

НОВІТНІ ТЕХНОЛОГІЇ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ

УДК 637.053 DOI: [https://doi.org/10.31617/tr.knute.2021\(40\)11](https://doi.org/10.31617/tr.knute.2021(40)11)

Viktoriia GNITSEVYCH Doctor of Technical Sciences, Professor,
Professor at the Department of Technologies
and Organization of Restaurant Business,
Kyiv National University of Trade and Economics
19, Kyoto str., Kyiv, 02156, Ukraine
E-mail: v.gnitsevych@knute.edu.ua
ORCID: 0000-0002-6089-1082

Olena VASYLIEVA Candidate of Technical Sciences, Associate
Professor at the Department of Technologies
and Organization of Restaurant Business,
Kyiv National University of Trade and Economics
19, Kyoto str., Kyiv, 02156, Ukraine
E-mail: o.vasyleva@knute.edu.ua
ORCID: 0000-0002-1707-4546

ПІНОУТВОРЮВАЛЬНІ ВЛАСТИВОСТІ МОДЕЛЬНИХ СИСТЕМ НА ОСНОВІ МОЛОЧНОЇ СИРОВАТКИ

Досліджено функціонально-технологічні властивості модельних композицій напівфабрикату для збитих молочних десертів. Визначено раціональні концентрації рецептурних компонентів (сироватки молочної підсирної сухої, сухого екстракту журавлини, цукру) та технологічні параметри виробництва, за яких напівфабрикат виявляє максимальну піноутворювальну здатність.

Ключові слова: сироватка молочна підсирна суха, сухий екстракт журавлини, гуарова камедь, цукор, модельна композиція, піноутворювальна здатність, стійкість піни.

Постановка проблеми. Моніторинг стану здоров'я населення України свідчить про зниження рівня споживання білка, вітамінів, деяких мінеральних речовин. Ефективне розв'язання цієї проблеми можливе завдяки введенню до раціону продуктів, збагачених біологічно активними речовинами тваринного та рослинного походження, а саме продуктів із підвищеним вмістом білкових речовин. Потенційним природним джерелом повноцінного білка є білково-вуглеводна молочна сировина (БВМС). Проблема повного і раціонального використання БВМС є актуальною в усіх країнах. З огляду на актуальність проблеми відбувається інтенсивний пошук нових шляхів переробки і використання БВМС, обсяги якої збільшуються у зв'язку зі збільшенням обсягів виробництва сиру кисломолочного, сиру твердого, казеїну тощо [1; 2]. Одним із перспективних видів БВМС є молочна сироватка, обсяги

виробництва якої в Україні сягають близько 200 т/рік [3]. Для вирішення проблеми реалізації БВМС Європейською асоціацією сироваткових продуктів (*EWPA*) прийнято Спеціальну програму [4].

Одним із секторів економіки, де можливе використання молочної сироватки, є ресторанне господарство. Значну частку в асортименті продукції закладів ресторанного господарства займає збита десертна продукція: муси, самбуки, збиті десерти, що мають особливий попит у споживачів. Відмінною рисою цієї групи продуктів є трудомісткість і багатостадійність технологічного процесу виробництва, необхідність використання харчових добавок, спеціального обладнання, що спричиняє неоднорідність якості та стримує розширення асортименту продукції в закладах ресторанного господарства. Ця проблема може бути розв'язана завдяки використанню напівфабрикатів на основі сироватки молочної, які можна переробляти на збиту десертну продукцію без застосування чисельних технологічних операцій. Одночасно залучення до складу такої продукції рослинної сировини забезпечить технологічну стабільність модельних композицій напівфабрикатів завдяки наявності пектинових речовин та клітковини, а також підвищить харчову цінність готових десертів.

Аналіз продовольчого ринку України свідчить, що асортимент напівфабрикатів для збитої десертної продукції обмежений та представлений переважно сухими сумішами закордонного виробництва, склад яких важко ідентифікувати. Це викликає необхідність проведення наукових і прикладних досліджень, спрямованих на пошук шляхів реалізації функціонально-технологічних властивостей рецептурних компонентів, зокрема білкових речовин сироватки молочної та складних вуглеводів рослинної сировини.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У нашій країні та за кордоном накопичений значний досвід промислової переробки і використання вторинних молочних ресурсів. Завдяки особливостям хімічного складу і технологічним властивостям БВМС відіграють особливу роль у технологіях структурованої десертної продукції, зокрема з пінною структурою. Вагомий внесок у розв'язання цього завдання внесли праці багатьох вітчизняних та закордонних вчених: Г. В. Дейниченка, А. В. Мінорової, І. Романчук, J. V. Królczyk та ін.

На сьогодні фахівцями розроблено технології більш ніж 100 найменувань різноманітних продуктів і напівфабрикатів з використанням молочної сироватки, призначених для харчових і медичних цілей [5–7]. Але більшість цієї продукції має рідку або згущену структуру, що унеможливорює її тривале зберігання. Сучасна харчова промисловість пропонує цілу низку напівфабрикатів різного ступеня готовності, які являють собою рідку рецептурну суміш із вмістом сухих речовин 30–35 % або висококонцентровану рецептурну суміш у вигляді паст чи підварок із вмістом сухих речовин 65–70 % [8; 9]. Зазначені вище напівфабрикати повною мірою не задовольняють потреби виробництва внаслідок вузького технологічного використання; обмежених строків зберігання;

необхідності додаткового холодильного устаткування; низької технологічності напівфабрикатів, яка проявляється в нестабільності органолептичних і фізико-хімічних показників готової продукції на їх основі. Крім того, в асортименті напівфабрикатів, який випускається харчовою промисловістю, не враховано необхідності постійного оновлення складу продукції ресторанного господарства, сезонності споживання окремих продуктів, тенденцій, які змінюються під впливом ринкових умов.

Дослідження щодо можливості розробки сухих напівфабрикатів мають одиничний характер [10]. Тому найбільший інтерес викликають сухі суміші або напівфабрикати з вологістю 3–4 %. Сухі напівфабрикати мають цілу низку переваг: тривалий строк зберігання, спрощення технологічного процесу, розширення асортименту збитих десертів завдяки введенню різноманітних смакових наповнювачів, можливість механізації технологічних процесів тощо.

Обґрунтування складу напівфабрикату для збитої десертної продукції на основі сироватки молочної підсирної сухої та рослинної сировини без застосування піноутворювальних добавок на базі вивчення функціонально-технологічних властивостей модельних систем напівфабрикату є актуальним завданням.

Метою статті є дослідження функціонально-технологічних властивостей напівфабрикату для збитої десертної продукції, зокрема піноутворювальної здатності та стійкості піни, залежно від співвідношення його основних рецептурних компонентів.

Матеріали та методи. Для дослідження використано сироватку молочну підсирну суху (СМПС) за ДСТУ 33958–2016, сухий екстракт журавлини ТМ *Health Link*.

Піноутворювальні властивості модельних композицій напівфабрикату визначено за методом Лур'є [11]. Зразки об'ємом 0.100 дм³ збивали в мірному стакані за допомогою лабораторної мішалки зі швидкістю та за температури, що передбачалися експериментом. Стійкість піни модельних систем вимірювали впродовж 3 · 60 с.

Розрахунок піноутворювальної здатності (ПУЗ, %) проведено за формулою:

$$ПУЗ = \frac{V_n}{V_c} \cdot 100, \quad (1)$$

де V_n – об'єм системи після збивання, 10⁻³ дм³;
 V_c – об'єм системи до збивання, 10⁻³ дм³.

Розрахунок стійкості піни (СП, %) виконано за формулою:

$$СП = \frac{h_2}{h_1} \cdot 100, \quad (2)$$

де h_2 – висота піни після вистоювання, 10⁻³ м;
 h_1 – початкова висота піни, 10⁻³ м.

Результати дослідження. Основними рецептурними компонентами для виробництва напівфабрикату визначено СМПС, яка є джерелом повноцінних сироваткових білків, що мають певні структуроутворювальні властивості, та сухий екстракт журавлини (ЕЖ), який містить природні вітаміни, мікро- та макроелементи, органічні кислоти, харчові волокна і поліфеноли.

Відомо, що здатність до утворення піни залежить від вмісту білків у сироватці. Тому на першому етапі встановлено ступінь та температуру відновлення СМПС. Суху сироватку змішували з водою в різних співвідношеннях, варіюючи вміст білка в системі в інтервалі 4–6.5 %, пастеризували за $t = 65\text{ }^{\circ}\text{C}$ впродовж $30 \cdot 60$ с, охолоджували до $t = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ та збивали, визначаючи ПУЗ та СП системи (табл. 1).

Таблиця 1

Піноутворювальні властивості відновленої СМПС залежно від вмісту білка

Вміст білка в системі	Піноутворювальна здатність	Стійкість піни
	%	
4.0	110 ± 5	2 ± 0.1
4.4	130 ± 7	5 ± 0.2
4.8	162 ± 8	9 ± 0.3
5.2	196 ± 9	28 ± 0.8
5.8	260 ± 11	89 ± 2.6
6.5	237 ± 10	91 ± 2.8

Аналіз отриманих даних свідчить, що відновлена СМПС має певні піноутворювальні властивості. Максимальний їх прояв визначається за вмісту білків 5.8–6.5 %, що зумовлено оптимальною гідратацією білкових молекул. Варто зазначити, що за таких умов стійкість піни є нестабільною, що пояснюється розвиненою поверхнею розділу фаз, тенденцією піни до коалесценції внаслідок зменшення поверхневої енергії.

На наступному етапі досліджено вплив температури (охолодження або нагрівання) на піноутворювальні властивості відновленої СМПС (табл. 2).

Таблиця 2

Піноутворювальні властивості відновленої СМПС залежно від вмісту білка та температури

Вміст білка в системі	Піноутворювальна здатність		Стійкість піни	
	%			
	за температури, $^{\circ}\text{C}$			
	5	40	5	40
4.0	118 ± 5	92 ± 3	4 ± 0.1	3 ± 0.1
4.4	135 ± 7	104 ± 7	8 ± 0.2	6 ± 0.1
4.8	172 ± 8	143 ± 8	15 ± 0.2	11 ± 0.2
5.2	206 ± 9	186 ± 8	45 ± 0.8	25 ± 0.6
5.8	270 ± 11	235 ± 10	89 ± 2.2	74 ± 1.9
6.5	265 ± 10	241 ± 9	98 ± 4	87 ± 3

Підвищення температури негативно впливає на піноутворювальні властивості СМПС. Низька температура, навпаки, підвищує не тільки піноутворення, а й частково стабілізує піну. Це можна пояснити підвищенням в'язкості системи і, як наслідок, збільшенням її гідродинамічної стійкості.

Відомо, що в утворенні піни важливу роль відіграє значення рН середовища [10]. Сухий екстракт журавлини містить органічні кислоти, які здатні варіювати параметри кислотності системи, тому вважалось за необхідне визначити піноутворювальні властивості відновленого СМПС за різного вмісту ЕЖ. Екстракт журавлини вводили на етапі пастеризації в кількості 5–20 %. Такий інтервал обраний за результатами органолептичних показників модельних систем. У дослідженні використано відновлений СМПС із вмістом білка 5.8 %, експеримент проведено за температури 5 °С.

Таблиця 3

Піноутворювальні властивості відновленої СМПС залежно від вмісту ЕЖ

Вміст ЕЖ в системі, %	рН середовища	Піноутворювальна здатність, %	Стійкість піни, %
5.0	6.2	135 ± 5	10 ± 0.1
8.0	6.0	147 ± 7	18 ± 0.2
11.0	5.4	184 ± 8	23 ± 0.2
13.0	4.9	216 ± 9	65 ± 0.8
18.0	4.4	295 ± 11	99 ± 3.0
20.0	4.1	285 ± 10	98 ± 4.0

Зі зменшенням значень рН середовища відбувається підвищення піноутворювальних властивостей модельних систем. Максимального значення вони набувають за вмістом ЕЖ 13–18 %, що відповідає рН 4.9–4.4. Це пов'язано з максимальною гідратацією білкових молекул у цьому діапазоні рН, збільшенням вмісту в модельних системах сухих речовин, зокрема харчових волокон ЕЖ, що мають гідратаційні властивості та, як наслідок, знижують швидкість стікання рідини по каналах Гіббса – Плато.

При виробництві десертної продукції передбачається використання цукру, який також має певні структуроутворювальні властивості. Для дослідження обрано відновлений СМПС із вмістом білка 5.8 %, екстракту журавлини – 18 %. Експеримент проведено за температури 5 °С. Вміст цукру варіювали в інтервалі 0–20 %, враховуючи можливість його зміни внаслідок додавання інших наповнювачів.

Таблиця 4

Піноутворювальні властивості відновленої СМПС залежно від вмісту цукру

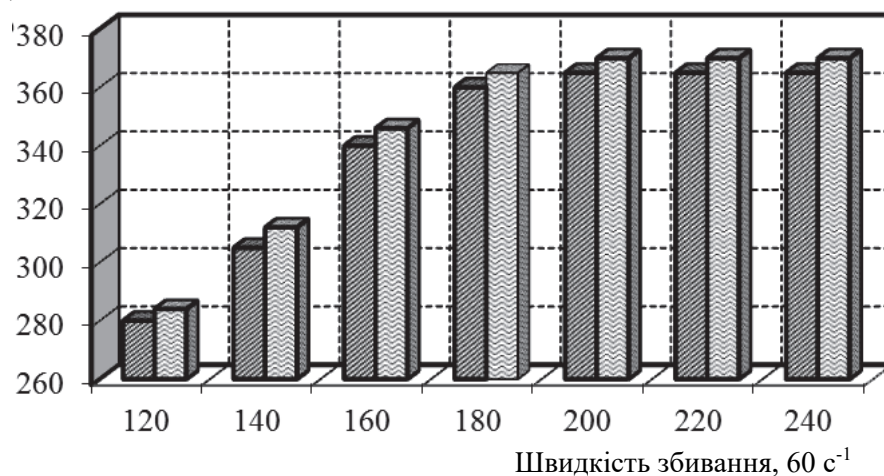
Вміст цукру в системі	Піноутворювальна здатність, %	Стійкість піни
0 (контроль)	285 ± 10	98 ± 4.0
5.0	308 ± 5	98 ± 4.0
10.0	337 ± 7	98 ± 4.0
15.0	385 ± 8	99 ± 4.0
20.0	380 ± 9	99 ± 4.0
25.0	360 ± 11	99 ± 4.0

Можна констатувати, що зі збільшенням вмісту цукру в інтервалі 5–15 % піноутворювальна здатність зростає на 20–25 %, стійкість піни майже не змінюється.

З огляду на те, що стійкість піни вимірювалася в експозиції $3 \cdot 60$ с, а готові вироби мають більш тривалий строк використання, стає необхідним додавання стабілізатора структури. За емпіричними міркуваннями та рекомендаціями виробників вирішено використовувати як стабілізатор гуарову камедь у кількості 1 % до маси основних компонентів.

На останньому етапі визначено вплив швидкості збивання на процес піноутворення модельної системи, яка містить, %: відновлений СМПС із вмістом білка 5.8, екстракт журавлини – 18, цукор – 15, гуарову камедь – 1. Збивання проведено за температури модельної системи 5°C (рисунок).

ПУЗ, %



Залежність піноутворювальної здатності від швидкості збивання

Аналіз експериментальних даних свідчить про прямо пропорційну залежність ПУЗ модельної системи від швидкості збивання. Максимального значення ПУЗ системи набуває за швидкості збивання $180 \cdot 60 \text{ c}^{-1}$ і надалі, за збільшення швидкості збивання вище ніж $200 \cdot 60 \text{ c}^{-1}$, має рівномірний характер для досліджувальних зразків.

Висновки. Максимальні піноутворювальні властивості виявляє напівфабрикат для збитих молочних десертів, який містить: відновлений СМПС із вмістом білка 5.8–6.5 %, екстракт журавлини 13–18 %, цукор 5–15 %. Технологічні параметри, за яких спостерігається максимальний прояв піноутворювальних властивостей, – температура 5°C та швидкість збивання $(180\text{--}240) \cdot 60 \text{ c}^{-1}$.

Перспективами подальших досліджень є оптимізація рецептурного складу і визначення органолептичних, фізико-хімічних та мікробіологічних показників розробленого напівфабрикату.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Статистичні дані надходження молока на переробні підприємства у 2020 році. http://www.ukrstat.gov.ua/suya/st_zvit/2020/milk.pdf (дата звернення 24.10.2021).
2. Гніщевич В. А. Аналіз і перспективи використання білково-вуглеводної молочної сировини в Україні. Матеріали міжнар. наук.-практ. конф. "Глобалізаційні виклики розвитку національних економік". Т. 3. Київ: Київ. нац. торг.-екон. ун-т. 2016. С. 673-684.
3. Маркетинговое исследование украинского рынка молочной сыворотки. Alliance Capital Management. М.: Эксмо. 2016. 220 с.
4. Final Report Summary – WHETLAC (Transformation of the residual whey permeate from the cheese manufacture: lactic acid production). Project ID: 222400. Funded under: FP7-SME. Spain. URL: <http://www.WHETLAC.cartif.com.es> (дата звернення 24.10.2021).
5. Królczyk Jolanta B., Dawidziuk Tomasz, Janiszewska-Turak Emilia, Sołowiej Bartosz. Use of Whey and Whey Preparations in the Food Industry. *Polish journal food nutrition sciences*. 2016. Vol. 66 (3). P. 157-165.
6. Sychevskiy M., Romanchuk I., Minorova A. Whey processing: prospects in Ukraine. *Food Science and Technology*. 2019. Vol. 13. Issue 4. P. 58-68.
7. Whey Protein Production, Chemistry, Functionality, and Applications. Ed. by Minguo Guo. John Wiley & Sons Ltd. 2019. 280 p. DOI: 10.1002/9781119256052.
8. Дейниченко Г., Кравченко Т., Дейниченко Л. Технологии полуфабрикатов для мягкого мороженого на основе лактозосодержащего молочного сырья. URL: <http://dspace.khntusg.com.ua/bitstream/123456789/10522/1/27.pdf> (дата звернення 24.10.2021).
9. Інноваційні технології харчової продукції: кол. монографія. За заг. ред. Г. В. Дейниченка. Харків: Факт, 2019. 248 с.
10. Гніщевич В., Никифоров Р., Федотова Н., Кравченко Н. Технологія харчових продуктів із заданими властивостями на основі вторинної молочної та рослинної сировини: монографія. Донецьк: Донбас, 2014. 337 с.
11. Лурье И. С., Скокан Л. Е., Цитович А. П. Технохимический и микробиологический контроль в кондитерском производстве: Справочник. М.: КолосС, 2003. 416 с.

Стаття надійшла до редакції 25.10.2021.

Gnitsevych V., Vasylieva O. Foaming properties of model systems based on whey.

Background. One of the opportunities to expand the range and increase the share of desserts with a foam structure is the use of multifunctional semi-finished products, the basis for which can be used protein-carbohydrate raw milk, in particular based on whey. Technologies for more than 100 names of products and semi-finished products using whey, the most of which have a liquid or condensed structure, have been developed. Studies on the possibility of developing dry semi-finished products are isolated.

The aim of the article is to study the functional and technological properties, in particular the foaming ability and stability of the semi-finished foam for whipped dessert products, depending on the ratio of its main prescription components.

Materials and methods. For the study the whey dairy dry whey (WDDW) according to DSTU 33958–2016, dry cranberry extract (CE) TM *Health Link* were used. The foaming properties of the samples, namely the foaming ability (FA) and the stability of the foam (SF) were determined by the Lurie method.

Results. The obtained solutions of reduced WDDW with different protein content showed certain foaming properties. The maximum manifestation was determined by the protein content of 5.8–6.5 % and temperature 5 °C. The maximum value of foaming ability (FA) and foam stability (FS) model systems acquire the content of CE 13–18 %, which corresponds to pH 4.9–4.4. It is proved that with increasing sugar content in the range of 5–15 % FA increases by 20–25 %, the stability of the foam is almost unchanged. So, it is envisaged to use guar gum in the amount of 1 % by weight of the main components as a stabilizer. The maximum value of the FA system acquires at the beating speed (180–240) · 60s¹.

Conclusion. The maximum foaming properties are shown by the semi-finished product for whipped dairy desserts, which contains: reduced WDDW with a protein content of 5.8–6.5 %, the cranberry extract 13–18 %, sugar 5–15 %. Technological parameters, according to which the maximum manifestation of foaming properties is observed, are the temperature of 5°C and the beating speed (180–240) · 60 s¹.

Keywords: dry whey, dry cranberry extract, guar gum, sugar, model composition, foaming ability, foam stability.

REFERENCES

1. *Statystychni dani nadhodzhennja moloka na pererobni pidpryjemstva u 2020 roci* [Statistics of milk supply to processing enterprises in 2020]. http://www.ukrstat.gov.ua/suya/st_zvit/2020/milk.pdf (data zvernennja 24.10.2021) [in Ukrainian].
2. Gnycych, V. A. (2016). Analiz i perspektyvy vykorystannja bilkovo-vuglevodnoi' molochnoi' syrovyny v Ukraini'ni [Analysis and prospects for the use of protein-carbohydrate dairy raw materials in Ukraine]. *Globalizacijni vyklyky rozvytku nacional'nyh ekonomik – Globalization challenges of national economies development: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference*. (Vol. 3), (pp. 673-684). Kyi'v: Kyi'vs'kyj nacional'nyj torgovel'no-ekonomichnyj universytet [in Ukrainian].
3. *Marketingovoe issledovanie ukraïnskogo rynku molochnoj syvorotki* [Marketing research of the Ukrainian milk whey market]. (2016). Alliance Capital Management. Moscow: Jeksmo [in Russian].
4. *Final Report Summary – WHETLAC (Transformation of the residual whey permeate from the cheese manufacture: lactic acid production)*. Project ID: 222400. Funded under: FP7-SME. Spain. Retrieved from <http://www.WHETLAC.cartif.com.es> (data zvernennja 24.10.2021) [in English].
5. Królczyk, Jolanta B., Dawidziuk, Tomasz, Janiszewska-Turak, Emilia, Sołowiej, Bartosz. (2016). Use of Whey and Whey Preparations in the Food Industry. *Polish journal food nutrition sciences*. Vol. 66 (3), 157-165 [in English].
6. Sychevskiy, M., Romanchuk, I., & Minorova, A. (2019). Whey processing: prospects in Ukraine. *Food Science and Technology*. Vol. 13, Issue 4, 58-68 [in English].

7. *Whey Protein Production, Chemistry, Functionality, and Applications*. (2019). Mingruo Guo (Ed.). John Wiley & Sons Ltd. DOI: 10.1002/9781119256052 [in English].
8. Dejnichenko, G., Kravchenko, T., & Dejnichenko, L. (2019). *Tehnologii polufabrikatov dlja m'jagkogo morozhenogo na osnovе laktozosoderzhashhego molochnogo syr'ja [Technologies for semi-finished products for soft ice cream based on lactose-containing milk raw materials]*. Retrieved from <http://dspace.khntusg.com.ua/bitstream/123456789/10522/1/27.pdf> (data zvernennja 24.10.2021) [in Russian].
9. *Innovacijni tehnologii' harchovoi' produkcii' [Innovative food products technologies]*. (2019). G. V. Dejnichenko (Ed.). Harkiv: Fakt [in Ukrainian].
10. Gnicevych, V., Nykyforov, R., Fedotova, N., & Kravchenko, N. (2014). *Tehnologija harchovyh produktiv iz zadanyh vlastyvostjamy na osnovi vtorynnoi' molochnoi' ta roslynnoi' syrovyny [Technology of food products with the set properties on the basis of secondary dairy and plant raw materials]*. Donec'k: Donbas [in Ukrainian].
11. Lur'e, I. S., Skokan, L. E., & Citovich, A. P. (2003). *Tehnohimicheskij i mikrobiologicheskij kontrol' v konditerskom proizvodstve [Techno chemical and microbiological control in confectionery production]*. Moscow: KolosS [in Russian].