

О.В. Скрипко, И.А. Кадникова, В.В. Седых

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ БЕЛКОВО-ЛИКОПИНОВОГО ПРОДУКТА ДЛЯ ПИЩЕВЫХ КОНЦЕНТРАТОВ

Разработана технология получения белково-ликопинового продукта для использования его в мясорастительных композициях и рецептурах пищевых концентратов обеденных блюд. Экспериментальным путем и с помощью математического моделирования обоснованы параметры технологического процесса. Использование томатных и молочных продуктов для термокислотной коагуляции белковых веществ в соевой основе позволило получить высококачественный натуральный окрашенный продукт.

Соевая белковая основа, ликопин, томатопродукты, молочная сыворотка, нутриенты.

Введение

Одним из важнейших результатов научно-технического прогресса в области производства продовольствия является появление новой пищевой технологии, которая объединяет два типа новых производств. Первый – это технология получения белка и других пищевых веществ (прежде всего из традиционных и новых природных источников). Второй – это технология переработки смесей пищевых веществ в новые пищевые продукты массового потребления. При этом основная задача новой технологии состоит в том, чтобы сделать белок и другие пищевые вещества вкусной, привлекательной и полезной пищей [1].

Абсолютно доказано, что проблема дефицита белка является важнейшей составной частью мировой продовольственной проблемы, в которой одновременно сконцентрированы экономические, социальные, технические, технологические, медико-биологические проблемы и другие противоречия современной цивилизации [2].

По данным многочисленных исследований соевые белковые продукты могут быть успешно использованы в рационе питания человека для увеличения общего объема усваиваемых белков и, следовательно, для увеличения питательности смешанных пищевых изделий, содержащих комбинации белков животного и растительного происхождения. Оценка питательности соевых белков, входящих в состав соево-мясных пищевых смесей, показала, что при смешивании 30 % соевых белков и 70 % мяса питательность их превосходит питательность казеина [1, 2].

Процесс извлечения белковых веществ сои изучен достаточно полно и позволяет сделать заключение, что к наиболее перспективной в практическом отношении группе методов извлечения белка относятся физико-химические способы, такие как термоденатурация.

Термоденатурацию белков широко используют для регулирования их функциональных свойств, в первую очередь для снижения растворимости белков при их выделении и очистке. Примером является осаждение (термокоагуляция) белков при нагревании их растворов в результате термоденатурации и агрегации денатурированных молекул, соосаждение термоденатурированных белков с другими белками в присутствии солей кальция, в частности, при полу-

чении соевого творога, а также термоденатурация белка обезжиренной соевой муки для последующей водной экстракции нежелательных небелковых компонентов с целью очистки белка при получении его концентратов [1].

В последнее время интерес к термоденатурации белка резко возрос в связи с обнаруженной возможностью получения растворимых продуктов с новыми функциональными свойствами. К ним в первую очередь относятся поверхностные свойства белка, его способность стабилизировать эмульсии и пены, а также реологические свойства и способность образовывать гели. При термоденатурации белка в разбавленных растворах ниже критической концентрации гелеобразования оказалось возможным получать растворимые денатурированные формы в виде агрегатов развернутых макромолекул или фрагментов макромолекул-субъединиц. При этом изменяются не только размеры денатурированных белковых частиц, но и характер их взаимодействия между собой и растворителем [1].

В настоящее время при производстве структурированного соевого белка из соевой белковой основы (типа «тофу») коагуляцию белка в основном осуществляют с помощью хлористого кальция (CaCl_2), а также уксусной и других кислот, что приводит к потерям ценной соевой сыворотки [1]. При этом по данным медицинских исследований хлористый кальций обладает токсикологическим эффектом. Поэтому актуальной проблемой является поиск новых, безопасных для здоровья структурообразователей.

Целью работы является изучение возможности использования новых видов структурообразователей для извлечения белковых веществ сои и получения высококачественного белково-ликопинового продукта заданного состава и свойств, а также обоснование способа и установление зависимостей, характеризующих процесс его получения.

Объекты и методы исследований

Объектами исследований являлись: соевая белковая основа, приготовленная из семян сои перспективного сорта «Лазурная», соответствующих ГОСТ 17109-88 «Соя. Требования при заготовках и поставках», приготовленные с ее использованием коагуляты; томатная паста 30%-ная по ГОСТ 3343-93; сыворотка молочная по ТУ 9229-110-04610209-02.

Общий химический состав определяли стандартными методами; аминокислотный состав белков – с помощью инфракрасного сканера NIR-4250 (США); определение суммы каротиноидов – спектрофотометрическим методом; энергетическую ценность – с помощью коэффициентов Рубнера. Полученные экспериментальные данные обрабатывали методом математической статистики на ПЭВМ с пакетами прикладных программ Microsoft Excel, Statistika 6.0.

Результаты и их обсуждение

На первом этапе исследований обоснован выбор структурообразователя, который использовался для коагуляции белковых веществ.

Ликопины в томатах и изофлавоны в сое известны как фитохимикаты или фитонутриенты, их антиоксидантное действие связывают со способностью акцентировать свободные радикалы и образовывать хелатные соединения с ионами металлов (Fe^{3+} , Cu), катализирующих процессы окисления [3]. В связи с этим появляется возможность получения пищевого продукта, имеющего функциональную направленность.

Ликопин присутствует во многих фруктах и овощах, однако томаты и томатопродукты являются основным источником ликопина.

Обнаружено, что среднее потребление ликопина с пищей составляет 25 мг в день, причем 50 % ликопина потребляется из томатопродуктов. Ликопин из томатопродуктов усваивается лучше, чем из сырых помидоров. Усвояемость ликопина при приготовлении томатопродуктов возрастает по трем причинам: из-за высвобождения ликопина из пищевого матрикса в процессе обработки томатов; из-за добавления в эти продукты липидов и из-за индуцируемой под действием тепла изомеризации – перехода ликопина из транс- в цис-форму. На усвояемость ликопина также влияют его доза и присутствие других каротиноидов, таких как β -каротин [3].

Молочная сыворотка – это белково-углеводное сырье, получаемое при производстве творога, сыра,

Продолжение табл. 1

Нутриент	Продукт			
	Соевая белковая основа	Молочная сыворотка	Томатная паста	Раствор томатной пасты в молочной сыворотке
Органические кислоты в пересчете на яблочную, %	–	1,2	2,5	1,8
β -каротин, мг/100 г	–	–	2,0	1,0
Витамин С, мг/100 г	5,5	–	45,0	25,0
Энергетическая ценность, ккал/100 г	51,0	27,3	99,2	67,3

Анализ данных, представленных в табл. 1, показывает, что полученный раствор томатной пасты с содержанием 15 % сухих веществ, 1,8 % органических кислот в совокупности с β -каротином, ликопином и

казеина. По полезности она превосходит даже молоко, так как биологическая ценность белка сыворотки выше биологической ценности казеина. Коэффициент эффективности ее составляет 3,0–3,2, а казеина – 2,5. В молочной сыворотке содержится более 200 жизненно важных питательных и биологически активных веществ, необходимых для полноценного развития и функционирования организма.

С учетом вышеизложенного в качестве структурообразователя в соевой белковой дисперсной системе был выбран раствор томатной пасты в молочной сыворотке.

Характеристика общего химического состава и энергетическая ценность соевой белковой основы, томатной пасты, молочной сыворотки, а также раствора томатной пасты в молочной сыворотке приведены в табл. 1 [4].

Таблица 1

Содержание пищевых нутриентов и энергетическая ценность в молочном, растительном и комбинированном компонентах ($\bar{x} \pm m; mJ 0,5$)

Нутриент	Продукт			
	Соевая белковая основа	Молочная сыворотка	Томатная паста	Раствор томатной пасты в молочной сыворотке
Вода, %	87,5	93,4	70,0	85,0
Белки, Nх6,25, %	3,8	0,8	4,8	2,8
Липиды, %	2,2	0,3	–	0,1
Углеводы, %	4,2	3,7	20,0	12,0
Минеральные вещества, %	2,3	0,6	2,6	1,6

витамином С представляет собой биологически активный комплекс пищевых нутриентов.

На втором этапе исследований изучались процессы выделения соевого белка и его осаждения в дисперсной системе – соевой белковой основе. Анализ многочисленных исследований показал, что наиболее предпочтительным с точки зрения получения и выделения из семян сои белковых веществ, а также других полезных нутриентов является процесс их экстракции из предварительно пророщенных семян сои.

Проращивание семян сои в минерализованной водной среде до длины ростков 20–30 мм позволяет увеличить содержание минеральных веществ в семенах, разделить семя на 2 семядоли за счет удаления оболочки, а также снизить содержание уреазы в семенах на 30–50 %. Более того, в процессе проращивания семян сои содержание аскорбиновой кислоты увеличивается до 25 мг/100 г, причем в семенах во время проращивания активизируется собственная ферментная система [5].

В то же время процесс осаждения соевых белков в такой дисперсной системе, как соевая белковая основа, изучен недостаточно полно. В исследованиях

[1] отмечается, что в процессе коагуляции белка при получении соевого творога тофу с сывороткой теряется часть полезных нутриентов сои. При этом белок такой сыворотки имеет на 65 % больше серосодержащих аминокислот, чем суммарный белок сои.

В свою очередь, в качестве осадителя соевого белка используют органические растворители (метанол, этанол, изопропанол, ацетон). Одним из интересных типов осадителей белков являются анионные полисахариды. При этом выбор осадителя белка (коагулянта) носит всегда компромиссный характер и зависит от специфических особенностей сырья, технологических возможностей, оборудования, а также возможностей утилизации отходов и стоков [1].

На наш взгляд, использование в качестве коагулянта раствора томатной пасты на основе молочной сыворотки позволит также исключить потери сыворотки и получить окрашенный в розовато-красный цвет белковый коагулят, обогащенный ликопином [3].

Как было установлено путем проведения поисковых опытов, процесс осаждения и термокислотной коагуляции соевого белка характеризуется образованием (агломерированием) белковых частиц определенной массы и размеров, которые впоследствии осаждаются под действием силы тяжести. В этой связи при исследовании процесса коагуляции белка было установлено, что масса образующихся белковых частиц M_q зависит от активной кислотности жидкой фракции pH, концентрации сухих веществ в растворе томатной пасты R_c , а также температуры дисперсной среды – соевой белковой основы t , °С.

Анализ кинетики структурообразования в соевой белковой дисперсной системе с помощью коагулянта показывает, что процесс термокислотной коагуляции белков в соевой основе продолжается в течение 10–12 мин. При этом температура коагуляции составляет 55–60 °С, что обеспечивает необходимую тепловую обработку получаемого продукта путем его длительной пастеризации.

Экспериментальным путем установлено, что оптимальными параметрами получения белково-ликопинового коагулянта, при которых образуется максимальное количество белковых частиц, являются: $t = 10$ – 12 мин; $t^0 = 55$ – 60 °С; pH = 4,45–4,5 ед.; при содержании сухих веществ в растворе томатной пасты $R_c = 12,5$ – $15,0$ %.

На рис. 1 представлена технологическая схема получения окрашенного соевого белково-ликопинового продукта (коагулянта) [6, 7].

Полученный по данной технологии белково-ликопиновый продукт использовался нами в качестве

добавки при производстве сухого мясорастительного фарша с целью использования его в рецептурах пищевых концентратов обеденных блюд.

Согласно данной схеме полученный путем термокислотной коагуляции окрашенный белково-ликопиновый продукт (коагулят) отделяется от жидкой фракции, так называемой сыворотки. От влажности белково-ликопинового коагулянта в дальнейшем зависит качество гранулированного мясного фарша, в связи с чем изучен процесс получения белково-ликопинового коагулянта необходимой (требуемой) влажности, обусловленной требованиями технологии.

В результате экспериментальных исследований данного процесса были выделены наиболее значимые факторы, существенно влияющие на конечную влажность белково-ликопинового коагулянта W_k .

Таковыми факторами являются: начальная влажность белково-ликопинового коагулянта W_n , % (x_1); давление прессования P , МПа (x_2); продолжительность отжима t_n , мин (x_3).

Исследования проводились согласно стандартной матрице полного факторного эксперимента для 15 опытов. После реализации эксперимента проведена обработка результатов и построена математическая модель процесса отжима влаги от окрашенного белково-ликопинового коагулянта в виде уравнения регрессии следующего вида:

$$\begin{aligned} W_k = & 38,93 - 10,192 \text{ } W_n - \\ & - 4,214 \text{ } P + 1,050 \text{ } t_n + \\ & + 0,0458 \text{ } W_n \text{ } P - 0,0187 \text{ } W_n \text{ } t_n + \\ & + 0,0779 \text{ } W_n^2 + 0,112 \text{ } P^2 \text{ } \ominus \text{ } \text{min} \end{aligned} \quad (1)$$

Адекватность модели оценена по критерию Фишера ($F_R > F_T$).

В результате решения задачи определены оптимальные значения факторов: начальная влажность белково-ликопинового коагулянта $W_n = 67,5$ %; давление прессования 0,5 МПа; продолжительность отжима 30 мин.

При указанных значениях факторов конечная влажность коагулянта составляет не более 47,4 %.



Рис. 1. Технологическая схема получения окрашенного белково-ликопинового продукта

В результате проведенных исследований получены два продукта: соевый белково-ликопиновый продукт (окрашенный в розовый цвет) и окрашенная молочно-соевая сыворотка (рис. 2 и 3).



Рис. 2. Соевый белково-ликопиновый продукт

При этом молочно-соевая сыворотка имела идеально прозрачный, чистый оранжево-розовый цвет при полном отсутствии взвешенных частиц в своей жидкой фазе.

Полученный белково-ликопиновый продукт смешивали с мясным или субпродуктовым фаршем, из мясорастительной композиции формовали гранулы и направляли их на сушку. Сушеный мясной или субпродуктовый фарш использовали в рецептурах пищевых концентратов обеденных блюд (супов и каш) для полной замены мясного компонента. При этом улучшились кулинарные достоинства блюд, повысилась их пищевая и биологическая ценность, концентраты приобрели функциональную направленность.

В табл. 2 представлен биохимический состав полученных продуктов ($\bar{X} \pm m$; $m \neq 0,05$).

Анализ данных, представленных в табл. 2, показывает, что при влажности 47,4 % полученный белково-ликопиновый продукт имеет относительно высокое содержание комплементарного белка, а также клетчатки, β -каротина и витамина С.



Рис. 3. Соево-молочная сыворотка

В результате выполненной работы нами обоснована возможность использования новых видов структурообразователей и разработан способ извлечения белковых веществ сои.

Все вышеизложенное позволяет сделать вывод о том, что предложенный способ структурирования и окраски белка, а также взаимного обогащения нутриентов является рациональным и отвечает требованиям, предъявляемым к продуктам питания по-

ликомпонентного состава, адекватным потребностям организма.

Таблица 2

Биохимический и аминокислотный состав белково-ликопинового коагулята и сыворотки

Состав	Продукт		
	Окрашенный соевый белково-ликопиновый коагулят	Окрашенная соево-молочная сыворотка	
Содержание основных нутриентов, %			
Вода	47,4	90,0	
Белок	37,1	0,08	
Липиды	5,5	–	
Углеводы	5,5	–	
Клетчатка	1,5	–	
Минеральные вещества	3,0	10,0	
Аскорбиновая кислота, мг/100 г	10,0	5,0	
β-каротин, мг/100 г	2,5	–	
Содержание незаменимых аминокислот (А), мг/100 г, и аминокислотный скор белка (С), %			
Валин	А	7,2	3,2
	С	144	64
Лейцин	А	11,8	4,0
	С	169	57
Изолейцин	А	6,2	2,9
	С	155	73
Лизин	А	9,2	8,8
	С	167	160
Метионин + цистин	А	4,2	4,9
	С	120	140
Фенилаланин + тирозин	А	7,5	5,8
	С	125	97
Треонин	А	6,2	5,2
	С	155	130
Триптофан	А	1,7	1,1
	С	170	110

Список литературы

1. Толстогузов, В.Б. Новые формы белковой пищи / В.Б. Толстогузов. – М.: Агропромиздат, 1987. – 303 с.
2. Тутельян, В.А. Приоритеты и научное обеспечение реализации государственной политики здорового питания населения / В.А. Тутельян // Федеральные и региональные аспекты политики питания населения. – Новосибирск, 2002. – С. 11–13.
3. Шабров, А.В. Биохимические основы действия микрокомпонентов пищи / А.В. Шабров, В.А. Дадали, В.Г. Макаров. – М., 2003. – 186 с.
4. Химический состав российских пищевых продуктов: справочник / под ред. И.М. Скурихина, В.А. Тутельяна. – М.: ДеЛи принт, 2002. – 236 с.
5. Петибская, В.С. Питательная ценность соевых проростков / В.С. Петибская, Е.Г. Ефремова // Известия вузов. Пищевая технология. – 2005. – № 1. – С. 36–39.
6. Патент РФ № 2402924. Способ приготовления белковых продуктов / С.М. Доценко, О.В. Скрипко, В.В. Седых и др.; заявитель и патентообладатель ГНУ ВНИИ сои РАСХН. Опубл. в Б.И. № 32 от 20.11.10 г.
7. Патент РФ № 2403807. Способ приготовления соевых белковых продуктов / С.М. Доценко, О.В. Скрипко, В.В. Седых и др.; заявитель и патентообладатель ГНУ ВНИИ сои РАСХН. Опубл. в Б.И. № 31 от 10.11.10 г.

ГНУ Всероссийский научно-исследовательский институт сои Россельхозакадемии,
675027, Россия, г. Благовещенск, Игнатьевское шоссе, 19.
Тел./факс: (4162) 36-95-58
e-mail: amursoja@gmail.com

SUMMARY

O.V. Skripko, I.A. Kadnikova, V.V. Sedyh

FOUNDATIONS FOR PARAMETERS OF MANUFACTURING PROTEIN LYCOPIN PRODUCT FOR FOOD CONCENTRATES

The technology of obtaining a protein-lycopin product for using it in the meat-and-vegetable compositions and in the receipts of food concentrates for dinner dishes has been developed. The parameters of the technological process have been experimentally substantiated with the help of mathematic modeling. Using tomato and milk products for thermo-acid coagulation of albumens in soybean base has allowed obtaining a high quality naturally coloured product.

Soybean protein base, lycopin, tomato products, whey, nutrients.

SSI All-Russian scientific research institute of soybean of RAAS
675027, Russia, Blagoveschensk, Ignatevskoe shosse, 19
Phone/Fax: (4162) 36-95-58
e-mail: amursoja@gmail.com

