глибокої переробки харчової сировини, нарощування високоякісної продукції вітчизняного виробництва, посилення орієнтації вітчизняних підприємств на розвиток виробництва імпортозаміщуючих продуктів є актуальною.

1. Визначення передумов та постановка проблеми

Важливою проблемою харчової промисловості в сучасних умовах є залучення до господарського обороту місцевих сировинних ресурсів. Провідна роль у розв'язанні цієї проблеми відведена молочної промисловості. Оскільки більшість традиційних способів переробки молока передбачають отримання побічних продуктів, що не використовуються в подальшому або піддаються неповній переробці, то її вирішення можливе за рахунок створення маловідходних і безвідходних технологій переробки та виробництва

² Офіційний сайт Державного комітету статистики України.
URL:<http://www.ukrstat.gov.ua>

харчової продукції^{3,4}. Таким чином застосування вторинної молочної сировини, зокрема молочної сироватки, у виробництві харчових продуктів виступає одним із перспективних шляхів комплексної переробки цієї цінної сировини.

Одним з перспективних напрямків, які розширюють сферу використання сироватки, є отримання низьколактозних продуктів в результаті використання ферментних препаратів направленої дії, в т.ч. на основі пропіоновокислих бактерій роду *Propionibacterium freudenreichii* підвиду *shermanii*. В результаті процесу ферментування сироватка в значній мірі збагачується цінними продуктами метаболізму, такими як вітаміни групи В, органічні кислоти, ферменти, імунні тіла та інші біологічно активні речовини.

Серед харчової продукції на основі вторинної молочної сировини значну частину займають структуровані вироби. Зокрема, це продукти з піноподібною, емульсійною та драгелеподібною структурою, а також продукти, що можуть поєднувати декілька таких структур. Формування структури даної продукції можливо за наявності поверхнево-активних речовин, роль яких в традиційних технологіях виконують ячні та молочні продукти, а також загущувачів та гелеутворювачів, які виконують роль стабілізаторів. Узагальнений досвід вітчизняних та іноземних вчених визначив, що у технологіях таких продуктів доцільно використовувати рослинний компонент у вигляді пюре, паст тощо, який виконує роль стабілізатора систем завдяки вмісту пектинових речовин та інших полісахаридів⁵.

Була запропонована інноваційна стратегія розробки напівфабрикату, яка покликана вирішити ряд проблем сировинного, екологічного, технологічного, фізіологічного та економічного характеру.

У зв'язку з цим, було сформульовано основні принципи розробки напівфабрикату та вимоги до його технологічних властивостей. Він повинен:

³ Longstreth G.F., Thompson W.G., Chey W.D., Houghton L.A., Mearin F., Spiller R.C. Functional bowel disorders. *Gastroenterology*. 2006. № 130. P. 1480–1491.

⁴ Гніцевич В.А., Никифоров Р.П., Федотова Н.А., Кравченко Н.В. Технологія харчових продуктів із заданими властивостями на основі вторинної молочної та рослинної сировини: монографія. Донецьк. ДонНУЕТ. 2014. С. 336-345.

⁵ Aiqian Ye. Complexation between milk proteins and polysaccharides via electrostatic interaction: Principles and applications. *International Journal of Food Science & Technology*. 2008. № 46. P.406-415.

– вироблятися з районованої в Україні сировини з реалізацією її харчових та функціонально-технологічних властивостей (ФТВ);

– зменшити обсяги невикористовуваної білково-вуглеводної молочної сировини, що є потенційним забруднювачем навколишнього середовища;

– бути агрегативно стабільним при зберіганні та поєднуванім з іншими інгредієнтами у складі харчової продукції;

– характеризуватися можливістю варіювати рецептурний склад продуктів на основі напівфабрикату;

– задовольняти потребу в незамінних нутрієнтах хворих на мальабсорбцію, що мають обмеження на споживання лактози;

– зробити доступним для малопотужних виробництв та закладів ресторанного господарства технологічний процес переробки білково-вуглеводної молочної сировини.

Реалізація даних принципів можлива лише за обґрунтованого та цілеспрямованого впливу на обрану молочну та рослину сировину з метою найбільш повного використання її технологічних властивостей.

На основі положень інноваційної стратегії розробки сформульовано робочу гіпотезу, яка полягає в тому, що використання овочевої сировини, як джерела низькоетерифікованих пектинових речовин, та ферментованої білково-вуглеводної молочної сировини, як джерела білків, кальцію, фосфору, вільної від лактози, за умов спрямованого регулювання функціонально-технологічних властивостей в процесі ферментування та згущення, дозволить отримати низьколактозний напівфабрикат на основі молочної сироватки.

В межах сформульованої робочої гіпотези запропоновано модель розробки напівфабрикату (рис. 1).

Було запропоновано використання культури *Propionibacterium freudenreichii* subsp. *Shermanii* для гідролізу лактози молочної сироватки. Встановлено, що мінімальний вміст лактози 2% відзначається за параметрів процесу ферментолізу: рН=5...5,5, концентрації препарату «ЧізПро Пропіоні» – 0,03г/л, температури ферментолізу 50±2°C, тривалості процесу 12·3600с. Встановлено позитивний вплив 2н розчину NH₄OH на регуляцію рН, а розчину каталізатора 2%-ого CaCO₃ на інтенсивність перебігу процесу. Обрані спосіб та параметри здійснення ферментативного гідролізу дозволяють зберегти максимальну кількість поживних речовин

молочної сироватки підсирної, забезпечивши ефективне зниження вмісту лактози⁶.

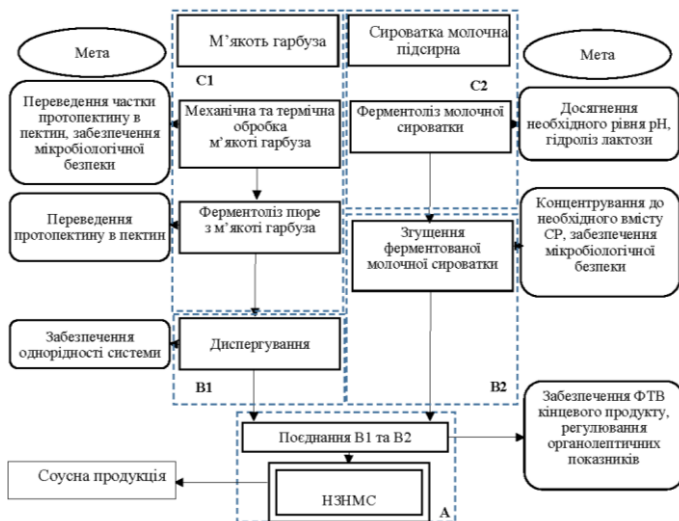


Рис. 1. Модель інноваційної стратегії розробки напівфабрикату низьколактозного на основі молочної сироватки підсирної (НЗНМС)

Удосконалено технологічні параметри процесу згущення у вакуумі попередньо ферментованої молочної сироватки. Процес згущування реалізується за розрідження $P = -0,1 \text{ Па}$, сталої температури $50 \pm 2^\circ \text{C}$, протягом $6 \cdot 3600 \text{ с}$. Фактор концентрування – 10^7 .

Досліджено характер процесу кристалоутворення лактози за різних способів концентрування сухих речовин молочної сироватки. За результатами досліджень констатовано, що у згущеній у вакуумі низьколактозній молочній сироватці (ЗНМС) відбувається процес

⁶ Гніцевич В.А., Юдіна Т.І., Гончар Ю.М. Технологія напівфабрикату на основі низьколактозної молочної сироватки та м'якоти гарбуза. Товари і ринки. 2018. №4. Т. 1. С. 105-114.

⁷ Гніцевич В. А., Гончар Ю. М. Спосіб виробництва згущеної ферментованої молочної сироватки зі зниженим вмістом лактози. Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Розвиток харчових виробництв, ресторанного та готельного господарств і торгівлі: проблеми, перспективи, ефективність». ХДУХТ. 2018. Ч. 1. С. 120-121.

кристалізації лактози, який супроводжується утворенням осередків росту кристалів у результаті термізації. ЗНМС має дрібнокристалічну структуру, характеризується кристалами мінімального розміру та мінімальним діапазоном розмірних значень, що характеризує дисперсну систему як систему з високою однорідністю. Досліджено гранулометричний склад кристалів лактози при зберіганні зразків протягом 30 діб. За різних термінів зберігання ЗНМС характеризувався незначним зменшенням однорідності системи внаслідок нарощування розмірів кристалів лактози. В результаті згущення зріс показник ефективної в'язкості, що дає підстави використовувати ЗНМС в складі в'язко-пластичних систем. В результаті коригування кислотності ЗНМС набуває нейтральних значень рН середовища.

Встановлено, що на вміст розчинного пектину в м'якоті гарбуза впливають його сортність та режим зберігання. Визначено, що низькотемпературне зберігання сповільнює процес утворення пектину та негативно впливає на його вихід. Для використання в якості джерела пектинвмісної сировини було обрано гарбуз, який зберігався за температурного режиму $+8...+10^{\circ}\text{C}$. Вперше запропоновано модифікований спосіб обробки м'якоті гарбуза, який передбачає його попередню гідротермічну обробку з наступним обробленням ферментним препаратом Ветом 1.1. Встановлено, що оптимальними параметрами процесу ферментолізу, за яких відбувається максимальне накопичення розчинного пектину, є температура $55\pm 3^{\circ}\text{C}$, тривалість $15\cdot 3600\text{с}$, концентрація ферментного препарату $1,5\%$ ⁸.

Ключовим питанням, що визначає функціонально-технологічні властивості (ФТВ) напівфабрикату та його харчову та біологічну цінність є встановлення раціонального співвідношення компонентів системи.

Оскільки передбачається сумісне використання молочної сироватки зі зниженим вмістом лактози (ЗНМС) та пюре з гарбуза з підвищеним вмістом пектину (ФМПГ), необхідним є визначення реологічних властивостей таких систем. В системах, які містять сироваткові молочні білки та низькоетерифікований пектин, джерелом якого є ферментоване пюре із гарбуза, можуть проявлятися різні взаємодії. Між сироватковими білками молока та пектином в залежності від температури та тривалості обробки, рН середовища,

⁸ Гніцевич В.А., Гончар Ю.М. Дослідження процесу ферментолізу м'якоті гарбуза. Наукові праці НУХТ. 2018. Том 24. № 2. С. 203-208.

іонної сили розчину та співвідношення білків та пектину можуть відбуватися утворення комплексів (внутрішньомолекулярних, інтермолекулярних, електронейтральних, заряджених, коацерватів)⁹.

Використання процесів ферментації для молочної та рослинної сировини можуть призводити до утворення комплексів між білками та пектином з одержанням частинок з різними розмірними характеристиками. Тобто вони можуть виступати у ролі жирозамінників, імітуючи високожирні продукти. Такі нерозчинні комплекси у вигляді частинок можуть стабілізувати емульсії за типом Пікерінг стабілізації, або за рахунок розчинних комплексів за типом стеричної стабілізації, що в кінцевому випадку визначатиме текстуру готового продукту^{10,11}. Зазначені процеси визначатимуть функціонально-технологічні властивості систем, зокрема, їх здатність утворювати та стабілізувати піноподібні, емульсійні та інші системи, надавати їм стійкості до впливу температури, зміні рН, введення інших компонентів^{12,13}.

В літературі достатньо повно описаний характер взаємодії казеїну та його фракцій з полісахаридами та властивості таких систем¹⁴. Щодо взаємодії сироваткових білків молока та пектинів, зокрема низькоестерифікованих, дані не системні та обмежені. Тому необхідним є проведення досліджень з визначення реологічних та функціонально-технологічних властивостей модельних систем на

⁹ Aiqian Ye. Complexation between milk proteins and polysaccharides via electrostatic interaction: Principles and applications. *International Journal of Food Science & Technology*. 2008. № 46. P. 406-415.

¹⁰ Keren Gancz, Marcela Alexander, Milena Corredig. Interactions of High Methoxyl Pectin with Whey Proteins at Oil/Water Interfaces at Acid pH. *J. Agric. Food Chem.* 2005. № 53. P. 2236–2241.

¹¹ Alina Krzeminska, Katharina Angelika Prella, Jochen Weiss b, Jörg Hinrichs. Environmental response of pectin-stabilized whey protein aggregates. *Food Hydrocolloids*. 2014. №35. P.332-340.

¹² Гніцевич В.А., Дейниченко Л.Г., Горальчук А.Б. Реологічні властивості молочно-білкових концентратів. *Наукові праці НУХТ*. 2017. Том 23. № 2. С. 182-189.

¹³ Arima Diah Setiowati, Serveh Saeedi, Wahyu Wijaya, Paul Van der Meer. Improved heat stability of whey protein isolate stabilized emulsions via dry heat treatment of WPI and low methoxyl pectin: Effect of pectin concentration, pH, and ionic strength. *Food Hydrocolloids*. 2017. № 63. P. 716-726.

¹⁴ Горальчук А.Б. Губський С.М., Терешкін О.Г., Котляр О.В., Омельченко С.Б., Товма Л.С. Розробка теоретичної моделі одержання піноемульсії з суміші сухої жиромісної та її експериментальне підтвердження. *Східно-європейський журнал передових технологій*. 2017. т. 2. № 10(86). С. 12-19.

основі згущеної молочної сироватки зі зниженим вмістом лактози та пюре з гарбуза з підвищеним вмістом пектину, а також розроблення рекомендацій щодо використання зазначеної продукції як основи для створення структурованої продукції.

Метою роботи є дослідження емульгувальних властивостей модельних систем на основі згущеної ферментованої сироватки зі зниженим вмістом лактози та ферментованої м'якоти гарбуза для створення структурованої харчової продукції

Для досягнення поставленої мети вирішувалися наступні задачі:

- дослідити реологічні властивості ЗНМС та ФПМГ;
- визначити вплив співвідношення компонентів на формування структуруючих властивостей харчових систем з їх використанням;
- надати рекомендації щодо подальшого використання НЗНМС, виходячи з реологічних характеристик напівфабрикату.

2. Матеріали та методи дослідження впливу співвідношення компонентів напівфабрикату на процеси емульгування

Вміст ЗНМС в модельних системах варіювали в межах 40...90% з кроком 10%. Компоненти суміші за температури $20 \pm 1^\circ\text{C}$ перемішували протягом 60с до досягнення однорідності суміші за допомогою гомогенізатора ІКА Ultra-Turrax T18 basic за $V=11200\text{об/хв}$.

Значення поверхневого натягу дослідних зразків з розведенням до 0,1...1,0% визначали сталагмометричним методом за температури $+23,3^\circ\text{C}$ з кратністю повторення досліду 5 разів¹⁵.

Піноутворюючу здатність (ПУЗ) зразків ЗНМС визначали методом Лур'є¹⁶. При дослідженні піноутворюючої здатності модельні композиції об'ємом $0,50\text{дм}^3$ збивали на машині для збивання «Kuchenbach» впродовж $10 \cdot 60$ с.

Розрахунок ПУЗ проводили за формулою:

$$\text{ПУЗ} = \frac{V_n}{V_c} \cdot 10_0$$

де ПУЗ – піноутворююча здатність, %; V_n – об'єм системи після збивання, м^3 ; V_c – об'єм системи до збивання, м^3 .

¹⁵ Гніцевич В.А., Дейниченко Л.Г., Горальчук А.Б. Вказана праця.

¹⁶ Кафка, Б.В.; Лурье, И.С. Технологический контроль кондитерского производства. М.: Пищевая промышленность. 1967. 207 с.

Стойкість піни (СП) зразків визначали за методом Лур'є. Вистоювання збитих композицій проводили впродовж 15·60 с.

Розрахунок стійкості піни проводили за формулою:

$$\text{СП} = \frac{h_2}{h_1} \cdot 10_0$$

де СП – стійкість піни, %; h_2 – висота піни після вистоювання, м; h_1 – початкова висота піни, м.

Ефективну в'язкість визначали на ротаційному віскозиметрі ВПН-0,2М. Межа допустимої похибки вимірювання в'язкості складає $\pm 6\%$ від величини, що вимірюється. Робоча температура в термостаті становила $+23,3 \pm 1,5^\circ\text{C}$. Для фіксованого значення напруги знімали до п'яти значень періоду обертання, виключаючи грубі помилки, розраховували середнє значення.

Граничну напругу зсуву (ГНЗ) зразків визначали екстраполяцією лінійної ділянки кривої $\tau=f(\gamma)$, за швидкістю зсуву 100 с^{-1} , що відповідає значенням при органолептичній оцінці під час споживання продукції.

Жиропоглинальну здатність визначали за кількістю рослинної олії (соняшникової), необхідної для досягнення точки інверсії. Олію емульгували на лабораторній верхньоприводній мішалці механічній ДЛН з насадкою для розчинення, що забезпечує перемішування матеріалу зверху вниз і знизу вверх за високої турбулентності та дії поперечних сил, протягом 25-35хв залежно від співвідношення компонентів системи.

Визначення точки інверсії фаз для оцінки емульгуючої здатності модельних систем здійснювалось за методикою Гурова О.М.¹⁷. Тип емульсії визначали методом розведення в воді. Значення точки інверсії фаз відповідало масовому вмісту рослинної олії (соняшникової), яка була використана в процесі.

Стойкість емульсії (СЕ) визначали за ГОСТ 31762-2012 [16]. Межі абсолютної похибки результатів вимірювань стійкості емульсії $\pm 3\%$ (абс.). Оцінювали стійкість за кількістю не розшарованої емульсії.

¹⁷ ГОСТ 31762-2012. Майонезы и соусы майонезные. Правила приемки и методы испытаний. Дата введения 2013-07-01.

3. Дослідження реологічних властивостей модельних систем напівфабрикату

Для визначення сфери застосування напівфабрикату необхідно дослідити їх здатність до утворення стійких піноподібних або емульсійних систем.

Піноутворюючі властивості залежать від багатьох факторів, зокрема ступеня термічної денатурації білків ЗНМС в процесі згущування, залишкового вмісту ліпідів і фосфоліпідів, вмісту кальцію, з урахуванням його додаткового внесення до складу напівфабрикату з метою інтенсифікації процесу ферментолізу, величини рН і ступеня ферментативного гідролізу білків, а також співвідношення компонентів. Здатність сумішей до збивання та утворення заданих структур обумовлює вміст поверхнево-активних речовин (ПАР) та в'язкість системи¹⁸. Піноутворювальна здатність ЗНМС оцінювалася в порівнянні з молочною сироваткою ферментованою незгущеною (ФМС) та ферментованою молочною сироваткою, концентрованою контактним методом за нормального атмосферного тиску за температури 50°C (КФМС). Результати досліджень наведено на рис. 2.

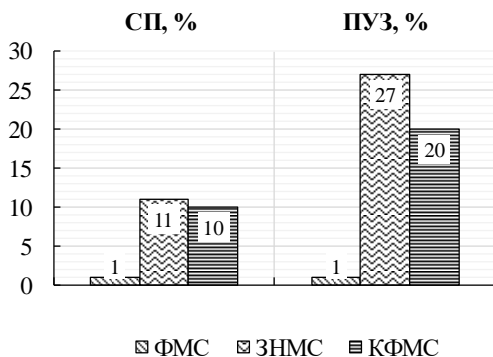


Рис. 2. ПУЗ та СП зразків ФМС, КФМС та ЗНМС

¹⁸ Фізична та колоїдна хімія: Метод. рекомендації до викон. лаборатор.робіт для студ. напряму 6.051701 «Харчові технології та інженерія» та 6.051401 «Біотехнологія» ден. та заоч. форм навч. / Уклад.: О.В. Грабовська, О.М. Мірошников, О.В. Подобій, Л.С. Воловик, Є.І. Ковалевська, М.І. Сербова, С.П. Бондаренко. К.: НУХТ 2012. 91 с.

Проведені дослідження свідчать, що КФМС має піноутворюючу здатність на рівні 20%. Для ФМС цей показник дорівнював 1%. Для ЗНМС значення ПУЗ становить 23%. Це можна пояснити зростанням вмісту сухих речовин, зокрема білків, які є поверхнево-активними речовинами. Низьку піноутворювальну здатність всіх зразків можна пояснити вмістом жиру, що складає близько 5%. Додатковим чинником, що визначає низьку піноутворювальну здатність, може бути висока в'язкість розчину, що ускладнює процес диспергування повітря у системі. Встановлено, що стійкість піни, утворених КФМС складає 10%, ЗНМС – 11%, ФМС – 1%, що, ймовірно, пояснюється високою полідисперсністю та значним вмістом бульбашок з низькою дисперсністю, які руйнуються через процес диспропорціонування. Одержані величини ПУЗ та СП для всіх досліджуваних зразків є недостатніми для їх подальшого використання у складі пінних систем. Процеси піноутворення і емульгування хоч і мають схожість процесів, однак відрізняються за величиною роботи, необхідної для диспергування, що визначається міжфазним натягом та густиною дисперсних фаз. Надалі досліджували емульгуючі властивості ЗНМС та модельних систем на її основі.

Для оцінки властивостей визначали поверхневий натяг ЗНМС. Результати наведені на рис. 3.

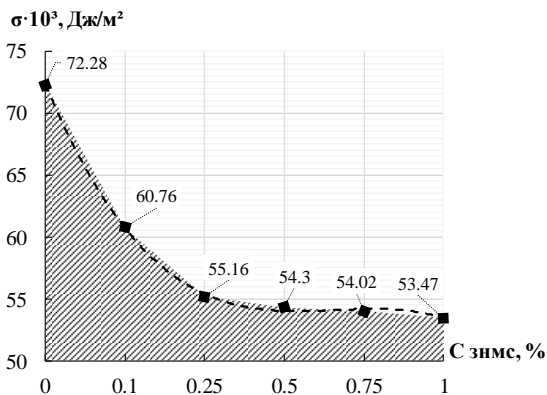


Рис. 3. Ізотерма поверхневого натягу розчину ЗНМС

Зменшення поверхневого натягу на межі розподілу фаз свідчить про зростання концентрації ПАВ в моношарі. Лінія тренду спрямована на зменшення поверхневого натягу пропорційно

зростанню концентрації розчину ЗНМС. Це обумовлено збільшенням вмісту сироваткових білків у розчині, що свідчить про можливість утворення пін та емульсій. Однак необхідно визначити, які процеси відбуваються під час утворення емульсій та можливості їх регулювання з метою одержання стабільних систем.

Здатність ЗНМС при підвищенні її концентрації знижувати поверхневий натяг при адсорбції на межі розподілу фаз свідчить про високу поверхневу активність, що ще раз підтверджує ефективність її застосування в складі емульсій. Проте такі емульсії є потенційно нестабільними системами, в зв'язку з чим доцільним є дослідження способів її стабілізації, наприклад рослинною компонентою, багатою на пектинові речовини.

Відомо, що пектини утворюють міжмолекулярні комплекси з молочними білками, які можуть виступати вискоєфективними стабілізаторами емульсій¹⁹. В зв'язку з чим доцільно дослідити характер взаємодії пектинвмісного ФПМГ з сироватковими білками ЗНМС. Для оцінки ефективності застосування ФПМГ як джерела низькоетерифікованого пектину в якості стабілізатора досліджено модельні композиції при різних співвідношеннях ФПМГ та ЗНМС. Оцінку взаємодії сироваткових білків та пектину можна здійснити реологічними методами. Реологічні методи дослідження можуть фіксувати аномальні зміни в'язкості, граничної напруги зсуву систем, на основі чого можна стверджувати про взаємодію речовин або відсутність такої.

Модельні композиції, в яких вміст ФПМГ перевищував 60%, володіли незадовільними органолептичними показниками, тому для подальших досліджень не використовувались. Результати досліджень ефективної в'язкості модельних систем наведено на рис. 4.

Встановлено, що із зростанням частки ФПМГ з 10% до 60% ефективна в'язкість зростає в 3,1 рази. Тобто можна стверджувати про відсутність коацервації комплексів білок-пектин, відсутності термодинамічної несумісності білків з пектинами за досліджених співвідношень компонентів. У таких випадках в'язкість системи мала би зменшуватися. Одержані дані свідчать про взаємодію сироваткових білків та пектинів з формуванням взаємопрониклих полімерних сітчастих структур у процесі міцелоутворення.

¹⁹ Ренський І.О., Пономарьов М.Є., Бережницька О.С., Рудницька Г.А. Поверхневі явища та дисперсні системи: Метод. вказівки до викон. лабораторних робіт для студ. напряму підготов. 6.051301 «Хімічна технологія» усіх форм навч. К.: НТУУ «КПІ». 2012. 84 с.

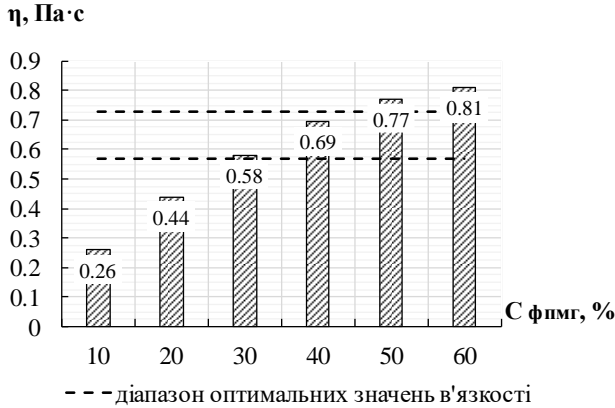


Рис. 4. Ефективна в'язкість модельних композицій залежно від концентрації ФПМГ (за швидкості зсуву 100 c^{-1})

При одночасному або послідовному формуванні взаємопрониклих полімерних сітчастих структур відбувається мікрофазний розподіл білків і вуглеводів через несумісність, що виникає з міжвузлових ланцюгів із подальшим орієнтованим витискуванням молекул полісахаридів на поверхню білків. При цьому, підвищення концентрації вуглеводів у мікрооб'ємах призводить до посилення їх самостійної асоціації, утворення водневих зв'язків, об'єднаних ділянок із піранозних структур пектину. Це, в свою чергу, призводить до більш швидкого зростання в'язкості. Процес гальмує фазовий розподіл полісахаридів, що забезпечує необхідне упорядкування їх надмолекулярних структур і стабілізує структуру системи.

Визначення величини та залежності ГНЗ від вмісту компонентів дозволяє визначити можливий вид взаємодії та охарактеризувати реологічну поведінку систем. Встановлено, що зі збільшенням вмісту ФПМГ гранична напруга зсуву збільшується. Слід відмітити, що в напівлогарифмічних координатах ГНЗ від вмісту поре спостерігається наявність точки перелому кривої за вмісту ФПМГ 30% (рис. 5).

Ймовірно, змінюється вид взаємодії білків та пектинів. Відбувається зростання структуроутворюючої здатності в 4,6 рази до концентрації 30%, порівняно з системами, що містять 40...60% ФПМГ. На основі одержаних даних можна констатувати, що за

вмісту ФПМГ 30% досягається максимальна реалізація структуроутворюючих властивостей, системи характеризуються як в'язко-пластичні. Подальше збільшення ГНЗ є наслідком зміни взаємодії сироваткових білків та пектину. Про це свідчить швидкість зростання ГНЗ, що визначається тангенсом кута нахилу кривої, який зменшується в 4,6 рази. Ймовірно, змінюється розчинність комплексів, молекулярна маса та коефіцієнт дифузії, що узгоджується з дослідженнями, в яких доведено, що зі збільшенням вмісту пектину збільшується розмір частинок білок-пектин.

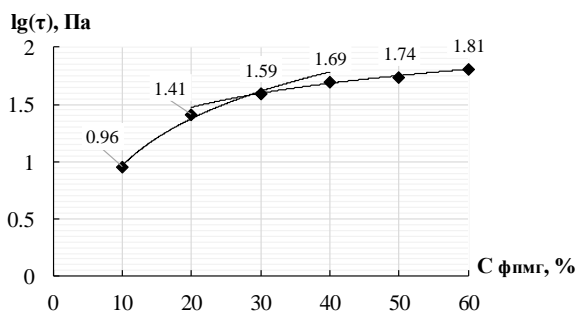


Рис. 5. Залежність логарифму ГНЗ систем від співвідношення компонентів системи

Таким чином, наведені дані свідчать, що застосування рослинної сировини для надбання певних функціонально-технологічних властивостей має декілька переваг. По-перше, це підвищення харчової та біологічної цінності, надання продукції лікувально-профілактичного характеру, радіопротекторної та імуномодельючої дії. По-друге, рослинна тканина здатна утримувати рідину в структурі продукту, підвищуючи стабільність при зберіганні, формувати та підвищувати в'язкість харчових систем. По-третє, в даному випадку ФПМГ виступає як смаковий наповнювач та барвник. Але особливу увагу ФПМГ привертає як джерело пектинів, що може дозволити заощаджувати традиційні структуроутворювачі.

Можна констатувати, що шляхом внесення до складу модельних систем (а в подальшому у напівфабрикат) різної кількості ФПМГ дозволяє регулювати в широкому діапазоні в'язкість як фактор стабільності систем. Оскільки протидіючим чинником процесу емульгування олії є величина ефективною в'язкості, що призводить до

значних енергозатрат в процесі емульгування, то необхідним є оцінка емульгуючої здатності системи.

Емульгувальну здатність модельних систем оцінювали за точкою інверсії фаз (рис. 6).

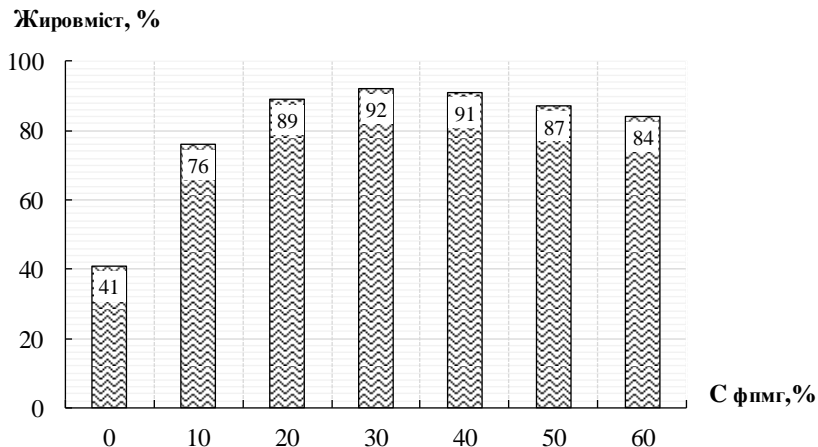


Рис. 6. Залежність точки інверсії емульсій від співвідношення компонентів

Встановлено, що залежність точки інверсії від співвідношення компонентів носить екстремальний характер. В інтервалі вмісту ФПМГ 0...30% емульгуюча здатність збільшується. Подальше збільшення до 40...60% призводить до зменшення емульгуючої здатності систем у 1,3 рази. За вмісту ФПМГ 30...40% точка інверсії фаз емульсії відповідає жировмісту 91...92%. Аналіз одержаних даних дозволяє констатувати про кореляцію ГНЗ систем та точки інверсії фаз емульсії. Ймовірно, це пов'язано з утворенням комплексів, максимальна гідрофобність яких утворюється в системах за вмісту ФПМГ 30...40%. За відсутності в системі ФПМГ низьку емульгуючу ємність можна пояснити високою гідрофільністю білків сироватки. Це призводить до незначної адсорбції білків на розділі фаз. За вмісту ФПМГ більше 40% ймовірно змінюється гідрофільно-ліпофільний баланс, збільшуються розмірні характеристики і як наслідок відбувається зменшення коефіцієнту дифузії. Це негативно впливає на емульгуючу ємність. Однак можна прогнозувати про позитивний вплив на стійкість емульсії. Проведені дослідження

стійкості емульсії за вмісту олії 20...60% дозволяють встановити, що зі збільшенням її вмісту стійкість емульсії збільшується (рис. 7).

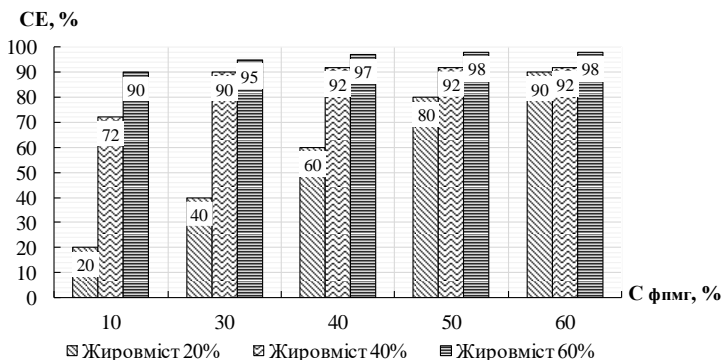


Рис. 7. Стійкість емульсії залежно від співвідношення компонентів залежно від % вмісту олії

Так за вмісту ФПМГ 40...60% та вмісту олії 60% досягається стійкість емульсії $98 \pm 2\%$ що відповідає вимогам нормативної документації щодо майонезів. Слід відмітити, що в системах із вмістом олії 40...60% за вмісту ФПМГ 40...60% стійкість емульсії практично не змінюється, хоча в'язкість системи на основі ФПМГ та ЗНМС в даному діапазоні збільшується. Тому можна припустити про утворення різних комплексів за поверхневою активністю та гідродинамічними властивостями (розмір, заряд, молекулярна маса) за вмісту ФПМГ до 30% та за вмісту ФПМГ 40...60%. На основі аналізу абсолютних значень емульгуючої ємності та стійкості емульсій можна рекомендувати раціональне співвідношення компонентів модельних систем на основі ЗНМС для одержання соусів емульсійного типу.

ВИСНОВКИ

Проведеними дослідженнями реологічних та функціонально-технологічних властивостей визначено зменшення водним розчином ЗНМС поверхневого натягу води, що обумовлено збільшенням вмісту сироваткових білків, та передбачає можливість його використання для утворення емульсій. Доведено перспективність використання ферментованого пюре м'якоті гарбуза із підвищеним вмістом пектину для регулювання емульгувальних та стабілізаційних властивостей

НЗНМС. Проведені дослідження реологічних та функціонально-технологічних властивостей дозволили встановити, що зі збільшенням вмісту ФПМГ гранична напруга зсуву модельних систем збільшується. На основі одержаних даних констатовано, що за вмісту ФПМГ 30% досягається максимальна реалізація структуроутворювальних властивостей, системи характеризуються як в'язкопластичні. Таким чином було обґрунтовано раціональне співвідношення ЗНМС та ФПМГ у складі НЗНМС як (60...70):(30...40). Таке співвідношення виявляє високі емульгувальні та стабілізувальні властивості, дозволяючи отримувати емульсійні системи зі стійкістю $98\pm 2\%$ за вмісту олії 60%.

АНОТАЦІЯ

Попередніми дослідженнями встановлено, що виключення лактозівмісних продуктів харчування із раціону або їх часткове обмеження не сприяє покращенню стану здоров'я людини. Вирішення цієї проблеми можливе за рахунок залучення до виробництва низьколактозних харчових продуктів на основі гідролізованої білково-вуглеводної молочної сировини. Використання низьколактозної білково-вуглеводної молочної сировини, зокрема сироватки молочної можливе для виробництва структурованої кулінарної продукції. В якості структуроутворювача запропоновано використання ферментованого поре м'якоті гарбуза з підвищеним вмістом пектинових речовин, який виступає в ролі структуроутворювача. Запропоновано інноваційну модель напівфабрикату на основі ферментованих низьколактозної молочної сироватки та ферментованого поре з м'якоті гарбуза.

Для встановлення раціонального співвідношення основних компонентів напівфабрикату досліджено реологічні властивості модельних систем. Встановлено вплив співвідношення компонентів на формування структуроутворюючих показників, а саме на емульгувальні властивості. Доведена можливість застосування напівфабрикату в якості основи для соусів емульсійного типу.

ЛІТЕРАТУРА

1. Douglas A. Drossman. The Functional Gastrointestinal Disorders and the Rome III Process. Division of Gastroenterology and Hepatology, UNC Center for Functional GI and Motility Disorders, University of North Carolina at Chapel Hill, Chapel Hill, North Carolina. 2006. V.130. Issue 5. P. 1377–1390. URL: <http://www.gastrojournal.org/article/S0016->

5085(06)005038/fulltext?referrer=https%3A%2F%2Fwww.ncbi.nlm.nih.gov%2F. (дата звернення: 10.03.2022)

2. Офіційний сайт Державного комітету статистики України. URL:<http://www.ukrstat.gov.ua> (дата звернення: 10.03.2022)

3. Longstreth G.F., Thompson W.G., Chey W.D., Houghton L.A., Mearin F., Spiller R.C. Functional bowel disorders. *Gastroenterology*. 2006. № 130. P. 1480–1491.

4. Гніцевич В.А., Никифоров Р.П., Федотова Н.А., Кравченко Н.В. Технологія харчових продуктів із заданими властивостями на основі вторинної молочної та рослинної сировини: монографія. Донецьк. ДонНУЕТ. 2014. С. 336-345.

5. Aiqian Ye. Complexation between milk proteins and polysaccharides via electrostatic interaction: Principles and applications. *International Journal of Food Science & Technology*. 2008. № 46. P. 406-415

6. Гніцевич В.А., Юдіна Т.І., Гончар Ю.М. Технологія напівфабрикату на основі низьколактозної молочної сироватки та м'якоти гарбуза. *Товари і ринки*. 2018. № 4. Т. 1. С. 105-114.

7. Гніцевич В. А., Гончар Ю. М. Спосіб виробництва згущеної ферментованої молочної сироватки зі зниженим вмістом лактози. *Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Розвиток харчових виробництв, ресторанного та готельного господарств і торгівлі: проблеми, перспективи, ефективність»*. ХДУХТ. 2018. Ч. 1. С. 120-121.

8. Гніцевич В.А., Гончар Ю.М. Дослідження процесу ферментолізу м'якоти гарбуза. *Наукові праці НУХТ*. 2018. Том 24. № 2. С. 203-208.

9. Aiqian Ye. Complexation between milk proteins and polysaccharides via electrostatic interaction: Principles and applications. *International Journal of Food Science & Technology*. 2008. № 46. P. 406-415.

10. Keren Gancz, Marcela Alexander, Milena Corredig. Interactions of High Methoxyl Pectin with Whey Proteins at Oil/Water Interfaces at Acid pH. *J. Agric. Food Chem*. 2005. № 53. P. 2236–2241.

11. Alina Krzeminska, Katharina Angelika Prella, Jochen Weiss b, Jörg Hinrichs. Environmental response of pectin-stabilized whey protein aggregates. *Food Hydrocolloids*. 2014. № 35. P. 332-340.

12. Гніцевич В.А., Дейниченко Л.Г., Горальчук А.Б. Реологічні властивості молочно-білкових концентратів. *Наукові праці НУХТ*. 2017. Том 23. № 2. С. 182-189.

13. Arima Diah Setiowati, Serveh Saeedi, Wahyu Wijaya, Paul Van der Meeren. Improved heat stability of whey protein isolate stabilized emulsions via dry heat treatment of WPI and low methoxyl pectin: Effect

of pectin concentration, pH, and ionic strength. Food Hydrocolloids. 2017. № 63. P. 716-726.

14. Горальчук А.Б., Губський С.М., Терешкін О.Г., Котляр О.В., Омельченко С.Б., Товма Л.С. Розробка теоретичної моделі одержання піноемульсії з суміші сухої жировмісної та її експериментальне підтвердження. Східно-європейський журнал передових технологій. 2017. т. 2. № 10(86). С. 12-19.

15. Кафка, Б.В.; Лурье, И.С. Технологический контроль кондитерского производства. М.: Пищевая промышленность. 1967. 207 с.

16. ГОСТ 31762-2012. Майонезы и соусы майонезные. Правила приемки и методы испытаний. Дата введения 2013-07-01.

17. Фізична та колоїдна хімія: Метод. рекомендації до викон. лаборатор. робіт для студ. напряму 6.051701 «Харчові технології та інженерія» та 6.051401 «Біотехнологія» ден. та заоч. форм навч. / Уклад.: О.В. Грабовська, О.М. Мірошников, О.В. Подобій, Л.С. Воловик, Є.І. Ковалевська, М.І. Сербова, С.П. Бондаренко. К.: НУХТ 2012. 91 с.

18. Ренський І.О., Пономарьов М.Є., Бережницька О.С., Рудницька Г.А. Поверхневі явища та дисперсні системи: Метод. вказівки до викон. лабораторних робіт для студ. напряму підготов. 6.051301 «Хімічна технологія» усіх форм навч. К.: НТУУ «КПІ». 2012. 84 с.

**Information about the authors:
Gnitsevych Victoriya Albertivna,**

Doctor of Technical Sciences,
Professor at the Department of Technology
and the Organization of Restaurant Business
State University of Trade and Economics
19, Kyoto str., Kyiv, 02156, Ukraine

Honchar Yuliia Mykolaivna,
PhD,

Senior Lecturer at the Department of Technology and the Organization
of Restaurant Business
State University of Trade and Economics
19, Kyoto str., Kyiv, 02156, Ukraine