

УДК 637.142.2:542.816

## ДОСЛІДЖЕННЯ МІКРОСТРУКТУРИ ТА ПОВЕРХНЕВО-АКТИВНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ СУХИХ КОНЦЕНТРАТІВ СИРОВАТКОВИХ БІЛКІВ, ОТРИМАНИХ МЕТОДОМ УЛЬТРАФІЛЬТРАЦІЇ

*Мінорова Антоніна Володимирівна к.т.н., старший науковий співробітник*

*Романчук Ірина Олегівна к.т.н.*

*Крушельницька Наталія Леонідівна провідний фахівець*

*Мацько Любов Михайлівна науковий співробітник*

*Інститут продовольчих ресурсів НААНУ*

*Minorova A.*

*Romanchuk I.*

*Krushelnitska N.*

*Matsko L.*

*Food resources institute NAASU*

**Анотація:** проведено дослідження мікроструктури та поверхнево-активних властивостей сухих концентратів сироваткових білків з різним вмістом білка, отриманих в промислових умовах методом ультрафільтрації молочної сироватки. Проаналізовано структуру експериментальних зразків шляхом мікроскопіювання та визначено середній розмір часточок, який коливається в межах від 14 до 22 мкм. Встановлена залежність між зменшенням насипної щільності зі збільшенням дисперсності сухих білкових концентратів. Отримані дані, які характеризують поверхнево-активні властивості сироваткових білків, зокрема піноутворюючої, емульгуючої та жирутримуючої здатності. Встановлено, що здатність концентратів сироваткових білків до участі у таких поверхневих явищах підвищується зі збільшенням масової частки білка в них, а саме до 80 %. На підставі одержаних даних такі сухі продукти можуть бути рекомендовані для застосування у молочній, кондитерській, м'ясній та хлібобулочній галузях, а також при виготовленні продуктів з піноподібною структурою.

**Ключові слова:** концентрати сироваткових білків, мікроструктура, насипна щільність, піноутворююча, емульгуюча, жирутримуюча здатність.

Виробництво молочних білкових продуктів, таких як сичужні сири та сири кисломолочні пов'язано з отриманням побічного продукту переробки молока – сироватки. Обсяги виробництва молочної сироватки постійно зростають, разом з тим стабільно збільшуються і обсяги її промислової переробки, які протягом останніх трьох років збільшувалися щорічно на 10 % [1].

Мембранні технології на сьогодні є найбільш перспективними серед промислових технологічних процесів, які використовуються для переробки сироватки. Вони дозволяють підвищити технологічний рівень самої переробки, рентабельність молочного виробництва та вирішувати низку екологічних проблем, пов'язаних з переробкою молока. Мембранні методи обробки молочної сировини отримали статус світових пріоритетних технологій поряд з такими як каталіз, молекулярний дизайн, генна інженерія та ін.

За допомогою мембранних методів сепарування молочної сироватки та наступного сушіння можна отримати концентрати сироваткових білків (КСБ-УФ) з широким інтервалом білка від 30 % до 80 %, а також необхідним співвідношенням білок/лактоза [2].

Подальше використання концентратів сироваткових білків у виробництві інших харчових продуктів дозволяє підвищувати харчову та біологічну цінність виробів, розширювати їх асортимент [3].

Крім того, концентрати сироваткових білків володіють низкою властивостей, завдяки яким додавання їх в якості наповнювачів, сприяє покращенню поверхнево-активних (технологічних) властивостей інших харчових виробів, зокрема кондитерських, хлібобулочних, м'ясних та ін.

Білковим концентратам притаманні здатність до піно- та гелеутворення, що розширює можливості їх використання для виробництва продуктів з піноподібною структурою [4].

Відомо, що здатність до піноутворення білкових концентратів пов'язана з наявністю в їх складі зневоднених білків, які можуть поглинати до 250 % вологи від маси сухого продукту [5].

На сьогоднішній день актуальним для багатьох підприємств є необхідність заміни сировини або окремих інгредієнтів рецептури, більш дешевими їх різновидами. Однак, часто використання більш дешевих компонентів призводить до появи проблем, однією з яких є зниження вмісту білка в продуктах. Дефіцит білка веде до того, що організм не отримує такі надзвичайно важливі речовини, як незамінні амінокислоти, які вкрай необхідні для повноцінного харчування. Друга проблема, яка часто при цьому спостерігається – погіршення органолептичних показників готового продукту, що негативно позначається на іміджі виробника, обсягах виробництва, а отже і отримання прибутку. Таким чином, використання білкових концентратів можна розглядати перспективним напрямом у розширенні переліку сировини, що використовується в технологіях продуктів з піноподібною структурою, зокрема морозива, коктейлів, збитих молочних десертів [4].

Важливою функціональною властивістю концентратів сироваткових білків, що пов'язана з поверхневими явищами, є здатність білків продукту емульгувати та утримувати жири. Концентрати сироваткових білків з вмістом білка 30-50 % рекомендовано використовувати для заміни сухого знежиреного молока і покращення адсорбції жиру та води під час виробництва варених ковбас, інших м'ясних виробів [6].

Функціонально-технологічні властивості сухих молочних досить різноманітні. Проте, характер їх прояву залежать від низки факторів, серед яких, першу чергу, слід відмітити залежність від складу і структури продукту, які переважно і визначають ці властивості [7].

**Метою роботи** було дослідження мікроструктури та поверхнево-активних властивостей концентратів сироваткових білків (КСБ-УФ) з різним вмістом білка (30 %, 35 %, 60 %, 70 % та 80 %).

### ***Матеріали та методи***

Визначення фізико-хімічного складу проводили за загальноживаними та стандартними методами. Мікроструктурний аналіз проводили з використанням світлового мікроскопу XS-2610 та цифрової фотокамери Canon S3 при збільшенні в160 разів (10 x16). Дослідні зразки КСБ-УФ вироблені на ультрафільтраційній установці з підсирної сироватки, які висушено способом розпилювального сушіння.

### ***Результати та їх обговорення***

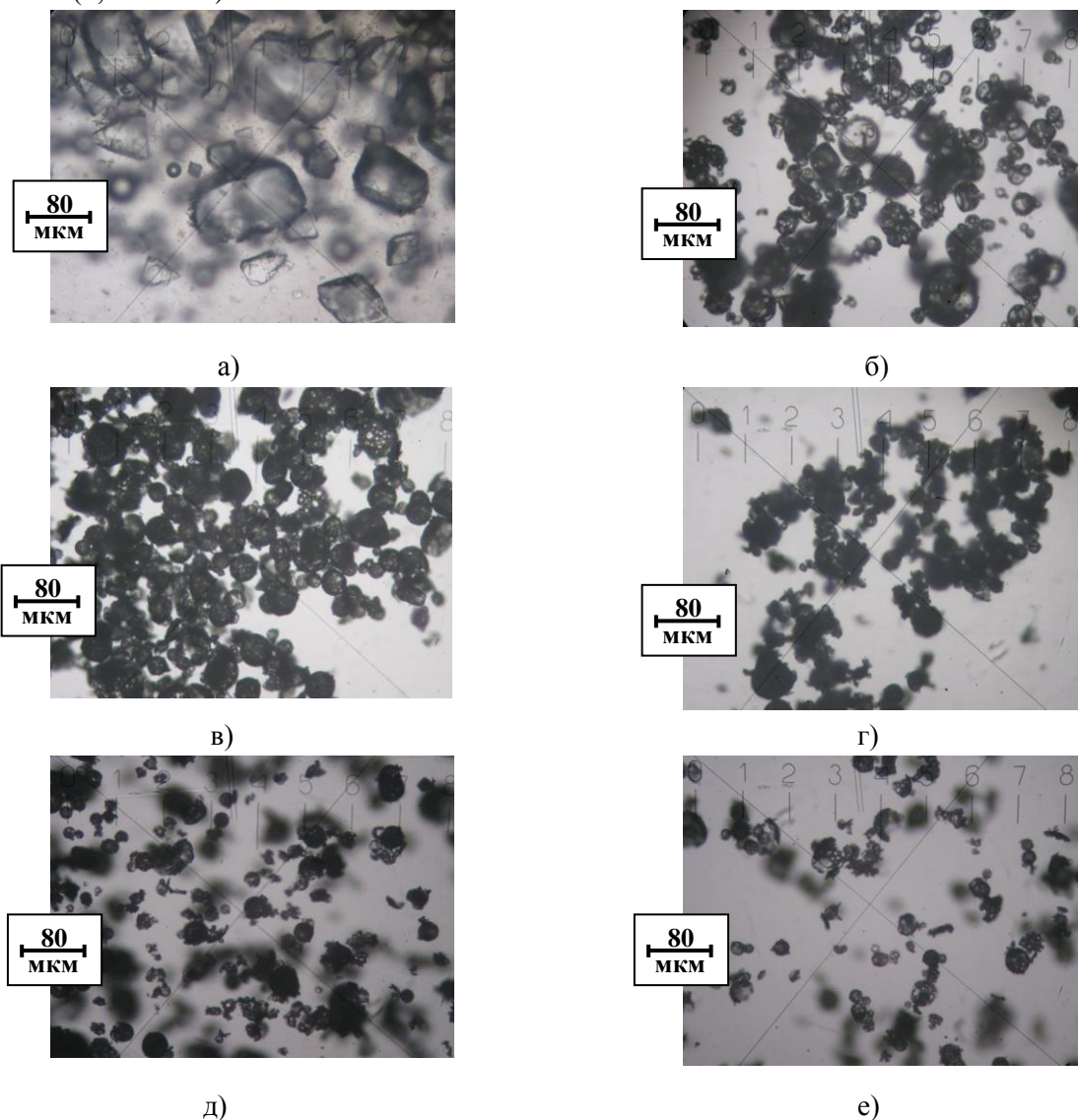
Функціонально-технологічні властивості сухих продуктів традиційно об'єднують у декілька груп. Однак, слід зазначити, що такий розподіл є досить умовним, оскільки певні властивості тісно пов'язані між собою і залежать одна від одної. Найбільш поширеним є виокремлення таких груп властивостей як: органолептичні; фізико-механічні; теплофізичні; властивості, що пов'язані з поверхневими явищами; властивості, що визначають розчинність.

Для оцінки та порівняння концентратів сироваткових білків з різним вмістом білка, досліджували їх мікроструктуру. Отримані мікрофотографії наведено на рис.1.

Із наведених мікрофотографій очевидним є те, що структура сухих молочних продуктів представлена часточками, які мають форму близьку до шароподібною. Також зустрічаються сплюснуті, витягнуті та неправильної форми часточки. Деякі з них знаходяться у вільному, не пов'язаною між собою стані, а в деяких зразках спостерігаємо скупчення об'єднаних між собою часточок (агломерати).

У сухій молочній сироватці (рис.1-а) добре видно кристали лактози. На мікрофотографіях, де представлені дослідні зразки концентратів, найбільше агломератів спостерігається у зразках КСБ-УФ з вмістом білка 30 %, 35 % та 60 %. Середній розмір часточок становить від 22 до 18 мкм. Значно менше агломератів у зразках КСБ-УФ з вмістом білка 70 % та КСБ-УФ з вмістом білка 80 %, середній розмір часточок яких становив 15 мкм та 14 мкм, відповідно.

Встановлено, що чим менші розміри часточок сухого молочного продукту (вища дисперсність), тим менша його насипна щільність (таб.1). Так, КСБ-УФ з масовою часткою білка 80 % характеризується найменшим діаметром часточок (14 мкм) та найнижчим показником насипної щільності ( $0,249 \text{ г/см}^3$ ).



**Рис. 1. Мікроструктура сироватки молочної сухої, середній розмір часточок 78 мкм (а) та КСБ-УФ з різним вмістом білка: 30 %, середній розмір часточок 22 мкм (б); 35 %, середній розмір часточок 21 мкм (в); 60 %, середній розмір часточок 18 мкм (г); 70 %, середній розмір часточок 15 мкм (д); 80 %, середній розмір часточок 14 мкм (е)**

Сироватка суха має найбільші розміри часточок - 78 мкм та найбільшу насипну щільність, яка становить  $0,548 \text{ г/см}^3$ .

Під час виробництва харчових продуктів з використанням сухих концентратів сироваткових білків, зокрема, молочних та м'ясних продуктів, піноутворююча, жирутримуюча та емульгуюча здатність концентратів є важливим фактором, що впливає на структуру та властивості кінцевих продуктів.

З огляду на зазначене, було проведено оцінку піноутворюючої, емульгуючої та жирутримуючої здатності концентратів сироваткових білків з різним вмістом білка. Отримані залежності для КСБ-УФ з різною масовою часткою білка представлені на рис.2 та таб.1.

Найвищі показники піноутворюючої здатності відмічено для концентратів з масовою часткою

білка 60 %, 70 % та 80 % (60,0 %, 93,3 % та 125,0 % відповідно).

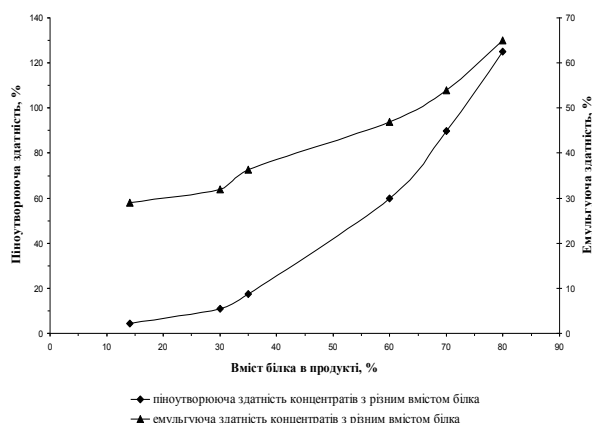


Рис. 2. Залежність піноутворюючої та емульгуючої здатності концентратів від вмісту білка

Очевидно, що із збільшенням вмісту в КСБ-УФ таких складових як білок, здатність концентратів емульгувати та утримувати жири також зростає (таб.1).

Таблиця 1

#### Характеристика концентратів сироваткових білків

| Назва продукту                     | Середній розмір часточок, мкм | Насипна щільність, г/см <sup>3</sup> | Жирутримуюча здатність, % |
|------------------------------------|-------------------------------|--------------------------------------|---------------------------|
| Сироватка підсирна суха (контроль) | 78                            | 0,548±0,025                          | 79,0±0,2                  |
| КСБ-30                             | 22                            | 0,345±0,030                          | 150,5±0,1                 |
| КСБ-35                             | 21                            | 0,322±0,043                          | 156,0±0,2                 |
| КСБ-60                             | 18                            | 0,263±0,055                          | 163,9±0,1                 |
| КСБ-70                             | 15                            | 0,256±0,034                          | 172,0±0,2                 |
| КСБ-80                             | 14                            | 0,249±0,046                          | 197,0±0,2                 |

Найвищий показник жирутримуючої здатності характерний для КСБ-УФ з вмістом білка 80 %.

#### Висновки

1. Досліджено мікроструктуру та поверхнево-активні властивості сухих концентратів сироваткових білків з різним вмістом білка, отриманих методом ультрафільтрації. Визначені розміри часточок (дисперсність) та насипна щільність КСБ-УФ. Встановлено, що із зменшенням розмірів часточок КСБ-УФ їх насипна щільність зменшується.

2. Здатність КСБ-УФ до участі у поверхневих явищах (піноутворююча, жирутримуюча та емульгуюча властивості) підвищується із збільшенням в них вмісту білка.

3. КСБ-УФ з вмістом білка 60 %, 70 % та 80 % можуть використовуватися у технологіях продуктів на основі піноподібних та емульсійних систем.

#### Список літератури

1. Остроухова И. Л. Сыр из сыворотки? Почему бы и нет / И. Л. Остроухова, В. А. Мордвинова, Д. В. Остроухов // Сыроделие и маслоделие. – 2013. – № 2. – С. 14–15.
2. Остроумов Л. А. Состав и свойства ультрафильтрационных концентратов сывороточных белков / Л. А. Остроумов, Г. Б. Гаврилов // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2006. – № 5. – С. 48–49.
3. Генералова Н. А. Витаминизированный белковый продукт для детского питания / Н. А. Генералова, Е. Н. Широкова // Молочная промышленность. – 1987. – № 4. – С. 40–41.
4. Просеков А. Ю. Молочно-белковые концентраты с пенообразной структурой / А. Ю. Просеков, С. А.

Иванова, В. С. Сметанин // Молочная промышленность. – 2011. – № 5. – С. 64–65.

5. Остроумова Т. Л. Технологические свойства белковых концентратов / Т. Л. Остроумова, А. Г. Галстян // Сыроделие и маслоделие. – 2007. – № 2. – С. 53–55.

6. Фриеденталь М. К. Применение белковых концентратов из подсырной сыворотки / М. К. Фриеденталь // Молочная промышленность. – 1987. – № 3. – С. 22–24.

7. Липатов Н. Н. Восстановленное молоко / Н. Н. Липатов, К. И. Тарасов. – М. : Агрпромиздат, 1985. – 256 с.

### References

1. Ostroukhova I. L. Syr iz syvorotki? Pochemu by i net / I. L. Ostroukhova, V. A. Mordvinova, D. V. Ostroukhov // Syrodelye i maslodelye. - 2013. - № 2. - S. 14-15.

2. Ostroumov L.A. Sostav i svoystva ul'trafil'tratsionnykh kontsentratorov syvorotochnykh belkov / L. A. Ostroumov, G. B. Gavrilov // Khraneniye i pererabotka sel'khozsyrya. - 2006. - № 5. - S. 48-49.

3. Generalova N. A. Vitaminizirovannyu belkovyyu produkt dlya detskogo pitaniya / N. A. Generalova, Ye. N. Shirokova // Molochnaya promyshlennost'. - 1987. - № 4. - S. 40-41.

4. Prosekov A. YU. Molochno-belkovyye kontsentraty s penoobraznoy strukturoy / A. YU. Prosekov, S. A. Ivanova, V. S. Smetanin // Molochnaya promyshlennost'. - 2011. - № 5. - S. 64-65.

5. Ostroumova T.L. Tekhnologicheskiye svoystva belkovykh kontsentratorov / T. L. Ostroumova, A. G. Galstyan // Syrodelye i maslodelye. - 2007. - № 2. - S. 53-55.

6. Friyental' M. K. Primeneniye belkovykh kontsentratorov iz podsyrmoy syvorotki / V.K. Friyental' // Molochnaya promyshlennost'. - 1987. - № 3. - S. 22-24.

7. Lipatov N. N. vosstanovlennoy moloko / N. N. Lipatov, K. I. Tarasov. - M.: Agropromizdat, 1985. - 256 s.

## ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОСТРУКТУРЫ И ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ СВОЙСТВ СУХИХ КОНЦЕНТРАТОВ СЫВОРОТОЧНЫХ БЕЛКОВ, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ УЛЬТРАФИЛЬТРАЦИИ

**Аннотация:** проведено исследование микроструктуры и поверхностно-активных свойств сухих концентратов сывороточных белков с различным содержанием белка, полученных в промышленных условиях методом ультрафильтрации молочной сыворотки. Проанализирована структура экспериментальных образцов путем микроскопирования и определены средние размеры частиц, которые колеблются в пределах от 14 до 22 мкм. Установлена зависимость между уменьшением насыпной плотности с увеличением дисперсности сухих белковых концентратов. Получены данные, характеризующие поверхностно-активные свойства сывороточных белков, в частности пенообразующей, эмульгирующей и жиродерживающей способности. Установлено, что способность концентратов сывороточных белков к участию в таких поверхностных явлениях повышается с увеличением массовой доли белка в них, а именно до 80%. На основании полученных данных такие сухие продукты могут быть рекомендованы для применения в молочной, кондитерской, мясной и хлебобулочной отраслях, а также при изготовлении продуктов с пенообразной структурой.

**Ключевые слова:** концентраты сывороточных белков, микроструктура, насыпная плотность, пенообразующая, эмульгирующая, жиродерживающая способность.

## THE STUDY OF MICROSTRUCTURE AND SURFACE-ACTIVE PROPERTIES OF DRY CONCENTRATE WHEY PROTEIN OBTAINED BY ULTRAFILTRATION

**Summary:** a study of microstructure and surface-active properties of dry concentrate whey protein with different kinds of protein obtained under industrial conditions by whey ultrafiltration was held. The structure of experimental samples were analyzed, the average particle size was identified by microscope, which ranges from 14 to 22 microns. There is a dependence between the decrease in bulk density with increasing dispersion of dry protein concentrates. The data characterizing the surface-active properties of whey protein, including foaming, emulsifying and fat preserving ability. It was estimated that the ability of whey protein concentrates in order to participate in such surface phenomena increases with increasing mass fraction of protein in them, namely 80%. Based on the data obtained such dried products can be recommended for use in the dairy, confectionery, meat and bakery industries as well as in the manufacture of products with foamy structure.

**Keywords:** whey protein concentrates, microstructure, bulk density, foaming, emulsifying, zhyroutrymuyucha ability.