

УДК 637.1 DOI:

ГИДРОЛИТИЧЕСКОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНЫХ ФРАКЦИЙ СОЕВЫХ СЕМЯН В РАСТВОРАХ С РАЗЛИЧНОЙ ИОННОЙ СИЛОЙ С ЦЕЛЮ ПОЛУЧЕНИЯ КОНЦЕНТРИРОВАННЫХ БЕЛКОВО-ЖИРОВЫХ КОМПОЗИЦИЙ

Н.Л. Танькова, кандидат технических наук, старший научный сотрудник

Е.Л. Искакова, кандидат технических наук, старший научный сотрудник

В.А. Асафов, кандидат технических наук, заведующий сектором

Всероссийский научно-исследовательский институт молочной промышленности

E-mail: n.tankova@mail.ru

Ключевые слова: соевые семена, изолят соевого белка, молочная сыворотка, заменитель цельного молока, эффективная вязкость, катализируемый ферментами гидролиз.

Реферат. *Приведены результаты исследований по получению концентрированной многокомпонентной системы (КМС) с заданными функциональными свойствами для использования в составе пищевых и кормовых продуктов, в частности, в рецептурах заменителей цельного молока (ЗЦМ) для телят, а также исследований биотехнологической трансформации сырья методом ферментации углеводного и белкового состава КМС. Показано, что для получения качественных показателей ферментированного ЗЦМ необходим контроль параметров водно-термической обработки семян сои, вязкости КМС, степени протеолиза белковой фракции.*

HYDROLYTIC REGULATION OF HIGH-MOLECULAR-WEIGHT FRACTIONS OF SOYBEAN SEEDS IN SOLUTIONS WITH DIFFERENT IONIC STRENGTHS TO OBTAIN CONCENTRATED PROTEIN-FAT COMPOSITIONS

N.L. Tankova, PhD in Technical Sciences, Senior Researcher

E.L. Iskakova, PhD in Technical Sciences, Senior Researcher

V.A. Asafov, PhD in Technical Sciences, Head of Sector

All -Russian Research Institute of Dairy Industry

Key words: soybean seeds, soy protein isolate, dairy whey, whole milk substitute, effective viscosity, enzyme-catalyzed hydrolysis.

Abstract. *The authors cited the results of studies on obtaining a robust multicomponent system (MCS) with given functional properties for use in food and feed products. In particular, the authors presented the results of whole milk substitutes (WMS) for calves and the effects of studies of the biotechnological transformation of raw materials by fermentation of carbohydrate and protein composition of CMC. The article reveals the control of the parameters of water-thermal treatment of soybean seeds, the viscosity of CMC, the degree of proteolysis of the protein fraction to obtain the quality indicators of fermented whole milk substitutes.*

Получение концентрированных многокомпонентных систем (КМС) с заданными физико-химическими и функциональными свойствами актуально для использования в технологиях ряда кормовых и пищевых продуктов.

В частности, для развития производства ЗЦМ необходима разработка новых способов их получения на основе процессов ферментации и консервирования с различной степенью обезвоживания для снижения сырьевой себестоимости [1–3].

Основным фактором, определяющим эффективность и экономичность корма для молодняка сельскохозяйственных животных, является биодоступность белков. Как показано нами ранее, использование изолированных белков сои [4, 5] позволяет обеспечить заданную скорость роста телят. Тем не менее более экономично использовать в качестве источника белка семена сои. Ограничения, связанные с использованием семян, заключаются в том, что они содержат ряд антипитательных веществ, включая ингибитор трипсина, лектины, олигосахара и аллергены. Кроме того, водные дисперсии семян в требуемых концентрациях имеют высокую вязкость из-за содержащихся в семенах крахмалов (11,6 %), пищевых волокон (13,5 %).

При разработке КМС, стремящихся при высоких концентрациях сои к коллоидным системам, имеющим дефицит массовой доли влаги в балансе основных компонентов, определенных преимуществ можно добиться за счет биотехнологической трансформации сырья методом ферментации. Такой подход достаточно эффективен для модификации соевого белка с целью увеличения растворимости, эмульгирующей способности и снижения вязкости системы. Он также является существенным фактором, влияющим на качество белков, их антигенные свойства, уровень которых также можно регулировать путем ферментативной обработки [6–14]. Последовательный гидролиз белков и углеводов предполагает эффективное регулирование реологических и качественных показателей КМС [15].

Объектами наших исследований являлись концентрированные многокомпонентные системы (КМС), включающие семена сои, изолированный соевый белок и подсырную сыворотку.

Определение полипептидного и аминокислотного состава (метод капиллярного электрофореза (КЭФ) проводилось по ГОСТ 33428-2015 [16], массовой доли белка – методом Кьельдаля, свободного жира – по ГОСТ Р 55332-2012 [17], массовой доли сухих веществ – на инфракрасном анализаторе ML-50, AnD, Япония (в анализаторе влажности реализован принцип термogravиметрического анализа, при котором происходит высушивание образца с помощью галогеновой лампы и расчет процентного содержания влаги путём определения изменения массы образца). Белок определяли в фильтрате (метод основан на том, что трихлоруксусная кислота (ТХУ) осаждает белковые вещества, а небелковые азотистые соединения остаются в растворе). Водно-тепловая обработка семян сои проводилась при температуре 100 °С в воздушном термостате HS 61A, суспензию готовили в приборе «Термомикс Т1» и коллоидной мельнице. Остаточную антигенность определяли методом непрямого твердофазного иммуноферментного анализа, а реологические показатели ферментированных систем – ротационным методом с применением вискозиметра Брукфильда (Brookfield DV-II+Pro). Для установления электропроводности сред использовался кондуктометрический метод (кондуктометр DIST WP4). В работе использовались семена сои сорта Вилана, термобработанные при 100 °С в течение 2 ч.

Структурно-механические свойства дисперсий соевого сырья (вода/ подготовленные семена сои/ ИСБ) и его биодоступность обуславливают необходимость регулирования функциональных свойств КМС в технологическом процессе производства ЗЦМ.

Основными критериями оценки функциональных свойств КМС в данной работе выбраны эффективная вязкость, полипептидный состав и их зависимость от условий гидролиза и ионной силы растворов.

Перед проведением гидролиза, катализируемого ферментами, подготовленные семена сои смешивали с водой и диспергировали в циркуляционном режиме для получения суспензии с

массовой долей сухих веществ 20 %. Режимы и последовательность подготовки соевых семян в технологической схеме производства ЗЦМ установлены ранее проведёнными исследованиями [18] по критериям инактивации антипитательных веществ, растворимости белков, органолептическим показателям подготовленных семян сои (отсутствие горечи и травяного вкуса).

Ферментация углеводной и белковой фракций соевого сырья осуществлялась последовательно.

На первом этапе подвергалась гидролизу углеводная фракция соевых семян в воде комплексом препаратов: ЦеллоЛюкс, АмилаСубтилин, ГлюкоЛюкс при температуре 60 ± 2 °С, величине pH 6,5, соотношении «семена сои : фермент» 50 : 1 с целью регулирования вязкости дисперсии и ее седиментационной устойчивости в водных растворах. Установлены временные и температурные режимы гидролиза в промежуточной системе (вода : подготовленные семена сои) по критериям вязкости и массовой доле сухих веществ (рис. 1, 2). Оптимальная продолжительность гидролиза ферментным комплексом составила 2,5 ч.

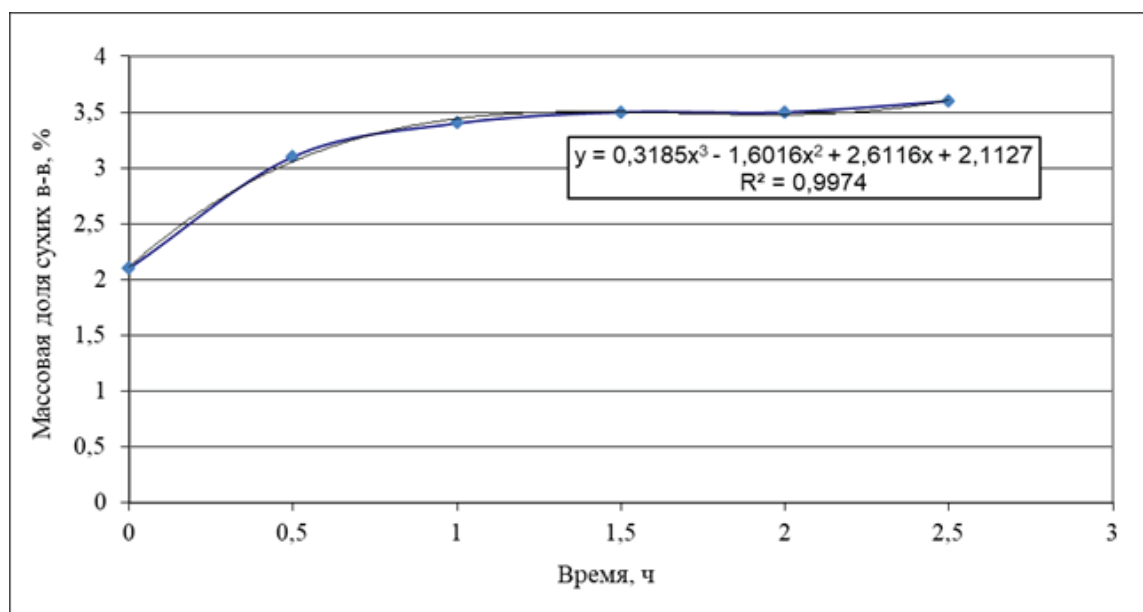


Рис. 1. Степень извлечения сухих веществ в экстракте в процессе гидролиза семян сои

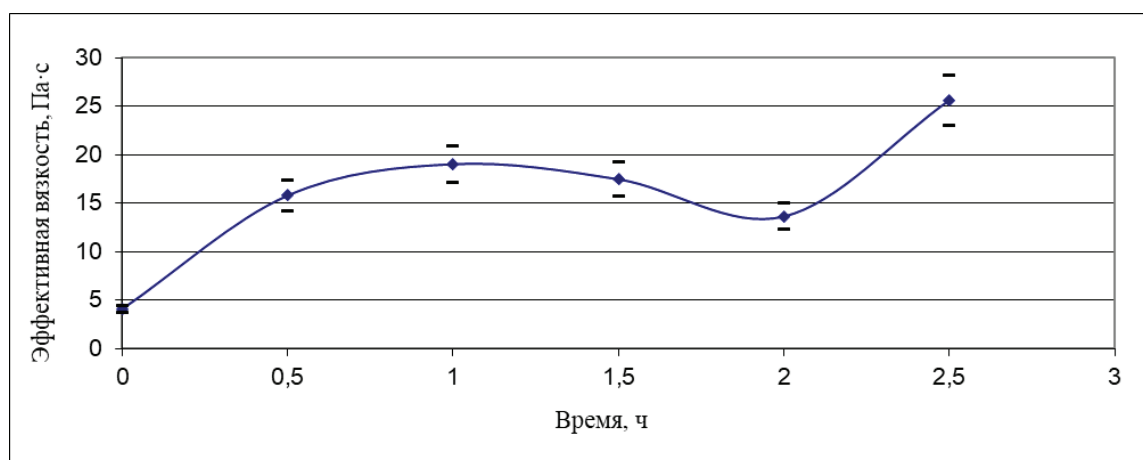


Рис. 2. Зависимость реологических показателей дисперсии соевых семян от длительности ферментации

Характер зависимостей, приведенных на рис. 1 и 2, показывает увеличение концентрации сухих веществ в экстракте, что связано с гидролизом крахмала и целлюлозы до простых сахаров. Процесс стабилизируется через 2,5 ч от начала ферментации. Увеличение вязкости при низкой скорости сдвига, по всей вероятности, связано с переходом полисахаридов из дисперсного в коллоидное состояние. Предположительно, характер полученной зависимости объясняется энтальпийным переходом из дисперсного состояния среды в устойчивое коллоидное.

Модификация белков ферментным гидролизом преследует цели снижения их антигенной активности, получения пептидов с заданными свойствами.

Протеолиз КМС проводили ферментом протосубтилин ГЗХ при температуре 60 ± 2 °С, величине рН 6,5, соотношении «субстрат : фермент» 50 : 1. Для повышения массовой доли белка в КМС до заданного уровня вводили изолированный соевый белок.

На основании полипептидного состава определена продолжительность ферментации КМС (вода/ ферментированные семена сои/ ИСБ), которая составила 1 ч.

В ферментированной фракции около 50 % белков имеют молекулярную массу менее 6 кД, что, исходя из литературных данных, достаточно для снижения антигенной активности до приемлемого уровня [19].

Для получения КМС с заданными физико-химическими показателями (массовая доля белка 16 %, сухих веществ – 50 %) проведены исследования зависимости вязкости в процессе гидролиза от ионной силы КМС.

Регулирование ионной силы осуществлялось введением в КМС подсырной сыворотки взамен воды (табл. 1).

Таблица 1

Удельная электропроводность ферментированных растворов, мСм/см

Номер образца	Соотношение в образцах: сыворотка/вода	Удельная электропроводность раствора: вода/сыворотка	Удельная электропроводность раствора после ферментации углеводной фракции КМС	Удельная электропроводность раствора после ферментации белковой фракции КМС
1	Вода	0,52	8,51	8,68
2	1/4	2,43	8,59	8,39
3	1,25/4	4,18	10,34	10,46
4	4/1	6,04	10,15	9,88
5	Сыворотка	7,91	10,08	9,87

Зависимость вязкости КМС от удельной электропроводности, характеризующей ионную силу, показана на рис. 3, 4.

Из представленных зависимостей следует, что в исследованном диапазоне влияние ионной силы имеет экстремальный характер, достигая пиковых значений при электропроводности около 10 мСм/см.

По всей вероятности, это связано с изменениями во взаимодействиях «белок–белок», «белок–полисахариды», «белок–двухвалентные ионы металлов». Характер указанных зависимостей позволяет прогнозировать возможные способы направленного регулирования свойств конечных продуктов, содержащих добавленные количества минеральных веществ.

Полученные результаты по аминокислотному и пептидному составу ферментированных КМС представлены в табл. 2. Пептидный состав всех образцов характеризуется высокой долей коротких пептидов с молекулярной массой 6 кД, что способствует повышению мутагенной и антиоксидантной активности, снижению антигенной активности продукта. Аминокислотный анализ предполагает корректировку рецептур ЗЦМ с учетом потребности молодняка сельскохозяйственных животных в аминокислотах.

Таблица 2

Полипептидный и аминокислотный состав ферментированной КМС

Показатель	Образец № 1	Образец № 2	Образец №3	Образец №4	Образец №5
<i>Распределение молекулярной массы, %</i>					
Менее 3,5 кДа	1,2	2,9	1,7	1,5	1,9
3,5–5,0 кДа	12,4	16,1	19,8	14,4	15,0
5,0–10,0 кДа	39,0	41,0	37,7	40,9	44,7
Более 10,0 кДа	47,5	39,3	40,5	43,5	38,4
<i>Содержание аминокислот, мг/100 г продукта</i>					
Аргинин	1071,0	1019,0	1160,0	854,6	1239,0
Лизин	1034,0	938,3	878,3	768,5	927,4
Тирозин	782,7	722,9	646,2	543,7	655,7
Фенилаланин	953,1	865,7	792,6	690,3	818,0
Гистидин	695,8	625,8	618,0	547,1	641,1
Лейцин + изолейцин	2143,0	1963,0	1794,0	1584,0	1904,0
Метионин	331,2	360,6	312,7	427,3	365,5
Валин	613,2	584,0	535,2	470,1	548,5
Пролин	1186,0	1065,0	1010,0	927,3	1074,0
Треонин	725,6	665,8	620,5	574,5	677,2
Серин	1046,0	959,5	942,6	826,5	996,4
Аланин	786,7	723,0	693,5	592,4	717,1
Глицин	758,9	673,5	657,7	563,6	665,0
Триптофан	151,5	135,2	106,8	137,5	137,8
Аспарагин + аспарагиновая кислота	1262,0	2565,0	2542,0	2315,0	2874,0
Цистеин + цистеиновая кислота	172,0	1779,0	1847,0	1610,0	2102,0
Глутамин + глутаминовая кислота	1887,0	249,8	241,1	193,3	292,0



Рис. 3. Зависимость вязкости КМС от ионной силы при ферментации полисахаридов

Таким образом, результатами исследований отмечено влияние ионной силы на вязкость ферментированной комплексом ферментов направленного действия концентрированной многокомпонентной системы, включающей молочные и соевые белки, полисахариды и липиды. Установлено, что в исследованном диапазоне влияние ионной силы имеет экстремальный характер, достигая пиковых значений при электропроводности около 10 мСм/см. По всей вероятности, это связано с изменениями во взаимодействиях «белок–белок», «белок–полисахариды», «белок–двухвалентные ионы металлов». Характер указанных зависимостей позволяет прогнозировать возможные способы направленного регулирования свойств ЗЦМ, содержащих добавленные количества минеральных веществ. Получены результаты по аминокислотному и пептидному составу ферментированного продукта. Показано, что около 50 % белков имеют

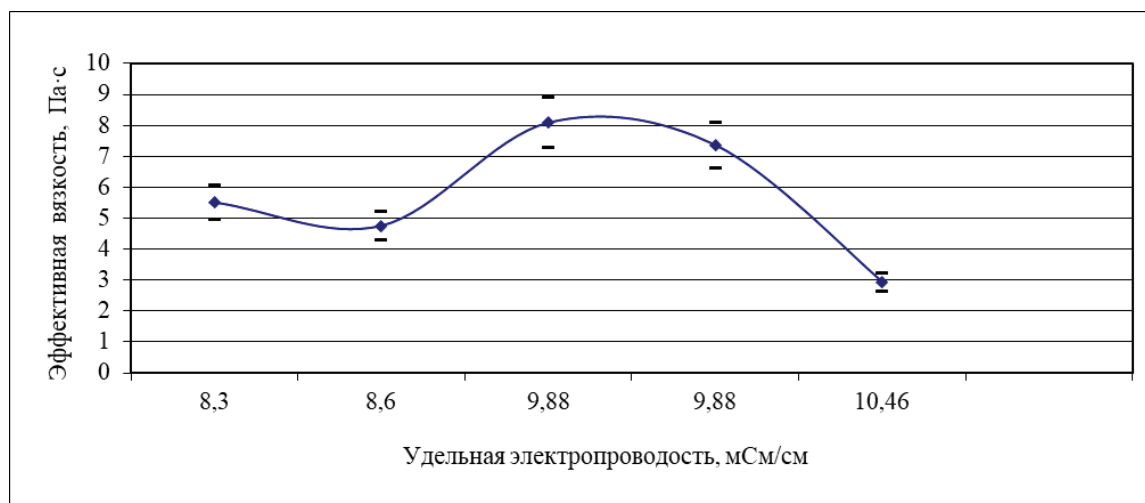


Рис. 4. Зависимость вязкости КМС от ионной силы при ферментации белков

молекулярную массу 6 кД, что способствует повышению мутагенной и антиоксидантной активности, снижению антигенной активности продукта.

Биотрансформация углеводного и белкового состава соевого сырья позволит эффективно регулировать реологических и качественных показателей КМС, обеспечит технологичность производства ферментированного ЗЦМ для выпойки молодняка сельскохозяйственных животных и его экономичность.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Antimutagenic and antibacterial activity of β -cyclodextrin clathrates with extensive hydrolysates of colostrum and whey* / T.M. Halavach, E.S. Savchuk, A.S. Bobovich [et al.] // *Biointerface Research in Applied Chemistry*. – 2021. – Vol. 11, N 2. – P. 8626–8638. – <https://doi.org/10.33263/BRIAC112.86268638>.
2. *A 100-Year Review: Calf nutrition and management* / A.F. Kertz, T.M. Hill, J.D. Quigley [et al.] // *Dairy Sci.* – 2017. – Vol. 100. – P. 10151–10172. – <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13062>.
3. Кузнецов П.В., Габриелова В.Т. Вероятные аспекты процесса получения многокомпонентных смесей продуктов применительно к ЗЦМ // *Актуальные вопросы молочной промышленности, межотраслевые технологии и системы управления качеством: сб. науч. тр.* – М.: ВНИМИ, 2020. – Т. 1, № 1. – С. 320–325. – DOI: 10.37442/978-5-6043854-1-8-2020-1-320-325.
4. *Концентрированные формы заменителя молока на растительной основе для молодняка сельскохозяйственных животных* / В.А. Асафов, Ю.И. Филатов, Н.Л. Танькова, Е.Л. Исакова, В.В. Мясенко // *Научное обеспечение молочной промышленности (ВНИМИ – 80): сб. науч. тр.* – М., 2009. – С.18–20.
5. *Некоторые аспекты использования различных источников соевого белка в рационах кормления телят* / В.А. Асафов, В.Д. Харитонов, Н.Л. Танькова [и др.] // *Вестник Башкирского государственного аграрного университета*. – 2020. – Т. 55, № 3. – С. 31–38. – <https://doi.org/10.31563/1684-7628-2020-55-3-31-38>.
6. Гурова Н.В. Физико-химические принципы технологии жидких белоксодержащих эмульсионных продуктов для специализированного питания: дис. ... д-ра техн. наук. – М., 2003. – 341 с.
7. Агаркова Е.Ю., Кручинин А.Г. Ферментативная конверсия как способ получения биологически активных пептидов // *Вестник МГТУ*. – 2018. – Т. 21, № 3. – С. 412–417. – DOI: <https://doi.org/10.21443/1560-9278-2018-21-3-412-419>.

8. *Ферментативная обработка как инструмент придания функциональных свойств белкам молочной сыворотки* / Е.Ю. Агаркова, А.Г. Кручинин, К.А. Рязанцева, Н.С. Пряничникова // *Аграрно-пищевые технологии*. – 2019. – № 4. – С. 84–88. – DOI: 10.31208/2618-7353-2019-8-81-88.
9. *Пат. 2358459 С1 РФ, МПК А23L 1/211, Способ инактивации антипитательных веществ в бобах сои* / Кулигин Е.К., Золочевский В.Т., Шведов И.В.; заявитель и патентообладатель ООО фирма «Кубаньпластик» (RU). – № 2007134871/13; заявл. 20.09.2007; опубл. 20.06.2009, бюл. № 17.
10. *Пат. 2 600 006 С1 РФ, МПК А23L 11/30 Способ инактивации антипитательных веществ в бобах сои* / Байтаев М.О., Анзоров В.А., Гериханов С.К., Тарчков Т.Т.; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Чеченский государственный университет» (RU). – № 2015121457/13, заявл. 04.06.2015; опубл. 20.10.2016, бюл. № 29.
11. *Рязанцева К.А.* Применение биологически активных пептидов и гидролизатов молочной сыворотки в качестве функциональных пищевых ингредиентов // *Актуальные направления научных исследований: технологии, качество и безопасность: сб. материалов нац. (Все-рос.) конф. / под общ. ред. А.Ю. Просекова; – Кемерово, 2020. – С. 41–42.*
12. *Пат. 2 709 384 С1 РФ МПК А23J 3/16, А23J 1/14 Способ получения соевого изолированного белка* / Морозов Д.В. (RU), Сушков В.В. (UA). Радиновский О. (IL); заявители и патентообладатели Морозов Д.В. (RU), Сушков В.В. (UA). Радиновский О. (IL). – № 2019113459, заявл. 2019.04.30; опубл. 2019.12.17.
13. *Soybean antigen proteins and their intestinal sensitization activities* / L. He [et al.] // *Current Protein & Peptide Science*. – 2015. – Vol. 16, N 7. – P. 613–621. – DOI: <https://doi.org/10.2174/1389203716666150630134602>.
14. *Logan E.F., Pearson G.R., McNulty M.S.* Studies on the immunity of the calf to colibacillosis – VII: The experimental reproduction of enteric colibacillosis in colostrums-fed calves // *Vet. Rec.* – 1977. – Vol. 101. – P. 443–446.
15. *Пат. 2004130815/13 РФ, МПК А23L 1/20. Способ обработки бобов сои* / Аветисян А.А. (RU), Васько В.В. (RU), Прохоров В.А. (RU); заявитель и патентообладатель «Белореченский комбикормовый завод» (RU); заявл. 2004130815/13; опубл. 21.10.2004.
16. *ГОСТ 33428-2015 (ISO 17180:2013) Корма, премиксы. Определение содержания лизина, метионина и треонина*. – <https://internet-law.ru/gosts/gost/60785/17>.
17. *ГОСТ Р 55332-2012 Молоко и молочные продукты. Методы определения свободного (дестабилизированного) жира*. – <https://internet-law.ru/gosts/gost/53508/>.
18. *Искакова Е.Л., Танькова Н.Л., Асафов В.А.* Способы снижения содержания веществ антипитательной направленности в семенах сои // *Актуальные вопросы молочной промышленности. Межотраслевые технологии и системы управления качеством*. – М.: ВНИМИ, 2020. – Т. 1, № 1 (1). – С. 231–235.
19. *Технология получения пептидного модуля на основе гидролизата изолята белка сои* / В.А. Асафов, С.Н. Зорин, И.С. Воробьева, В.М. Воробьева, В.К. Мазко // *Пищевая промышленность*. – 2017. – № 3. – С. 14–17.

REFERENCES

1. Halavach T.M., Savchuk E.S., Bobovich A.S., Dudchik N.V., Tsygankow V.G., Tarun E.I., Yantsevich A.V., Kurchenko V.P., Kharitonov V.D., Asafov V.A., *Biointerface Research in Applied Chemistry*, 2021, Vol. 11, No. 2, P. 8626-8638, <https://doi.org/10.33263/BRIAC112.86268638>.

2. Kertz A.F., Hill T.M., Quigley J.D., Heinrichs A.J., Linn J.G., Drackley J.K., Dairy Sci, 2017, Vol. 100, P. 10151–10172, <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13062>.
3. Kuznecov P.V., Gabrielova V.T., Aktual'nye voprosy molochnoj promyshlennosti, mezhotraslevye tekhnologii i sistemy upravleniya kachestvo (Topical issues of the dairy industry, cross-industry technologies and quality management systems), Scientific Works, Moscow: VNIMI, 2020, vol. 1, No. 1, pp. 320-325, DOI: 10.37442/978-5-6043854-1-8-2020-1-320-325. (In Russ.)
4. Asafov V.A., Filatov Yu.I., Tan'kova N.L., Iskakova E.L., Myalenko V.V. // Nauchnoe obespechenie molochnoj promyshlennosti (Scientific support for the dairy industry), Scientific Works, Moscow, 2009, pp.18-20. (In Russ.)
5. Asafov V.A., Haritonov V.D., Tan'kova N.L., Iskakova E.L., Halavach T.M., Kurchenko V.P., Vestnik Bashkirskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta, 2020, Vol. 55, No. 3, pp. 31-38, <https://doi.org/10.31563/1684-7628-2020-55-3-31-38>. (In Russ.)
6. Gurova N.V. Fiziko-himicheskie principy tekhnologii zhidkih beloksoderzhashchih emul'sionnyh produktov dlya specializirovannogo pitaniya (Physicochemical principles of the technology of liquid protein-containing emulsion products for specialized nutrition), Extended abstract of Doctor's thesis, Moscow, 2003, 341 p. (In Russ.)
7. Agarkova E.Yu., Kruchinin A.G., Vestnik MGTU, 2018, Vol. 21, No. 3, pp. 412-417, DOI: <https://doi.org/10.21443/1560-9278-2018-21-3-412-419>. (In Russ.)
8. Agarkova E.Yu., Kruchinin A.G., Ryazanceva K.A., Pryanichnikova N.S., Agrarno-pishchevye tekhnologii, 2019, No. 4, pp. 84-88, DOI: 10.31208/2618-7353-2019-8-81-88. (In Russ.)
9. Kuligin E.K., Zolochevskij V.T., Shvedov I.V., Sposob inaktivacii antipitatel'nyh veshchestv v bobah soi (Method of inactivation of anti-nutritional substances in soybeans), Patent 2358459 S1 RF, MPK A23L 1/211, 2009.
10. Baitaev M.O., Anzorov V.A., Gerihanov S.K., Tarchkov T.T., Sposob inaktivacii antipitatel'nyh veshchestv v bobah soi (Method of inactivation of anti-nutritional substances in soybeans), Patent 2 600 006 S1 RF, MPK A23L 11/30.
11. Ryazanceva K.A. Aktual'nye napravleniya nauchnyh issledovanij: tekhnologii, kachestvo i bezopasnost' (Current areas of scientific research: technology, quality and safety), Proceedings of the National All-Russian Conference, Kemerovo, 2020, pp. 41-42. (In Russ.)
12. Morozov D.V., Sushkov V.V., Radinovskij O., Sposob polucheniya soevogo izolirovannogo belka (Method of obtaining soy isolated protein), Patent 2 709 384 S1 RF MPK A23J 3/16, A23J 1/14.
13. L. He, M. Han, S. Qiao, P. He, D. Li, N. Li, Xi Ma, Current Protein & Peptide Science, 2015, Vol. 16, No. 7, P. 613-621, DOI: <https://doi.org/10.2174/1389203716666150630134602>.
14. Logan E.F., Pearson G.R., McNulty M.S., Vet. Rec, 1977, Vol. 101, P. 443-446.
15. Avetisyan A.A., Vas'ko V.V., Prohorov V.A., Sposob obrabotki bobov soi (Method of processing soybeans), Patent 2004130815/13 RF, MPK A23L 1/20.
16. GOST 33428-2015 (State Standard), Korma, premiksiy. Opredelenie soderzhaniya lizina, metionina i treonina (Feed, premixes. Determination of lysine, methionine and threonine content), <https://internet-law.ru/gosts/gost/60785/17>.
17. GOST R 55332-2012 (State Standard), Moloko i molochnye produkty. Metody opredeleniya svobodnogo (destabilizirovannogo) zhira (Milk and dairy products. Methods for determining free fat), <https://internet-law.ru/gosts/gost/53508/>
18. Iskakova E.L., Tan'kova N.L., Asafov V.A., Aktual'nye voprosy molochnoj promyshlennosti. Mezhotraslevye tekhnologii i sistemy upravleniya kachestvom (Topical issues of the dairy industry. Intersectoral technologies and quality management systems), Moscow: VNIMI, 2020, Vol. 1, No. 1 (1), pp. 231-235. (In Russ.)
19. Asafov V.A., Zorin S.N., Vorob'eva I.S., Vorob'eva V.M., Mazko V.K., Pishchevaya promyshlennost', 2017, No. 3, pp. 14-17. (In Russ.)