



ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВЛАГОСВЯЗЫВАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ СЫВОРОТОЧНЫХ БЕЛКОВ ПОЛУЧЕННЫХ РАЗНЫМИ СПОСОБАМИ

Ю. А.Ковтун, Т. А.Рашевская

Национальный университет пищевых технологий

USE WATER BINDING CAPACITY OF THE WHEY PROTEIN PRODUCED WITH VARIOUS METHODS

Y.Kovtun, T. Rashevskaya

National University of Food Technologies

Abstract

The process of moisture absorption of the whey protein concentrates, produced by different methods, was investigated. It has been found that the temperature and duration of exposure of protein solutions affect the kinetics of wetting and swelling dispersions (water binding capacity). The technological schemes of preparing the whey protein concentrates to the introduction in the production of butter paste have been established. The ability of the whey proteins produced with various methods to bind moisture and their effect on the structure of the finished product has been analyzed. Microstructural studies of solutions of the whey proteins showed that the protein obtained by ultrafiltration has a typical globular structure with macromolecular aggregates formed through the polar bonds, when the whey proteins obtained by termokoagulyatsionnynym method have the dendritic structure. It was observed that the whey proteins prevent aggregation and coalescence of plasma (water) drops already formed.

Keywords: whey protein, microstructure, swelling of the hydrophobic, hydrophilic part units.

Введение

«Жизнь – это и есть форма существования белковых тел» (Ф. Энгельс).

Белки – это высокомолекулярные природные полимеры, построенные из остатков α -аминокислот, соединенных амидной (пептидной) связью $-C(O)-NH-$. Они составляют неотъемлемую часть рациона питания человека. Поэтому решение продовольственной проблемы и обеспечения населения страны полноценным пищевым белком является одной из наиболее актуальных задач для агропромышленного комплекса, что связано со снижением объемов производства и потреблением основных биологически ценных продуктов питания - мяса, молока, яиц.

Сегодня в мире существует дефицит пищевого белка и эта тенденция, вероятно сохранится. На каждого жителя Земли приходится около 60 г белка в сутки, при норме 70. По данным Института питания РАМН,

начиная с 1992 г. потребление животных белковых продуктов снизилось на 25-35% и соответственно увеличилось потребление углеводной пищи (картофеля, хлебопродуктов, макаронных изделий). В среднем на душу населения потребление белка уменьшилось на 17-22%: с 47,5 до 38,8 г/сутки белка животного происхождения (49% против 55% рекомендуемых); в семьях с низким доходом потребление общего белка в сутки не превышает 29-40 г [1].

Актуальным в настоящее время является вопрос полноценного питания, что рассматриваются с точки зрения не повышением энергетической ценности рациона, а увеличение в нем содержания белковых компонентов. Одним из общепризнанных в мире путей ликвидации дефицита белка является обогащение существующих и разработка новых функциональных продуктов питания, предполагающий непосредственное



использование белка из вторичного пищевого сырья и новых источников. Основными формами переработки такого сырья является концентраты и изоляты белков молочной сыворотки, которые, благодаря высокому содержанию протеина (70-90%), позволяют разрабатывать пищевые композиции с широким диапазоном концентрации белка. Особую важность этот факт приобретает при создании специализированных продуктов питания: предназначенных для профилактического употребления людей с болезнями печени. А также обогащения белком повседневных продуктов питания, обеспечения больных зондовым питанием, поставки экономически удобной формой питания беженцев и людей при ликвидации чрезвычайных ситуаций, а также для дополнительного белкового питания организованных коллективов людей (армия, школы, интернаты и др.).

Поэтому, нами была разработана рецептура и технология масляной пасты, с комплексом микронутриентов, что обладают гепатопротекторными свойствами. Одним из компонентов, которой является концентрат сывороточных белков, что обладает рядом функциональных и гепатопротекторных свойств [2].

Так как, при производстве масляной пасты увеличение количества молочной плазмы в высокожирных сливках (может составлять до 56%), что влияет на процесс маслообразования, характер кристаллизации глицеридов, формирование структуры и консистенции. Процесс обращения фаз в молочно-жировых дисперсиях пониженной жирности замедляется. Определенная часть жировых шариков вследствие меньшей концентрации их в единице объема дисперсии может оказаться в не разрушенном состоянии.

Исходя из выше сказанного, для разработки технологии нового вида масляной пасты с гепатопротекторными микронутриентами целесообразно использовать природные функциональные добавки которые одновременно имеют высокий биологический эффект и способны стабилизировать процесс маслообразования. За счет стабилизирующей и влагосвязывающей способности, повышая вязкость системы и обеспечивая нормальное течение процесса обращения фаз и формирование структуры.

Такой добавкой являются сывороточные белки, что в промышленности используются не

только из-за питательной ценности и лечебно-профилактических свойств. Но и находят широкое применение в производстве пищевых продуктов благодаря присущим им уникальным технологически функциональным свойствам.

Механизм их действия заключается в следующем. Его частицы с учетом их гидрофильности, связывают свободную влагу ВЖВ, набухают, образуя при этом большие глобулы со структурной сеткой. Вязкость системы в этом случае мгновенно возрастает. Жировые шарики в оказываются зафиксированными и более плотно расположенные между образованными глобулами белков. Дальнейшая интенсивная термомеханическая обработка такой системы в процессе образования масляной пасты обуславливает разрушение упакованных жировых шариков. По мере охлаждения такой системы в маслообразователи процесс обращения фаз существенно ускоряется [3].

Анализ литературных данных показал, что на сегодня существует несколько принципиально различных способов выделения сывороточных белков из вторичного сырья. Традиционным и наиболее распространенным является способ термокоагуляции. Так называемые альбуминные пасты, производят из молочной обезжиренной сыворотки соленой или несоленой, получаемой при производстве твердых сыров и творога. Используют в колбасном производстве, при приготовлении паштетов, а также для производства ряда других пищевых продуктов.

Существенными его недостатком является то, что полученные белки находятся в денатурированном состоянии, частично утратившие свою биологическую и функциональную ценность. В связи с этим актуальным, при создании продуктов питания нового поколения, является использование полифункциональных белковых добавок, полученных за принципиально новыми методами.

На сегодня наиболее прогрессивным способом выделения сывороточных белков является ультрафильтрация, что позволяет максимально полно сохранить составляющие сырья в их нативном (природном) состоянии. И не допустить коагуляцию свободных аминокислот, которых в концентрате сывороточных белков содержится до 15% [4].

Так как белки, получены разным способом, они обладают различными физико-



химическими и функционально-технологическими свойствами. Поэтому, для оптимизации технологических параметров подготовки концентратов к внесению и обеспечения прохождения технологически процесса масло образования в заданном направлении, основные функциональные свойства белков требуют подробного изучения [5].

Материалы и методы.

Объектом исследования были концентраты сывороточных белков, полученных термокоагуляционным способом и способом ультрафильтрации, и их водные растворы.

Исследовали основные функциональные свойства сывороточных белков, определяющих их поведение при переработке в пищевые продукты, и обеспечивать определенную структуру, технологические и потребительские свойства. К наиболее важным функциональным свойствам белков относятся влагосвязывающая и жиросвязывающая способность, способность стабилизировать дисперсные системы (эмульсии, пены, суспензии), образовывать гели, адгезионные и реологические свойства, способность к текстурированию. В целом все функциональные свойства белков зависят от их взаимодействия с водой (гидратация).

Метод определения влагосвязывающей способности основывается на использовании свойств воды. Суть метода заключается в том, что влага, связанная гидрофильными частями белка, не является растворителем для других веществ. Если в раствор сахарозы концентрацией C_0 внести определенную массу сывороточных белков, концентрация раствора повысится до концентрации C_p вследствие выборочной абсорбции белков к воде. Следовательно, раствор сахарозы (индикатор) показывает (индуцирует) на эту избирательность. Начальную и равновесную концентрацию «индикатора» определяют рефрактометром. Если в навеске белков m с влажностью A % содержится влага в количестве, $\frac{Am}{100}$ г, то в случае погружения навески в раствор сахарозы происходит дополнительное увлажнение белков. Масса воды, ее впитывает навеска белков из раствора индикатора, составляет $B \frac{C_p - C_0}{C_p}$, г, где B – масса раствора сахарозы, добавленной к навеске белков. Общее количество воды x , связано навеской белков $x = \frac{Am}{100} + B \frac{C_p - C_0}{C_p}$. Степенью

гидрофильности называют количество связанной влаги, приходящейся на единицу массы абсолютно сухого вещества. Если масса сухого вещества, г, в взятой навеске, $m = m - \frac{Am}{100}$ то гидрофильность, выраженная в процентах к навеске сухого вещества $W = \frac{x}{m} 100\%$.

Для лучшего понимания процесса связывания влаги сывороточными белками исследовали микроструктуру их водных растворов и фотографировали соответствующие участки [6,7].

Результаты и обсуждение

Влагосвязывающая способность, как следует из названия, характеризует способность белкового матрикса удерживать влагу или абсорбировать добавленную воду при внешних воздействиях, таких как термообработка, центрифугирования и прессования. Вода может быть химически связана с белком, содержаться за счет капиллярных сил или быть физически заключенной внутри белковой структуры.

Связанной считается влага, расположена на границе раздела фаз и под действием поверхностных сил имеет физико-химические свойства, отличные от свойств объемной воды. Гидрофильными называются высокомолекулярные соединения (ВМС), образующие водородную связь с водой. Из всех видов межмолекулярного взаимодействия Н-связь является мощнейшим, и его энергия достигает 5...7 кДж / моль воды. Поэтому свойства воды, связанной ВМС, отличаются от свойств свободной влаги.

Способность белков к связыванию воды объясняется способностью полярных групп белковой молекулы к взаимодействию с ее диполями. К таким группам относятся, во-первых, ионизированные (заряженные) группировки боковых цепей: $-NH_3^+$ и $-COO^-$. Взаимодействие воды с ними называется ионной адсорбцией. Во-вторых, к ним относятся неионизированные (незаряженные) группы боковых цепей: $-OH$, $-SH$, $-NH$ – соответствующих аминокислот и пептидных групп главных цепей: $-CO-NH-$. Взаимодействие с ними диполей воды называют молекулярной адсорбцией. Вода связывается всеми перечисленными группировками, фиксируется адсорбцией, поэтому ее называют адсорбционной, а сами группировки – гидрофильными центрами.



Число ионизированных групп белка в зависимости от условий, в которых он находится, может меняться почти до нуля (изоэлектрическая точка белка). При воздействии факторов, нарушающих высокие уровни организации белковой молекулы (вторичную, третичную, четвертичную) с сохранением первичной структуры, белок теряет свои нативные физико-химические и, главное, биологические свойства. Это явление называется денатурацией. Оно характерно только для молекул, имеющих сложную пространственную организацию. При денатурации разрываются связи, стабилизирующие четвертичную, третичную и даже вторичную структуры. Полипептидная цепь разворачивается и находится в растворе или в развернутом виде, или в виде беспорядочного клубка. При этом теряется гидратная оболочка и белок выпадает в осадок. Увеличивается число реактивных или функциональных групп по сравнению с нативной молекулой белка (функциональными группами называются группы боковых радикалов аминокислот: COOH , NH_2 , SH , OH). Часть этих групп обычно находится внутри молекулы и не оказывается специальными реагентами. Разворачивание полипептидной цепи при денатурации позволяет выявить эти дополнительные или скрытые группы.

Одновременно изменяется значение ионной адсорбции. Число неионизированных полярных групп, как правило, остается неизменным. Практически неизменным является и значение молекулярной адсорбции. С помощью этого сохраняется способность белка связывать определенный объем воды и в изоэлектрической точке (денатурированный белок). Ионная адсорбция характеризуется сильной ионной связью диполей воды с заряженными группами белка, чем молекулярная [7].

Микроструктура водных растворов сывороточных белков полученных различным способом изображена на рисунке 1.

При поглощении влаги белок набухает, молекулы воды проникают в белок и связываются с его полярными группами (3). Плотная упаковка полипептидных цепей разрыхляется, молекулы воды занимают

свободное пространство между частицами белка, отодвигая их друг от друга и благодаря их высокой диэлектрической проницаемости взаимодействуют с полярными группами белка, что приводит к образованию на поверхности белковых частиц гидратного слоя (4). Набухший белок можно считать как бы обратным раствором, то есть раствором молекул воды в высокомолекулярном веществе – белка.

Белок продолжает набухать, поглощая определенное количество воды, что приводит к увеличению объема и массы. При увеличении количества связанной с белком воды вблизи гидрофильных центров образуется несколько слоев воды. Расстояние между молекулами белка увеличивается. Когда силы взаимодействия между диполями превышают такие же силы между белковыми молекулами, происходит растворение белка. Молекулы начинают отрываться и переходить в раствор. Образуя при этом истинный коллоидный раствор. Но набухание не всегда ведет к растворению, белки в изоэлектрической точке, так и остаются в набухом виде, поглотив определенное количество воды (5).

Растворения связано с гидратацией белков, т.е. связыванием молекул воды с белками. Гидратная вода так крепко связана с макромолекулой белка, отделить ее удастся с большим трудом. Это говорит не о простой адсорбции, а о электростатическом связывании молекул воды с полярными группами боковых радикалов кислых аминокислот, несущих отрицательный заряд, и основных аминокислот, несущих положительный заряд. Однако часть гидратной воды связывается пептидными группами, образуют с молекулами воды водородные связи.

Влагосвязывающая способность различных белков колеблется в широких пределах. Она определяется их аминокислотным составом (полярные аминокислоты оказывают более сильную влагосвязывающую способность, чем неполярные), особенностями организации (глобулярные белки, как правило, лучше связывают влагу), свойствами растворителя и технологическими параметрами их подготовки (температура раствора и время выдержки).

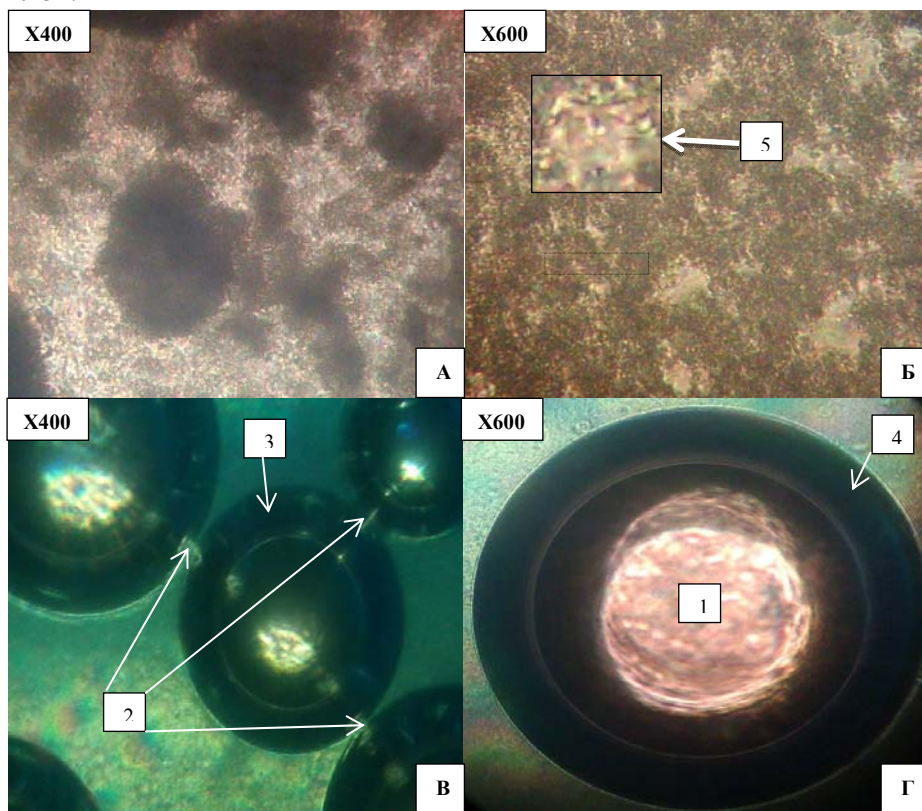


Рис. 1 - Микрофотографии водных растворов сыровоточных белков полученных различными способами: А – микрофотографии сыровоточных белков полученных термокоагуляционным способом при увеличении в 400 раз, Б – микрофотографии набухших сыровоточных белков полученных термокоагуляционным способом при увеличении в 600 раз, В – набухшие мицеллярные агрегаты концентрата сыровоточных белков полученного способом ультрафильтрации в водном растворе, при увеличении в 400 раз, Г отечная субмицела нативного сыровоточного белка полученного способом ультрафильтрации в водном растворе, при увеличении в 600 раз, 1 – гидрофобное ядро, 2 – полярные связи мицелл, 3 – влага связана гидрофильной частью сыровоточных белков, 4 – гидратный слой образован на поверхности белковой молекулы, 5 – дендритная структура образована набухшими сыровоточными белками полученными термокоагуляционным способом.

На рисунке 2 изображена способность различных белков к связыванию влаги в зависимости от температуры.

Из графика видно, что влагосвязывающая способность сыровоточных белков полученным методом ультрафильтрации в зависимости от температуры имеет значительные колебания. Однако установлено, что оптимальная температура подготовки смеси к внесению составляет 70 ± 5 °С с выдержкой 40 ... 45 минут. Дальнейшее увеличение температуры является нецелесообразным, так как приводит к частичной денатурации сыровоточных белков, потери ими гидратной оболочки и

соответственно уменьшение влагосвязывающей способности.

В случае сыровоточных белков, полученные способом термокоагуляции, наблюдается незначительное колебание показателей влагосвязывающей способности в зависимости от температуры. Оптимальная температура подготовки белков к внесению составляет 60 ± 5 °С с выдержкой 45 ... 55 минут. С повышением температуры, в данном случае, наблюдаются процесс синерезиса, что уменьшает способность сыровоточных белков удерживать влагу.

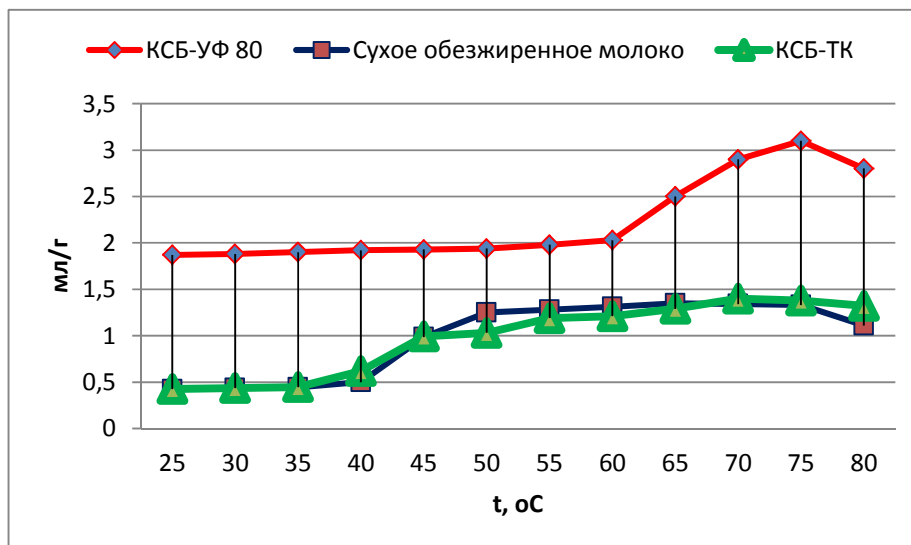


Рис. 2. Динамика изменения водосвязывающей способности белков в зависимости от температуры гидратации.

Заклучение

В работе изучена возможность использования при изготовлении функциональных продуктов питания различных видов белка как функционально-технологического компонента структурообразователя.

Установлено, что использование сывороточных белков что получены методом ультрафильтрации позволяет добиться значительного улучшения влагосвязывающей способности пищевых продуктов.

Установлены оптимальные режимы подготовки различных видов белков к внесению в состав пищевых продуктов.

Оптимальная температура подготовки белков к внесению составляет КСБ80-УФ 70 ± 5 °С с выдержкой 40 ... 55 минут, для КСБ-ТК 65 ± 5 °С с выдержкой 35 ... 40 минут.

Микроструктурные исследования показали, что структура раствора сывороточных белков содержит глобулярные высокомолекулярные агрегаты, образующиеся благодаря полярным связям. Было замечено, что сывороточные белки благодаря своей гидрофильной части способны связывать влагу и предотвращают агрегацию и коалесценцию уже сформированных капель. А благодаря гидрофобной части способны связывать не водную фазу. Они способны выполнять эмульгирующее действие, что очень важно при производстве пищевых продуктов.

Литература

- [1] Mollet B. Functional Foods: At the Frontier between / B. Mollet, I. Rowland // Food and Pharma, Current Opinion in Biotechnology. – 2002. – Vol. 13. No. 5. – P. 483–485.
- [2] Menrad K. Market and Marketing of Functional Food in Europe / K. Menrad // Journal of Food Engineering. – 2003. – Vol. 56. No. 2–3. – P. 181–188.
- [3] Белкин В. Г. Современные тенденции в области разработки функциональных продуктов питания / В. Г. Белкин // Масла и жиры. - 2010. - N 7-8. - С.20-22.
- [4] 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
- [5] 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.
- [6] 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
- [7] Зимон, А.Д.. Коллоидная химия [Текст] : 5-е изд., доп. и исправл. / А.Д. Зимон.– М.: Агар.– 2007. – 344с.