

СТАТЬИ НА РУССКОМ ЯЗЫКЕ

ПРОМЫШЛЕННОСТЬ И ПРОИЗВОДСТВО

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОДОВОЛЬСТВЕННЫХ ПРОДУКТОВ И
ПИЩЕВАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

Статья поступила в редакцию: 25.08.2026

Статья принята к публикации: 30.08.2026

Статья опубликована: 28.09.2026

УДК 664.9+664.6

Белково-жировая эмульсия: материальный баланс и технологическая проверка в замороженных мясных полуфабрикатах с соевыми белками

Абдуллаева Буфотима Турсунали кизи

PhD, преподаватель

кафедры технологии пищевых продуктов, Наманганский государственный технический университет

Республика Узбекистан, г. Наманган

E-mail: muhammadbey@mail.ru

Солиев Махаммаджон Исматуллаевич

PhD, проф.

кафедры химии, Наманганский государственный технический университет

Республика Узбекистан, Наманган

Нурмонов Сувонкул Эрхонович

DSc, проф.

кафедры органической и нефтегазовой химии, Национальный университет Узбекистана

Республика Узбекистан, г. Ташкент

Библиографическое описание: Абдуллаева Б.Т. кизи, Солиев М.И., Нурмонов С.Э. Белково-жировая эмульсия: материальный баланс и технологическая проверка в замороженных мясных полуфабрикатах с соевыми белками // Universum: технические науки : электрон. научн. журн. 2026. 9(150). URL: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/23358>

Protein–fat emulsion: mass balance and technological verification in frozen meat semi-finished products with soy proteins

Abdullaeva Bufotima

PhD, Lecturer

*Department of Food Technology, Namangan State Technical University
Uzbekistan, Namangan*

Soliev Makhammadjon

PhD, Professor

*Department of Chemistry, Namangan State Technical University
Uzbekistan, Namangan*

Nurmonov Suvonkul

DSc, Professor

*Department of Organic and Oil-Gas Chemistry, National University of Uzbekistan
Uzbekistan, Tashkent*

Аннотация

Цель работы — уточнить материальный баланс белково-жировой эмульсии и распределение воды, а также проверить применимость выбранной рецептуры в производственных условиях. Исследование выполнено для партии замороженных рубленых полуфабрикатов массой 100 кг. Эмульсию получали из 8 кг животного жира, 8 кг воды и 2 кг соевого изолята (4:4:1); 6 кг текстурированного белка отдельно гидратировали в 15 кг воды. Массы эмульсии и гидратированного текстурата составили 18 и 21 кг. Из 23,5 кг добавленной воды 34,04 % приходилось на эмульсию, 63,83 % — на текстурат, 2,13 % — на технологический резерв. При суммарном учете потерь выход равнялся 98,1 кг, при последовательном — 98,114 кг. В производственной проверке после куттерования не наблюдали видимого отделения воды или жира. При оценке по методу Грау–Хамма доля свободной влаги непосредственно после изготовления не превышала 2 %, а органолептическая оценка приготовленных изделий сразу после изготовления и после 30 суток хранения при температуре не выше –18 °С соответствовала категориям «хорошо» и «отлично». Расчетное сопоставление четырех соотношений подтвердило, что только 4:4:1 точно воспроизводит заданные массы жира, воды и изолята в 18 кг эмульсии. Инструментальная стабильность эмульсии, ТРА, потери при дефростации и тепловой обработке не определялись; поэтому выводы ограничены материальным балансом и технологической проверкой конкретной рецептуры.

Abstract

The study clarified the mass balance of a protein–fat emulsion and the allocation of added water and verified the selected formulation under production conditions. A 100 kg batch of frozen minced meat semi-finished products was used. The emulsion contained 8 kg of animal fat, 8 kg of water and 2 kg of soy protein isolate (4:4:1), while 6 kg of textured soy protein was separately hydrated with 15 kg of water. The emulsion and hydrated textured-protein phases weighed 18 and 21 kg, respectively. Of the 23.5 kg of added water, 34.04 % was assigned to the emulsion, 63.83 % to the textured protein and 2.13 % to a processing allowance. Additive loss accounting gave a yield of 98.1 kg, whereas sequential accounting gave 98.114 kg. No visible separation of water or fat was

observed after bowl chopping during production verification. Grau–Hamm pressing showed no more than 2 % free moisture immediately after production. The cooked products were rated good or excellent immediately after production and after 30 days of storage at no higher than -18°C . A calculation-based comparison of four fat:water:isolate ratios showed that only 4:4:1 reproduced the specified ingredient masses in an 18 kg emulsion. Instrumental emulsion stability, texture-profile analysis, thawing loss and cooking loss were not measured; the conclusions are therefore limited to the mass balance and technological verification of this formulation.

Ключевые слова: мясные полуфабрикаты, соевый белковый изолят, текстурированный соевый белок, белково-жировая эмульсия, материальный баланс, влагоудерживающая способность, органолептическая оценка.

Keywords: meat semi-finished products, soy protein isolate, textured soy protein, protein–fat emulsion, mass balance, water-holding capacity, sensory evaluation.

Введение

Соевый изолят и текстурированный соевый белок выполняют в мясной системе разные технологические функции. Изолят участвует в формировании межфазного слоя белково-жировой эмульсии, тогда как текстурат после отдельной гидратации входит в структуру фарша. Свойства соевых эмульсионных систем изучены в модельных гелях и мясных продуктах [6–11], однако сами по себе известные коэффициенты гидратации не решают производственную задачу закрытого материального баланса. При одновременном использовании двух белковых компонентов возникает риск повторного учета воды: один и тот же поток может быть записан и как самостоятельный ингредиент, и как часть предварительно приготовленной фазы. Научно-практическая задача настоящей работы состоит в связывании фазового баланса конкретной рецептуры с результатами ее производственной проверки, а не в заявлении универсальной оптимальности известного соотношения 4:4:1.

Цель работы — составить закрытый материальный баланс 100 кг рецептуры замороженных рубленых полуфабрикатов с двумя видами соевого белка, сопоставить аддитивный и последовательный учет технологических потерь, расчетно проверить чувствительность состава 18 кг эмульсии к изменению соотношения жир:вода:изолят и оценить применимость выбранной схемы по производственным наблюдениям, влагоудерживающей способности и органолептическим показателям готовых изделий.

Материалы и методы

Исследована производственная рецептура рубленых полуфабрикатов из говядины с животным жиром, соевым изолятом и текстуратом. На партию массой 100 кг приходилось по 25,0 кг говядины II сорта и жирной говядины, 8,0 кг животного жира, 23,5 кг добавленной воды, 2,0 кг изолята, 6,0 кг текстурированного белка и 11,0 кг прочих компонентов. В более широком производственном испытании эта базовая рецептура без растительных функциональных добавок служила контрольным образцом; в настоящей статье приведены

только относящиеся к ней данные. Образец без соевых белков не готовили, поскольку исследование не было спланировано как оценка эффективности замены мясного сырья соевыми компонентами.

Изолят соединяли с холодной водой, после его гидратации вводили измельченный животный жир и обрабатывали смесь в куттере 4 мин при 4500 об/мин. Текстура готовили отдельно при соотношении белок:вода 1:2,5. Фазы смешивали с мясным сырьем 3–4 мин, изделия массой 50 г формовали при температуре фарша не выше $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ и замораживали при $-38\ldots-46\text{ }^{\circ}\text{C}$ до температуры в центре не выше $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$. Операционную однородность эмульсии оценивали по отсутствию видимого отделения свободной воды или жира после куттерования и при смешивании с фаршем.

Влагоудерживающую способность базового полуфабриката оценивали прессованием по методу Грау–Хамма и выражали через долю отделившейся свободной влаги. Органолептическую оценку изделий после тепловой обработки проводили в соответствии с ГОСТ 9959 – 2015 [3] сразу после изготовления и после 30 суток хранения при температуре не выше $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$; учитывали внешний вид, аромат, вкус, консистенцию и сочность. Потери при дефростации и тепловой обработке, инструментальную стабильность эмульсии, размер частиц, реологические характеристики и текстурно-профильный анализ (ТРА) в исходном эксперименте не определяли.

Материальный баланс рассчитывали для исходной партии 100 кг. При аддитивной схеме потери всех операций суммировали относительно исходной массы; при последовательной схеме каждую следующую норму применяли к массе, оставшейся после предыдущей операции. Для расчетной проверки соотношения жир:вода:изолят массу эмульсии фиксировали на уровне 18 кг и сопоставляли варианты 3:4:1, 4:4:1, 4:3:1 и 5:4:1. Сопоставление носило расчетный, а не экспериментальный характер. Поскольку количественные результаты получены в рамках описательной производственной проверки без серии независимых повторных партий, для них не рассчитывали стандартные отклонения, доверительные интервалы и р-значения.

Результаты и обсуждение

Для приготовления эмульсии жир, воду и изолят брали в массовом соотношении 4:4:1: $8,0 + 8,0 + 2,0 = 18,0$ кг. Жир и вода составляли по 44,44 % этой массы, изолят — 11,11 %. Текстура гидратировали отдельно в соотношении 1:2,5; из 6,0 кг сухого продукта и 15,0 кг воды получали 21,0 кг белковой фазы. Таким образом, предварительно подготовленные эмульсионная и текстуратная фазы вместе составляли 39,0 % рецептуры. Распределение сырья показано в таблице 1.

Таблица 1.

Материальный баланс технологических фаз для партии 100 кг

Фаза	Компоненты и их масса, кг	Масса, кг
Мясное сырье	Говядина II сорта — 25,0; жирная говядина — 25,0	50,0
Белково-жировая эмульсия	Животный жир — 8,0; вода — 8,0; соевый изолят — 2,0	18,0
Гидратированный текстура	Текстурированный соевый белок — 6,0; вода — 15,0	21,0

Фаза	Компоненты и их масса, кг	Масса, кг
Прочие компоненты	Сухари — 5,0; лук — 3,7; соль — 1,0; перец — 0,3; Е621 — 0,2; фосфаты — 0,3; вода — 0,5	11,0
Итого	Материальный баланс рецептуры	100,0

Из 23,5 кг добавленной воды 8,0 кг использовали при приготовлении эмульсии, 15,0 кг — при гидратации текстурата, а 0,5 кг составляли технологический резерв. Доли этих потоков равнялись 34,04; 63,83 и 2,13 % соответственно. Это распределение относится только к добавленной воде и не характеризует общую влажность продукта. Разделение потоков исключает повторный учет воды в составе разных технологических фаз.

Эмульсию готовили 4 мин в куттере при 4500 об/мин, добавляя измельченный жир к предварительно гидратированному изоляту. После куттерования и при последующем смешивании с фаршем видимого отделения свободной воды или жира не наблюдали. Этот результат подтверждает операционную однородность смеси в условиях примененной линии, но не заменяет центрифужный тест, реологические измерения или анализ размера капель. Параметры остальных операций приведены в таблице 2.

Таблица 2.

Параметры подготовки и переработки сырья

Операция	Технологический параметр
Подготовка мяса	От –6 до –8 °С; отверстия решетки 8–12 мм
Белковые фазы	Текстурат : вода = 1:2,5; эмульсия — 4:4:1
Куттерование	4500 об/мин, 4 мин; смешивание 3–4 мин
Формование	Не выше –1 °С; 0,5–1,0 МПа; масса 50 г
Замораживание	От –38 до –46 °С; центр изделия не выше –18 °С

Потери при измельчении мяса приняли равными 0,2 %, приготовлении эмульсии — 0,5 %, смешивании — 0,5 %, формовании — 0,2 %, замораживании — 0,5 %. При аддитивном учете суммарные потери составили 1,9 %, а выход — 98,1 кг. Последовательное применение тех же норм дало 98,114 кг, то есть на 0,014 кг больше; для партии 100 кг различие между способами учета практически не влияет на целое число изделий и соответствует 1962 изделиям массой 50 г. Нормы потерь использованы как производственные значения, а не как результаты повторного лабораторного определения.

Полученная схема согласуется с представлениями о роли соевого изолята в белково-жировых дисперсиях [6–11]: изолят формирует эмульсионную фазу, а текстурат после гидратации выполняет структурообразующую функцию в фарше. Вместе с тем соотношение 4:4:1 следует рассматривать как рабочее для данной рецептуры и примененного оборудования. Оно не доказывает физико-химического превосходства над другими вариантами без прямого инструментального сравнения.

Расчетная проверка соотношения 4:4:1

При фиксированной массе эмульсии 18 кг изменение числа частей неизбежно меняет расход каждого ингредиента. Расчетные варианты приведены в таблице 3; они использованы для проверки согласованности рецептуры, а не как результаты испытания стабильности эмульсии.

Таблица 3.

Расчетный состав 18 кг эмульсии при разных соотношениях компонентов

Жир:вода:изолят	Жир, кг	Вода, кг	Изолят, кг	Соответствие исходной рецептуре
3:4:1	6,75	9,00	2,25	Нет
4:4:1	8,00	8,00	2,00	Да
4:3:1	9,00	6,75	2,25	Нет
5:4:1	9,00	7,20	1,80	Нет

Только вариант 4:4:1 точно воспроизводит предусмотренные исходной рецептурой 8,0 кг жира, 8,0 кг воды и 2,0 кг изолята. Остальные варианты при той же массе эмульсии требуют изменения расхода минимум одного ингредиента и последующей корректировки общего баланса. Следовательно, расчет подтверждает согласованность выбранной схемы с рецептурой, но не является доказательством ее универсальной оптимальности.

Технологическая проверка и показатели качества

Ранее не включенные в рукопись результаты производственной проверки базового образца сведены в таблице 4. Они позволяют дополнить расчетный баланс фактическими наблюдениями, не приписывая работе не выполненные инструментальные испытания.

Таблица 4.

Результаты технологической проверки базовой рецептуры

Показатель	Метод и условия	Наблюдаемый результат
Операционная однородность эмульсии	Визуальный контроль после 4 мин куттерования и при смешивании	Видимое отделение свободной воды или жира не обнаружено
Влагоудерживающая способность	Прессование по Грау–Хамму непосредственно после изготовления	Доля отделившейся свободной влаги не превышала 2 %
Изменение свободной влаги при хранении	Повторная оценка по Грау–Хамму к концу наблюдения	Количество свободной влаги увеличилось на 1–2 процентных пункта
Органолептическая оценка приготовленных изделий	ГОСТ 9959-2015; сразу после изготовления и после 30 суток при ≤ -18 °C	Категории «хорошо» и «отлично»; мясной вкус и аромат, плотная консистенция и сочность

Совокупность этих данных показывает, что выбранная схема обеспечивала технологически однородную смесь, ограниченное отделение свободной влаги и приемлемые органолептические свойства готовых изделий в проверенных условиях. Эти показатели характеризуют работоспособность конкретной рецептуры, но не позволяют количественно сравнить ее с продуктом без соевых белков.

Ограничения исследования

В исходном плане отсутствовал продукт без соевых компонентов, поэтому работа не доказывает преимуществ соевого изолята и текстурата по сравнению с традиционной мясной рецептурой. Не определялись потери при дефростации и тепловой обработке, центрифужная стабильность эмульсии, реологические показатели и ТРА. Для прямого подтверждения влияния состава необходим отдельный эксперимент как минимум с контрольной рецептурой без соевых белков и вариантами 3:4:1, 4:4:1 и 5:4:1, выполненными в трех или более независимых партиях, с определением стабильности эмульсии, влагоудерживающей способности, потерь при размораживании и приготовлении, параметров ТРА и последующим дисперсионным анализом.

Заключение

Для партии массой 100 кг закрытый материальный баланс включает 18,0 кг белково-жировой эмульсии и 21,0 кг гидратированного текстурата; 23,5 кг добавленной воды распределены между эмульсией, текстуратом и технологическим резервом без повторного учета. Выход составляет 98,1 кг при аддитивном и 98,114 кг при последовательном расчете потерь. Соотношение 4:4:1 точно соответствует предусмотренным рецептурой массам жира, воды и изолята в 18 кг эмульсии. Производственная проверка показала отсутствие видимого расслоения, не более 2 % свободной влаги непосредственно после изготовления и приемлемую органолептическую оценку приготовленных изделий. Полученные результаты подтверждают применимость схемы для данной рецептуры и оборудования, но не устанавливают ее преимущества перед продуктом без соевых белков и не заменяют инструментальное исследование стабильности и текстуры.

Список литературы

1. Абдуллаева Б.Т., Солиев М.И. Scientific and statistical analysis of the production of semi-finished meat products in Uzbekistan // Научно-технический журнал Наманганского инженерно-технологического института. – 2021. – № 3 (47).
2. Атаходжаева И.Д., Акрамова Р.Р. Формирование рецептур белково-жировой эмульсионной системы функционального назначения на основе крольчатины для разработки нутрицевтических пищевых продуктов // Universum: технические науки. – 2025. – № 11 (140). – DOI: 10.32743/UniTech.2025.140.11.21254.
3. ГОСТ 9959–2015. Мясо и мясные продукты. Общие условия проведения органолептической оценки. – М.: Стандартинформ, 2016.

4. Джураева Н.Р., Жураева К.М. Применение льняного жмыха в технологии колбасных изделий для фортификации и замены соевого изолята // *Universum: технические науки*. – 2026. – № 5 (146). – DOI: 10.32743/UniTech.2026.146.5.22736.
5. Кузибеков С.К. и др. Исследование технологии получения соевого изолята из местных соевых бобов // *Universum: технические науки*. – 2025. – № 5 (134). URL: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/20172>.
6. Bi C. et al. Acid-Mediated Formation of Soybean Isolate Protein Emulsion Gels with Soybean Oil as an Active Component // *Foods*. – 2023. – DOI: 10.3390/foods12091754.
7. Cai R. et al. Nano Filling Effect of Nonmeat Protein Emulsion on the Rheological Property of Myofibrillar Protein Gel // *Foods*. – 2022. – DOI: 10.3390/foods11050629.
8. Cui B. et al. Properties of soybean protein isolate/curdlan based emulsion gel for fat analogue: Comparison with pork backfat // *International Journal of Biological Macromolecules*. – 2022. – DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2022.02.157.
9. Zhang F. et al. Soy Protein-Based Emulsions: Application as Lipid Substitutes in Surimi Gels // *Foods*. – 2025. – DOI: 10.3390/foods14132342.
10. Zou Q. et al. Preparation of Cassia Bean Gum/Soy Protein Isolate Composite Matrix Emulsion Gel and Its Effect on the Stability of Meat Sausage // *Gels*. – 2024. – DOI: 10.3390/gels10100643.
11. Zou S. et al. Improving the Storage Stability of Soy Protein Isolate through Annealing // *Foods*. – 2024. – DOI: 10.3390/foods13040615.

References

1. Abdullaeva B.T., Soliev M.I. Scientific and statistical analysis of the production of semi-finished meat products in Uzbekistan // *Scientific and Technical Journal of Namangan Institute of Engineering and Technology*. – 2021.
2. Atakhodjaeva I.D., Akramova R.R. [Formation of recipes for a protein-fat emulsion system for functional purpose based on rabbit meat for the development of nutraceutical food products] // *Universum: tekhnicheskie nauki*. – 2025. – DOI: 10.32743/UniTech.2025.140.11.21254. (In Russ.)
3. GOST 9959–2015. Meat and meat products. General conditions for sensory evaluation. Moscow: Standartinform; 2016. – Moscow: Standartinform, 2016. (In Russ.)
4. Djurayeva N.R., Juraeva K.M. [Application of flaxseed press cake in sausage technology for fortification and replacement of soy protein isolate] // *Universum: tekhnicheskie nauki*. – 2026. – DOI: 10.32743/UniTech.2026.146.5.22736. (In Russ.)
5. Kuzibekov S.K. et al. [Research on the technology of obtaining soy isolate from local soybeans] // *Universum: tekhnicheskie nauki*. – 2025. – URL: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/20172> (дата обращения: 19.09.2026). (In Russ.)
6. Bi C. et al. Acid-Mediated Formation of Soybean Isolate Protein Emulsion Gels with Soybean Oil as an Active Component // *Foods*. – 2023. – DOI: 10.3390/foods12091754.

7. Cai R. et al. Nano Filling Effect of Nonmeat Protein Emulsion on the Rheological Property of Myofibrillar Protein Gel // Foods. – 2022. – DOI: 10.3390/foods11050629.
8. Cui B. et al. Properties of soybean protein isolate/curdlan based emulsion gel for fat analogue: Comparison with pork backfat // International Journal of Biological Macromolecules. – 2022. – DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2022.02.157.
9. Zhang F. et al. Soy Protein-Based Emulsions: Application as Lipid Substitutes in Surimi Gels // Foods. – 2025. – DOI: 10.3390/foods14132342.
10. Zou Q. et al. Preparation of Cassia Bean Gum/Soy Protein Isolate Composite Matrix Emulsion Gel and Its Effect on the Stability of Meat Sausage // Gels. – 2024. – DOI: 10.3390/gels10100643.
11. Zou S. et al. Improving the Storage Stability of Soy Protein Isolate through Annealing // Foods. – 2024. – DOI: 10.3390/foods13040615.