

УДК 637.238.2

Ковтун Ю.А., аспірант, jurijkovtun@mail.ru**Рашевська Т.О.**, д. т. н., професор ©

Національний університет харчових технологій, м. Київ, Україна

**ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ВОДОПОГЛИНАННЯ
КОНЦЕНТРАТОМ СИРОВАТКОВИХ БІЛКІВ ТА МІКРОСТРУКТУРИ
ЙОГО РОЗЧИНУ**

Досліджено водопоглинання порошком сироваткових білків. Наведено дані з кінетики просочування порошку білка при різних температурах. Виявлено, що температура і тривалість витримки розчину білків впливають на кінетику змочування та набухання дисперсії. Встановлено технологічні режими підготовки розчину сироваткових білків для вироблення масляної пасту гепатопротекторного призначення. Мікроструктурні дослідження показали, що структура розчину сироваткових білків містить глобулярні високомолекулярні агрегати, що утворюються завдяки полярним зв'язкам. Встановлено, що наявність зв'язків двох типів обумовлює обертання мономерних зв'язків і гнучкість макроструктур, що дозволяє їм приймати різні конформації. Змінення конформації макроструктур виникає в результаті зміни відносної орієнтації ланок внаслідок їх обертання навкруги хімічних зв'язків. В результаті конформаційних змін макромолекули можуть набувати різної форми: лінійної (ланцюги), клубка і так далі. Також було помічено, що сироваткові білки завдяки притаманній їм властивості сприяють розчиненню ліпофільної або гідрофобної частини в неводній фазі, а полярної або гідрофільної частини – в воді, та попереджують агрегацію і коалесценцію уже сформованих капель. А завдяки гідрофобній частині здатні зв'язувати не водну фазу (рідку фазу молочного жиру). Тобто вони здатні виконувати емульгуючу дію, що дуже важливо при виробництві масляних паст.

Ключові слова: масляна паста, сироваткові білки, мікроструктура, набухання, гідрофобна частина, гідрофільна частина, глобули, агрегати, коалесценція, агрегація вологи.

УДК 637.238.2

Ковтун Ю.А., аспірант, **Рашевская Т.А.**, д. т. н., професор,

Національний Університет Пищевых Технологий, г. Киев, Украина

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ВОДОПОГЛОЩЕНИЕ
КОНЦЕНТРАТА СЫВОРОТОЧНЫХ БЕЛКОВ И МИКРОСТРУКТУРЫ
ЕГО РАСТВОРА**

Исследовано водопоглощение порошком сывороточных белков. Приведены данные по кинетике просачивания порошка белка при различных температурах. Обнаружено, что температура и продолжительность выдержки раствора белков влияют на кинетику смачивания и набухания дисперсии. Установлены технологические режимы подготовки раствора сывороточных белков для производства масляной пасты

гепатопротекторного назначения. Микроструктурные исследования показали, что структура раствора сывороточных белков содержит глобулярные высокомолекулярные агрегаты, образующиеся благодаря полярным связям. Установлено, что наличие связей двух типов обуславливает вращения мономерных связей и гибкость макроструктур, что позволяет им принимать различные конформации. Изменение конформации макроструктур возникает в результате изменения относительной ориентации звеньев вследствие их вращения вокруг химических связей. В результате конформационных изменений макромолекулы могут приобретать различной формы: линейной (цепи), глобулярной и т.д. . Также было замечено, что сывороточные белки благодаря присущей им свойствам способствуют растворению липофильной или гидрофобной части в неводной фазе, а полярной или гидрофильной части - в воде, и предупреждают агрегацию и коалесценцию уже полученных капель. А благодаря гидрофобной части способны связывать не водную фазу (жидкую фазу молочного жира). То есть они способны выполнять эмульгирующие свойства, что очень важно при производстве масляных паст.

Ключевые слова: масляная паста, сывороточные белки, микроструктура, набухание, гидрофобная часть, гидрофильная часть глобулы, агрегаты, коалесценция, агрегация влаги.

UDC 637.238.2

Kovtun, Y., graduate student, **Rashevskа T.**, dr. Sc. Sciences, Professor,
National University of Food Technologies, Kyiv, Ukraine

RESEARCH PROCESS WATER ABSORPTION CONCENTRATE OF WHEY PROTEINS AND MICROSTRUCTURES ITS SOLUTION

Studied water absorption of whey protein powder. The data on the kinetics of protein powder impregnation at different temperatures. We found that the temperature and duration of exposure of protein solution affect the kinetics of wetting and swelling of the variance. The technological modes of preparation of the solution of whey proteins to produce butter paste hepatoprotective destination. Microstructural studies have shown that the structure of the solution of whey proteins containing globular macromolecular aggregates formed due to polar bonds. It was established that the presence of two types of connections causes rotation of monomeric links macrostructures and flexibility, allowing them to take different conformations. Changing the conformation macrostructures resulting from changes in the relative orientation of parts as a result of rotation around chemical bonds. As a result of conformational changes in macromolecules can take different forms: linear (chain), coil and so on. It was also observed that serum proteins due to their inherent properties facilitate the dissolution of lipophilic or hydrophobic parts in a non-aqueous phase and a polar or hydrophilic part - in the water and prevent the aggregation and coalescence of drops already formed. And with the hydrophobic portion can bind non aqueous phase (liquid phase butterfat). That is, they are capable of performing emulsifying effect, which is important in the production of butter paste.

Key words: butter paste, whey proteins, microstructure, swelling of the hydrophobic, hydrophilic part globules, aggregates, coalescence, aggregation moisture.

Вступ. Останнім часом у світі зростає розуміння в необхідності раціонального збалансованого харчування, основу якого складають функціональні продукти. Так, як спостерігається тенденція до масового поширення захворювань органів травлення, що в подальшому спричинює масу інших хвороб.

Патологія печінки займає провідне місце серед хвороб органів травлення. За даними ВООЗ, у світі понад 2 млрд. чоловік з патологією печінки, що в 100 разів перевищує поширеність ВІЛ-інфекції. Щороку в країнах СНД реєструється від 500 тис. до 1 млн. чоловік, які страждають захворюваннями печінки. В Україні ситуація не краща і постійно погіршується, переважно за рахунок цирозу печінки, хронічного вірусного гепатиту, жовчокам'яної хвороби. За даними Центру медичної статистики Міністерства охорони здоров'я України за 2011 рік, за останні 10 років показник захворювання печінки зріс на 28% і складає на сьогодні 18 тисяч на 100 тисяч населення. Згідно з прогнозами, до 2015 року очікується збільшення кількості випадків патології печінки на 27%. На сьогоднішній день істотно збільшився рівень захворюваності на вірусні гепатити [1].

Актуальним постає питання профілактики і лікування цих захворювань печінки. А особлива увага приділяється профілактиці так, як лікарями відзначається велика кількість людей, що діагностуються на пізній стадії захворювання або взагалі живуть з патологією, що на даному етапі протікання не проявляється, а в подальшому може викликати серйозні ускладнення.

Попередження та покращення ситуації, що склалася, провідні медики світу вбачають у загальному та постійному оздоровленні населення планети. Особливо це стосується змін в харчуванні, а саме введення в раціон продуктів функціонального призначення, що володіють гепатопротекторними властивостями.

В університеті започатковано напрямок створення функціональних видів вершкового масла та масляних паст на його основі. Для розширення асортименту масляних паст поліфункціонального призначення було розроблено рецептуру масляної пастки з комплексом натуральних біологічно активних поліфункціональних добавок, у тому числі білки сироватки. Їх використання при створенні продуктів нового покоління буде сприяти створенню умов для повноцінного харчування та покращенню здоров'я населення [2].

Сироваткові білки широко використовують у виробництві лікувально-профілактичних продуктів, фармакології та медицині. Білки молочної сироватки (лактальбумін, лактоглобулін і імуноглобулін) мають найвищу швидкість розщеплення серед всіх білків. Концентрація амінокислот і пептидів в крові різко зростає вже на протязі першої години після споживання їх з їжею. Крім того, майже 14% білків молочної сироватки знаходиться у вигляді продуктів гідролізу (амінокислот, ди-, три- і поліпептидів), які являються стимуляторами травлення і беруть участь в синтезі більшості життєво важливих гормонів. Також білки молочної сироватки значно знижують рівень холестерину в крові. Ще одна перевага сироваткового протеїну - біоактивні пептиди. Наприклад, лактоферин (один з активних пептидів сироваткового білка), зв'язується з залізом, яке необхідно бактеріям для зростання. Позбавляючи їх заліза, лактоферин сприяє антимікробній дії. Крім того, лактоферин гальмує абсорбцію бактерій, перешкоджаючи їх проникненню в

стілки шлунково - кишкового тракту. Імуноглобуліни та інші біоактивні пептиди можуть пригальмувати ослаблення імунної системи, що часто настає внаслідок перевтоми і стресів. У цьому свою роль грає і глютамін [3].

Одна з найважливіших функціональних властивостей сироваткових білків є їх гепатопротекторна дія. В даний час використання сироваткового протеїну в якості джерела амінокислот і його корисної дії на організм при хворобах печінки являється об'єктом багатьох досліджень. Сироватковий протеїн являється джерелом розгалужених амінокислот, які стимулюють синтез білка. А також джерелом надходження в організм амінокислот цистеїну, метіоніну і глютаміну з яких в організмі синтезується глутатіон. Глутатіон являється антиоксидантом, який захищає організм від вільних радикалів, токсинів та здійснює гепатопротекторну дію, захищаючи печінку від вірусів, токсинів і нормалізує її білковий обмін. Секрет його сили полягає в наявності сірковмісних груп. Сірка є дуже клейкою речовиною, і до її молекул прилипає все сміття, що міститься в нашому тілі, в тому числі вільні радикали, токсини і важкі метали [4]. Глутатіон є одним з найпотужніших антиоксидантів, основним знешкоджувачем вільних радикалів в клітинах. Він є ключовою ланкою трьох антиоксидантних систем організму з наявних чотирьох. У антиоксидантну систему глутатіону входять три глутатіонзалежні ферменти: глутатіонпероксидаза, глутатіонредуктаза і глутатіонтрансфераза. Глутатіонтрансферази каталізує реакції знешкодження вільних радикалів, які проходять за участю глутатіону; глутатіонпероксидаза відновлює окислені водневі молекули, а також ліпідні та інші органічні молекули, окислені радикалами кисню; глутатіонредуктаза відновлює сам глутатіон. У всіх цих ферментних реакціях глутатіон виступає в якості коферменту та центрального гравця. Відновлений (GSH) глутатіон володіє власною антиоксидантною активністю. Головна антиоксидантна роль глутатіону полягає в захисті клітин печінки, в першу чергу лімфоцитів. У боротьбі з шкідливими мікроорганізмами і токсинами головною зброєю імунних клітин є ті ж вільні радикали, тому вони потребують власного захисту. А якщо глутатіону недостатньо, гепатоцити можуть самі загинути [5].

Таким чином, завдяки цінним біологічним властивостям сироваткові білки відносяться до незамінних речовин для використання у виробництві харчових продуктів профілактичного і лікувального призначення. Желеутворюючі, емульгуючі, піноутворюючі та комплексоутворювальні властивості сироваткових білків обумовлюють широке використання його у харчовій промисловості.

Аналіз літературних даних і вивчення білків в поєднанні з складовими масляної пасти за органолептичною оцінкою дослідних зразків масла показали доцільність використання сироваткових білків для виробництва масляної пасти функціонального призначення, та внесення концентрату сироваткових білків у вигляді розчину.

Матеріали і методи дослідження. Об'єктом дослідження були сухий концентрат сироваткових білків, отриманий способом ультрафільтрації (КСБ-80) та низькотемпературної сушки і його водні розчини.

Підготовка розчину сироваткових білків до внесення в продукт включає процеси змочування, просочування і набування. Вивчали властивості білків, які впливають на технологічний процес виробництва масляної пасти, а саме: набування сироваткових білків та мікроструктуру їх розчину. Вивчали вплив

температури на кінетику змочування та просочування водою дисперсії порошку концентрату сироваткових білків. Методика заснована на вимірюванні об'єму води, який поглинає порошок у процесі набухання, їх величину визначали по зменшенню рідини у вимірювальній частині приладу, що з'єднана з досліджуваним зразком. Фіксували зменшення об'єму та час відліку. Дослідження проводили при різних температурах в інтервалі 20...85°C до постійних показників приладу.

Результати досліджень. Технологічний процес виробництва масляної пасти з внесенням сироваткових білків пов'язаний із його взаємодією з водною фазою. Взаємодія рідин з матеріалами здатними її зв'язувати, яким є сухий концентрат сироваткових білків, базується на поглинанні ним водної фази, що починається зі змочування твердих тіл, розтікання рідини по поверхні контакту, після чого проходить набухання. Яке пов'язане з здатністю гідрофільної частини сироваткових білків зв'язувати водну фазу. Змочування поверхні є необхідною умовою самочинного просочування пористих тіл під дією капілярних сил.

Щоб практично визначити технологічні параметри підготовки порошків для внесення в продукт важливим показником є кінетика його набухання, яка характеризується кількістю рідини, що просочилась у дисперсію досліджуваного порошку за певний час. Ці дані важливі для оцінки швидкості адсорбційних процесів, що відбуваються в складній суміші водної фази та органічних речовин, які містить дисперсна система порошку сироваткових білків, а також процесів поглинання ним рідини. Досліджували процес водопоглинення. Порошок сироваткових білків можна віднести до системи тверде тіло – газ. У ньому твердим тілом є основна речовина порошку: білок, мінеральні та інші речовини, а рідиною – вода. Порошок містить невелику кількість води, до 5%. Більша частина води знаходиться у зв'язаному стані і її можна вважати дискретною фазою. Газ у порошку заповнює капіляри, мікро-і нанопори та тріщини всередині сухих частинок. На основі викладеного порошок сироваткових білків відноситься до системи “тверде тіло”. Взаємодія дисперсних систем “тверде тіло” з рідиною супроводжується розчиненням в ній частинок твердого тіла і газу, витісненням із систем надлишку газів, набуханні і відновленні твердих частинок порошку.

З літературних джерел відомо, що капілярне просочування дисперсних матеріалів залежить від температури [6], тому дослідження проводили при різних температурах в інтервалі 20...85°C. Результати досліджень показали, що оптимальні температури набухання білків знаходяться в інтервалі 40...65°C з витримкою при цих температурах 30...45 хв.

Мікроструктуру розчину сироваткових білків вивчали методом оптичної мікроскопії. Для дослідження готували мікроскопічні препарати: на предметне скло наносили розчин білків, зверху його накривали покривним склом. Підготовлені препарати вивчали під мікроскопом, характерні поля зору фотографували. Для приготування розчину сироваткових білків вносили у воду температурою 40...65°C, перемішували і витримували 30...45 хв. Із них готували мікропрепарати, які досліджувати при 20°C.

Результати проведених нами мікроструктурних досліджень не тільки виявили утворення високомолекулярних агрегатів сироваткових білків (міцели яких мають розмір не менше 1 мкм) у водних розчинах, а й мікроструктуру цих агрегатів. Що являють собою сферичні агломерати розчинних сироваткових

білків, які знаходяться у нативному стані. На знімках (рис. 1) видно, що високомолекулярні агрегати мають глобулярну структуру. Також спостерігається, що сироваткові білки, на поверхні, мають полярні частини (2) за рахунок яких і утворюються зв'язки між мицелами та полі глобулярні структури.

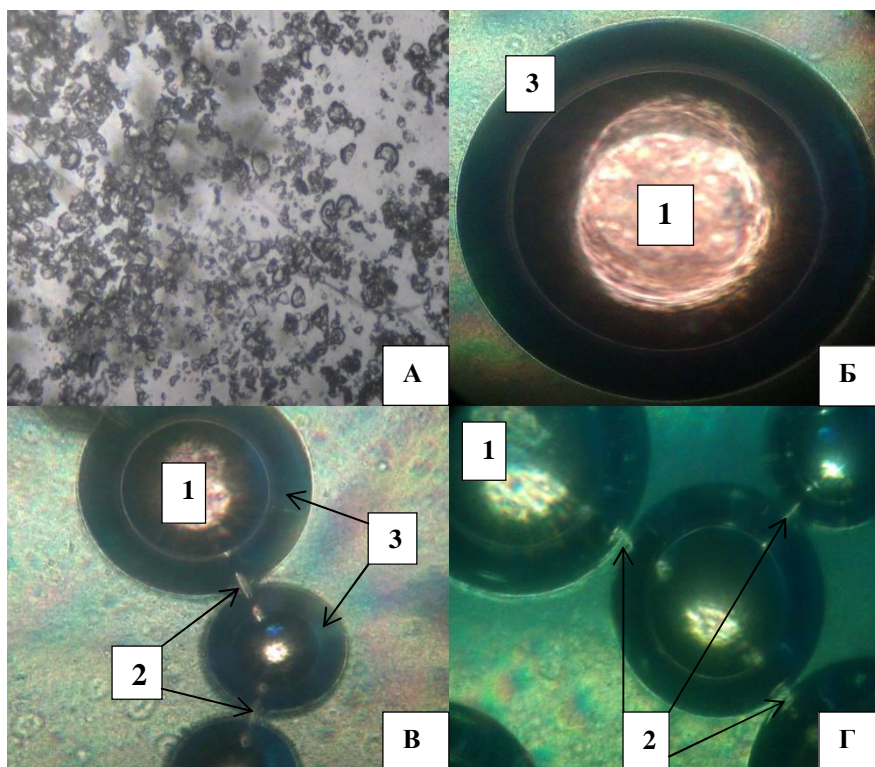


Рис. 1. Мікроструктура сироваткових білків: А – мікроструктура порошку концентрату сироваткових білків, Б – субміцела, В – мицели глобулярні агрегати) в водному розчині, Г- мицели сироваткових білків в водному розчині зафарбовані метиленовим синім, 1 – гідрофобне ядро, 2 – полярні зв'язки, 3 – волога зв'язана гідрофільною частиною сироваткових білків

Відомо, що існують зв'язки двох типів: перший хімічний і другий – між ланцюгами макромолекул або окремими їх фрагментами, що обумовлені внутрішньо молекулярною взаємодією за рахунок сил Ван-дер-Ваальса водневих зв'язків і електростатичних сил. Енергія цих зв'язків у 10...100 разів нижча енергії хімічних зв'язків [7]. Наявність зв'язків двох типів обумовлює обертання мономерних зв'язків і гнучкість макроструктур, що дозволяє їм приймати різні конформації. Змінення конформації макроструктур виникає в результаті зміни відносної орієнтації ланок внаслідок їх обертання навкруги хімічних зв'язків. В результаті конформаційних змін макромолекули можуть набувати різної форми: лінійної (ланцюги), клубка і так далі. Також було виявлено, що сироваткові білки завдяки притаманній їм властивості сприяють

розчиненню ліпофільної або гідрофобної частини (1) в неводній фазі, а полярної або гідрофільної частини (3) – в воді. Тобто вказані властивості полегшують емульгування однієї фази в іншій. В доповненні до цього, сироваткові білки попереджують також агрегацію і коалесценцію уже сформованих капель.

Висновки. За результатами досліджень процесів водопоглинання порошком сироваткових білків встановлено режим підготовки його розчину для використання в технологічному процесі виробництва масляної пасти гепатопротекторного призначення.

Мікроструктурні дослідження показали, що структура розчину сироваткових білків містить глобулярні високомолекулярні агрегати, що утворюються завдяки полярним зв'язкам. Було помічено, що сироваткові білки завдяки своїй гідрофільній частині здатні зв'язувати вологу та попереджують агрегацію і коалесценцію уже сформованих капель. А завдяки гідрофобній частині здатні зв'язувати не водну фазу (рідку фазу молочного жиру). Тобто вони здатні виконувати емульгуючу дію, що дуже важливо при виробництві масляних паст. Так, як масляні пасти містять велику кількість плазми (до 47 %), а отже природні емульгуючі властивості сироваткових білків здатні покращити реологічні показники масляної пасти.

Література

1. Офіційний сайт Міністерства охорони здоров'я України - www.moz.gov.ua.
2. Белкин В. Г. Современные тенденции в области разработки функциональных продуктов питания / В. Г. Белкин // *Масла и жиры*. - 2010. - N 7-8. - С.20-22.
3. Zemel M.B. Functional properties of whey, whey components, and essential amino acids: mechanisms underlying health benefits for active people (review) // *J Nutr Biochem*. – 2003. – P. 251-258
4. Gill H.S., Rutherford K.J., Cross M.L. Bovine milk: a unique source of immunomodulatory ingredients for functional foods // Buttriss J, Saltmarsh M, eds. *Functional Foods II – Claims and Evidence*. Cambridge, England: Royal Society of Chemistry Press. – 2000. - P.82-90.
5. Taylor Y.C. Elevation of intracellular glutathione levels following depletion and its relationship to protection against radiation and alkylating agents // *Pharmacol. Ther.* - 1988. – P. 293-299
6. Боровский, В.Р. Влияние поверхностно-активных веществ на равновесное состояние коллоидных капиллярно-пористых тел [Текст] / В.Р. Боровский, Ч.П. Быкова // *Тепло и массообмен в химической технологии*. – К.: Наук. думка, 1976. – С. 94–101
7. Зимон, А.Д.. Коллоидная химия [Текст] : 5-е изд., доп. и исправл. / А.Д. Зимон.– М.: Агар.– 2007. – 344 с.

Рецензент – д.с.-г.н., професор Цісарик О.Й.