

## ДОСЛІДЖЕННЯ МІКРОСТРУКТУРИ СУСПЕНЗІЙ ПОРОШКІВ ІЗ МОРКВИ ТА ВИВЧЕННЯ ВПЛИВУ ДОБАВКИ НА ВОДНУ ФАЗУ ЗБАГАЧЕНОГО ВЕРШКОВОГО МАСЛА

*У статті наведено результати досліджень мікроструктури суспензій порошків із моркви криогенного та холодного розтилювального сушіння. Показано переваги використання порошку холодного розтилювального сушіння при виробництві збагаченого вершкового масла. Досліджено зміни дисперсності та форми зв'язків вологи водної фази у збагаченому маслі при зберіганні.*

**Ключові слова:** порошок із моркви, збагачене вершкове масло, дисперсність, форми зв'язків вологи.

### Вступ

У зв'язку із несприятливими екологічними обставинами, виникненням ряду нових хронічних захворювань та погіршенням загального стану здоров'я населення планети, останнє десятиріччя присвячено розробці продуктів оздоровчого та лікувально-профілактичного призначення. Набуття таких властивостей харчовими продуктами у більшості випадків науковці пов'язують із введенням до їх складу добавок рослинного походження. Тому, на кафедрі технології молока і молочних продуктів НУХТ було розроблено технологію виробництва вершкового масла з кріопорошками рослинними харчовими. На розроблену технологію отримано ряд патентів та затверджено НТД. Згідно розробленої технології при виробництві масла способом перетворення високожирних вершків передбачено введення до його складу спеціально підготовлених кріопорошків із буряка червоного столового та із бруньок чорної смородини. Результати досліджень вершкового масла з рослинними харчовими добавками показали значне покращення органолептичних властивостей, консистенції та структури продукту [1, 2]. Встановлено, що введення добавок сприяє утворенню зернистої структури в маслі, більш тонкодисперсному розподілу плазми у ньому як на мікроскопічному так і на нанорівні. Дослідження наноструктури нових видів продуктів довело, що внесення добавок призводить до подрібнення структурних елементів масла до 1-100 нм [2, 4, 5]. Відомо, що частинки із такими розмірами набувають нових властивостей, а відповідно і надають матеріалам інших фізико-хімічних та біологічних властивостей і пов'язаних з цим явищ. Отже отримані дослідження довели, що саме введення кріопорошків із рослинної сировини змінюючи мікро- і наноструктуру масла сприяє покращенню ряду споживчих характеристик готового продукту та поліпшує його здатність до зберігання. За результатами клінічних випробувань та заключенням МОЗ України розроблені види масла рекомендовані у лікувально-профілактичному та оздоровчому харчуванні [3].

Спираючись на позитивні результати клінічних досліджень медиками було запропоновано розробити технологію виготовлення нових видів масла без-

посередньо перед споживанням у закладах оздоровчого та лікувального призначення, або у малих партіях на сусідніх підприємствах молочної промисловості, що суттєво поліпшить їх біологічну дію на організм людини. Розглянуті пропозиції та існуючі можливості показали, що перспективним у даному випадку є розробка способу введення до готового вершкового масла поліфункціональних добавок із рослинної сировини.

В зв'язку із вищевказаним нами була розроблена технологія збагачення вершкового масла порошком із моркви, яка передбачає введення спеціально підготованої суспензії порошку у готове вершкове масло в процесі його механічної обробки – гомогенізації [6]. Перспективність розробки полягає у можливості виготовлення нового виду вершкового масла на традиційних маслоробних лініях без їх додаткового переоснащення.

Відомо, що значну роль у формуванні показників якості готового продукту відіграє стан його водної фази. При введенні структурованих добавок та проведенні гомогенізації масла питання дисперсності плазми та форм зв'язків вологи стає особливо цікавим. Тому для кращого розуміння впливу порошку із моркви на плазму масла доцільно продовжити вивчення мікроструктури добавок. Раніше проведені нами дослідження мікроструктури суспензій порошоків із моркви отриманих кріогенним, конвективним та холодним розпилювальним сушінням [7] показали відмінності в їх мікроструктурі, що обумовлені способом отримання добавки. Також було виявлено наявність структури між частинками порошоків із моркви холодного розпилювального та кріогенного сушіння.

### **Постановка задачі**

Метою даної роботи є продовження дослідження мікроструктури водних розчинів порошоків із моркви отриманих різними методами сушіння; вивчення впливу порошку із моркви холодного розпилювального сушіння на дисперсність та розподіл форм зв'язків вологи у збагаченому вершковому маслі.

Предметами досліджень під час вивчення мікроструктури були водні суспензії порошоків із моркви, що отримані методами кріогенного та холодного розпилювального сушіння. Для їх приготування порошки із моркви попередньо відновлювали у воді при температурі 30...35 °С. Із отриманої суспензії готували препарат для перегляду на оптичному мікроскопі МБИ-15 з освітленням „на проходження” за стандартною методикою. Дослідження проводили при 20 °С.

При дослідженнях дисперсності та форм зв'язків вологи об'єктом досліджень було вершкове масло збагачене порошком із моркви холодного розпилювального сушіння. У якості контролю використовували масло без добавки, виготовлене за тією ж технологією. Вміст вологи у дослідних зразках становив 25 %. Визначення дисперсності проводили мікроскопічним методом. Найбільш типові поля зору фотографували. За отриманими знімками краплини плазми було поділено на фракції: 1...2 мкм, 2...3 мкм і т.д. та підраховано відсотковий вміст кожної із них. Розподіл водної фази продукту досліджували у свіжовиготовленому маслі та після його зберігання при температурі 5 °С протягом 40 діб. Для визначення форм зв'язків вологи використовували термогравіметричний метод. Криві знімали на дериватографі системи Паулі-Ерден Q-1500D з швидкі-

стю зростання температури  $5\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{хв}$ . За отриманими дериватограмами визначали температур піків та інтервалів видалення вологи із різними типами зв'язку.

### Результати

На рисунку 1 показано знімки мікроструктури суспензій порошоків із моркви отриманих методами кріогенного та холодного розпилювального сушіння. На рисунку 1,а представлена мікроструктура водного розчину кріопорошку. Вона містить відновлені частинки незруйнованих тканин моркви - А, що за своєю будовою подібні до будови тканин свіжої моркви [8]. Препарат кріопорошку характеризується наявністю зв'язків - В між частинками та присутність надмолекулярних структур - С округлої форми, що очевидно сформувались із компонентів порошку. На знімку добре видно, що на їх поверхнях присутня адсорбційно зв'язана вода.

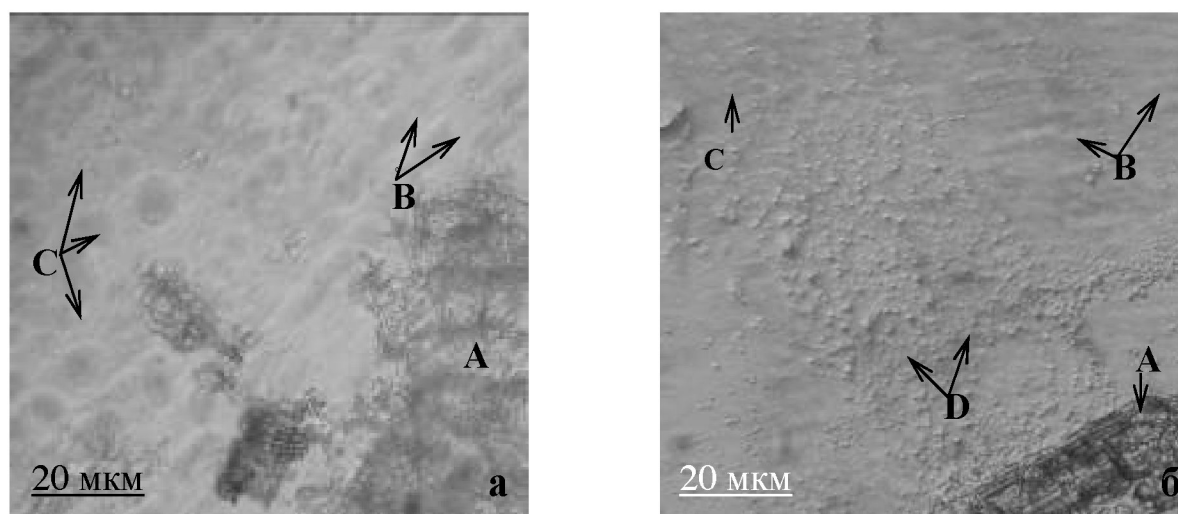


Рисунок 1 - Мікроструктура водних розчинів порошоків із моркви.

а – кріогенного сушіння; б – холодного розпилювального сушіння.

А – частинки порошку; В – мікроструктура, утворена водорозчинними складовими порошку; С – надмолекулярні структури округлої форми; D – дрібні частинки порошку.

На рисунку 1,б представлена мікроструктура водного розчину порошку із моркви холодного розпилювального сушіння. Із наведеного знімку видно, що структура відновлених частинок - А має свою внутрішню будову та подібна до структури тканин свіжого овоча. Між відновленими частинками порошку спостерігається мікроструктура, що утворена водорозчинними складовими порошку - В. Окрім того у мікроструктурі суспензії відмічено наявність надмолекулярних структур - С. Порівняно із мікроструктурою суспензії порошку кріогенного сушіння їх кількість значно менша. Характерною особливістю водної суспензії порошку холодного розпилювального сушіння є присутність частинок із розмірами не лише 20-80 мкм, а і з розмірами 1-2 мкм - D. На нашу думку це пов'язано із особливостями технології холодного розпилювального сушіння, що використовує виробник добавок. Подібність мікроструктури відновлених порошоків кріогенного та холодного розпилювального сушіння, пояснюється способами їх виробництва, а саме – висушуванням сировини при температурах не вище  $45\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Використання низьких температур сушіння дає можливість зберегти нативні властивості компонентів вихідної сировини.

Отже, за отриманими результатами можна зробити висновок, що для суспензій порошків із моркви кріогенного та холодного розпилювального сушіння характерна присутність надмолекулярний структур округлої форми утворених складовими компонентами добавки, що більш виражено у мікроструктурі порошку кріогенного сушіння. Особливістю суспензії порошку із моркви холодного розпилювального сушіння є присутність частинок із розмірами 1-2 мкм.

Отримані результати досліджень довели подібність мікроструктури суспензій порошків із моркви виготовлених способами кріогенного та холодного розпилювального сушіння. Але необхідно зазначити, що на сьогодні виробництво кріопорошку на промисловому рівні налагоджено лише у США, а вартість кріопорошку на ринку України становить порядка 500 грн. за 100 г добавки. Це значно здорожчує вартість збагаченого вершкового масла. Порошок із моркви холодного розпилювального сушіння виготовляється у Швейцарії та має порівняно меншу ціну (близько 80 грн. за 100 г). Взявши до уваги подібність мікроструктури обраних добавок та їх вартість для процесу збагачення вершкового масла нами рекомендовано використовувати порошок із моркви виготовлений методом холодного розпилювального сушіння.

Для вивчення впливу обраної добавки на органолептичні властивості та на стан водної фази продукту у промислових умовах було виготовлено вершкове масло збагачене порошком із моркви холодного розпилювального сушіння – «Сонечко». У якості контролю використовували масло без добавки.

У свіжовиготовленому вершковому маслі з порошком із моркви проводили органолептичну оцінку. При дегустації встановлено, що масло «Сонечко» має приємний рівномірно розподілений по всій масі світло-жовтий колір. Смак та запах чистий, вершковий, без сторонніх запахів, із відчутним присмаком пастеризації та злегка солодкуватий післясмаком. Під час розм'якшення у ротовій порожнині збагачене масло має однорідну, гомогенну консистенцію, приємно розподіляється у роті та надає відчуття наповненості. Навіть після зберігання при низьких температурах (-18 °C), масло має гарну намазуваність та пластичність. Суха та глянцева поверхня на зрізі свідчить про високу дисперсність водної фази у продукті.

Для вивчення впливу порошку із моркви на водну фазу збагаченого масла проводили визначення дисперсності плазми масла та форм її зв'язків із продуктом. Результати досліджень дисперсності краплин плазми у свіжовиготовленому вершковому маслі та після зберігання представлені на рисунку 2.

Під час досліджень було встановлено, що краплини плазми зразків масла рівномірно розміщені у структурі продукту та мають розміри 1-8 мкм. Із наведених гістограм видно, що у свіжовиготовлених видах масла (рис. 2, а) найбільшу кількість становлять краплини із розмірами 1-4 мкм. У контролі, після зберігання при 5 °C протягом 40 діб (рис. 2,б), спостерігається коалесценція краплин вологи. Про це також свідчить нерівномірний розподіл плазми у структурі продукту, поява краплин із розмірами 7-12 мкм та зменшення на 30,1 % кількості краплин із розмірами 1-4 мкм. На відміну від контрольного зразку у

маслі «Сонечко» після зберігання кількість краплин із розмірами 1-4 мкм суттєво не змінюється – їх кількість зменшується лише на 5,3 %. Незначно зростає кількість краплин із розмірами 5-7 мкм та з'являються краплини із розмірами до 8 мкм. Загальна кількість краплин із розмірами 5-8 мкм становить ~ 8 %. У поодиноких випадках на мікроскопічних препаратах масла «Сонечко» спостерігаються краплини із розмірами ~ 10 мкм.

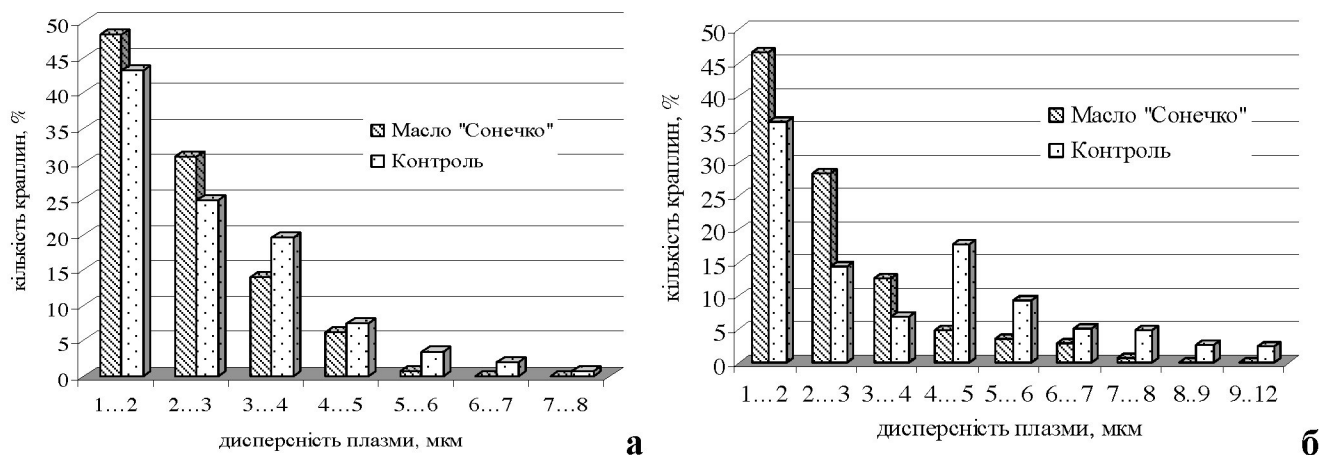


Рисунок 2. Дисперсність краплин плазми вершкового масла.

а – свіжовиготовлених видів вершкового масла;

б – масла, що зберігалось при 5 °С протягом 40 діб.

Отже, у ході проведених досліджень встановлено, що введення порошку із моркви сприяє більш тонкодиспергованому розподілу краплин плазми у свіжовиготовленому вершковому маслі та гальмує їх коалесценцію при зберіганні.

На нашу думку введення до вершкового масла структурованих багатокомпонентних порошоків, здатних взаємодіяти із водною фазою продукту, суттєво впливатиме і на перерозподіл форм зв'язків вологи у маслі. У власних попередніх роботах [8] наводились результати досліджень зв'язків плазми у свіжовиготовлених моделях вершкового масла із компонентами продукту. Нині представлено результати досліджень форм зв'язків вологи у свіжовиготовленому маслі та після його зберігання при 5 °С протягом 40 діб.

Наведені дериваторами (див. рисунок 3) свідчать про диференційоване видалення вологи у всіх зразках вершкового масла. Характеризуючи криву ДТА свіжовиготовленого масла контроль видно, що видалення слабо зв'язаної вологи проходить у широкому температурному діапазоні – 50-86 °С. При цьому вона видаляється у два етапи: при температурі 51 °С, що відповідає механічно зв'язаній волозі та 72 °С - характерно для вологи із осмотичними зв'язками. Загальна кількість слабо зв'язаної вологи становить ~ 16,1 %. Температурні піки 101, 102 та 104 °С свідчать про видалення міцно зв'язаної полі- та мономолекулярної вологи. При цьому більшу частину міцно зв'язаної вологи становить саме полімолекулярна – 7,9 %. Порівнюючи дериваторами свіжовиготовленого вершкового масла «Сонечко» та контроль слід відмітити відсутність піку видалення механічно зв'язаної вологи у маслі з добавкою. Натомість вся слабо зв'язана волога (її кількість становить 6,7 %)

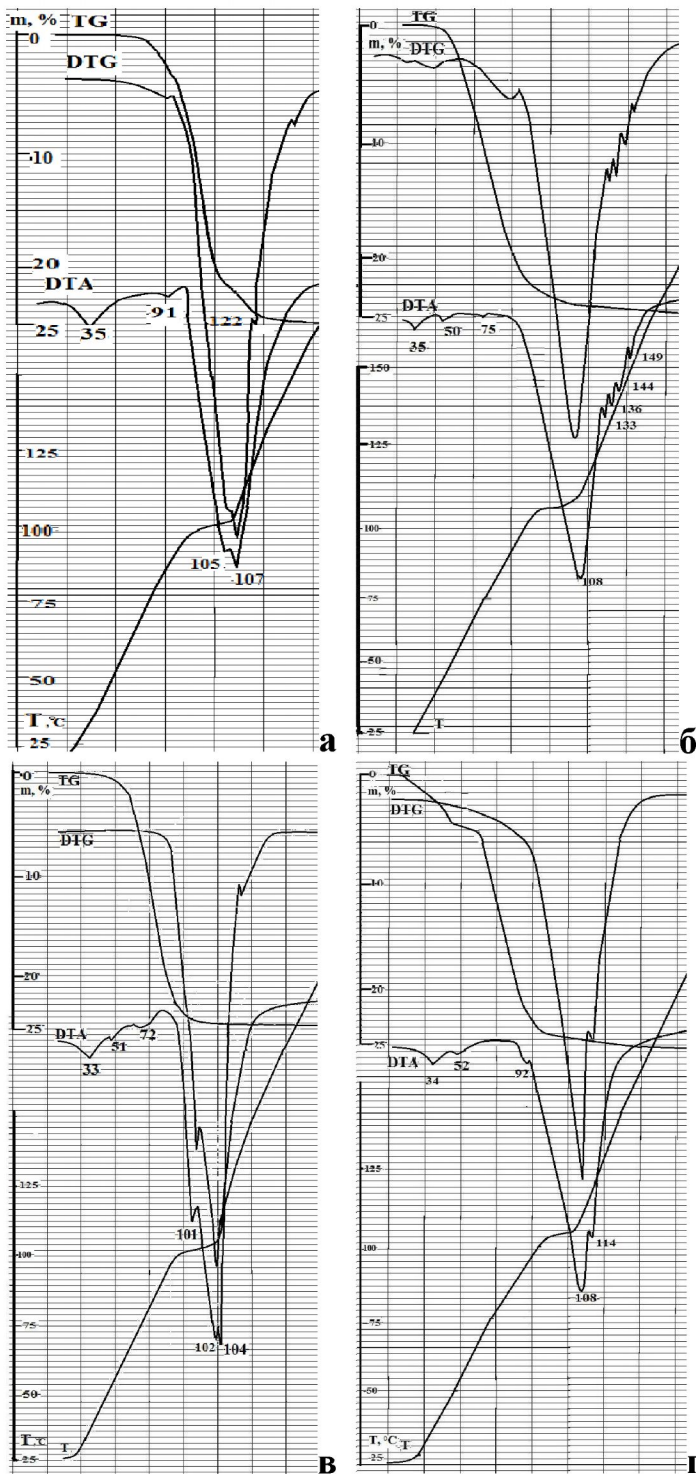


Рисунок 3- Дериватограми вершкового масла  
 а - свіжовиготовленого масла «Сонечко»;  
 б - масла «Сонечко», що зберігалось при +5°C;  
 в - свіжовиготовленого контролю;  
 г - контролю, що зберігався при +5 °С.

видалення міцно зв'язаної вологи. При цьому змінюється і співвідношення форм зв'язків вологи. Так вміст слабо зв'язаної вологи зростає за рахунок збільшення кількості осмотично зв'язаної (на 2,5 %) та механічно зв'язаної (на 2,4 %) вологи. Такі процеси проходять за рахунок зниження кількості міцно зв'язаної вологи. Після зберігання її кількість знижується та становить 13,4 %.

представлена осмотичними зв'язками. Температурний пік її видалення становить 91 °С. Основна кількість вологи вершкового масла «Сонечко» є міцно зв'язаною – 18,3 %. Вона видаляється із температурними піками при 105 та 107°C.

Після зберігання при 5 °С у контролі розширюється інтервал видалення слабо зв'язаної вологи, збільшується загальна її кількість за рахунок зростання механічно зв'язаної вологи. Температура піку видалення осмотичної вологи зменшується на 20 °С. Зміщуються температури піків видалення мономолекулярної вологи у сторону вищих температур. При цьому температури видалення полімолекулярної вологи зменшують ~ 10 °С. Загальна кількість міцно зв'язаної вологи становить ~ 8,2 %. Це проходить за рахунок зниження вмісту полімолекулярної вологи. Отже, отримані дані свідчать про те, що у процесі зберігання за рахунок зменшення кількості міцно зв'язаної полімолекулярної та слабо зв'язаної осмотичної вологи зростає кількість механічно зв'язаної вологи.

У вершковому маслі «Сонечко» після зберігання також спостерігається перерозподіл форм зв'язків вологи. Про це свідчить поява піку видалення механічної вологи із температурою 50 °С, зміщення на 16 °С у сторону нижчих температур піку видалення осмотичної вологи, розширення інтервалу та зростання температур

В той же час кількість міцно зв'язаної вологи у маслі «Сонечко» у порівнянні із контролем значно вища.

### **Висновки**

Встановлено, що суспензія кріопорошку із моркви та у меншій мірі суспензія порошку холодного розпилювального сушіння, містять надмолекулярні структури округлої форми на поверхні яких присутня адсорбційно зв'язана волога. Встановлено, що лише у суспензії порошку холодного розпилювального сушіння присутні частинки із розмірами 1-2 мкм. Проведені дослідження довели подібність мікроструктури порошоків із моркви кріогенного та холодного розпилювального сушіння.

Під час дослідження водної фази збагаченого вершкового масла встановлено, що введення порошку із моркви холодного розпилювального сушіння сприяє більш тонкодисперсному розподілу водної фази продукту та попереджає коалесценцію краплин плазми масла при зберіганні. Встановлено, що порошок із моркви призводить до перерозподілу форм зв'язків вологи у вершковому маслі у сторону міцно зв'язаної вологи збільшуючи кількість вологи полімолекулярних шарів.

### **Список літератури**

1. Rashevskaya T.A., Gulyi I.S. Formation of Gellular Crystal sub-microstructure in Butter with Admixtures //Article Materials Research Society. - San Francisco (USA, California). - 2000. - P. 7.1-7.6.

2. The role of Water Phase in Formation of Microstructure of Butter with Red Beet Powder Additive / Rashevskaya T.A., I.S. Gulyi, N.A. Pryadko, I.Y. Coyko and N. Tobilevich // Proceeding of the Poster Sessions 7 International Symposium on "Water management in the design and Distribution of Quality Foods". - 1998. - Helsinki (Finland). - P. 202-203.

3. Використання нових видів вершкового масла, збагаченого кріопорошками із рослинної сировини / Т.О. Рашевська, Г.О. Сімахіна, І.С. Гулий, М.О. Прядко, Д.П. Качалай, І.І. Хіщенко // Харчова промисловість. - 1998. - № 43. - С.67-70.

4. Рашевская Т.А., Українець А.И., Вашека О.Н.. Перспективное направление регулирования наноструктуры сливочного масла функционального назначения // Тези міжнар. конф. „Нанорозмірні системи, будова – властивості - технології”, НАНУ – Київ, 2007, С. 434.

5. Identification of moisture nanoparticles in the butter sub-microstructure / T.A. Rashevskaya, I.S. Gulyi, A.I. Ukrainets, M.M. Nishchenko, S.P. Likhtorovich, E.V. Buzaneva // Materials Science and Engineering C. (Elsevier). - 2002. - Vol. 19. - P. 33-35.

6. Декларацийний патент 54072А Україна, МКІ А 23С 15/16. Спосіб збагачення вершкового масла / Рашевська Т.О., Гулий І.С., Українець А.І., Сімахіна Г.О., Вашека О.М., Коренев І.О. - Опубл. 17.02.2003. - Бюл. №2.

7. Вашека О.М., Рашевська Т.О. Мікроструктура водних розчинів порошоків моркви отриманих за різними технологіями сушіння // Мол. пром. – 2007. - №2. – С. 45-49.

8. Вашека О.М. Дослідження форм зв'язків вологи у збагаченому вершковому маслі / О.М. Вашека, Т.О. Рашевська // Наукові праці НУХТ. - 2009. - №28. - С.30-33.