

Научная статья/Research Article

УДК 663.18

DOI: 10.36718/1819-4036-2025-5-290-303

Денис Сергеевич Куликов^{1✉}, Рузалия Владимировна Уланова²,
Алексей Александрович Королев³, Алексей Владимирович Синельников⁴,
Зоя Ивановна Калугина⁵

^{1,2,5}Всероссийский НИИ технологии консервирования – филиал ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова РАН, Видное, Московская область, Россия

^{2,4}ФИЦ Фундаментальные основы биотехнологии РАН, Москва, Россия

¹d.kulikov@fncps.ru

²colodovnicova@rambler.ru

³a.korolev@fncps.ru

⁴sinelnikov11@ya.ru

⁵z.kalugina@fncps.ru

ОЦЕНКА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ И БИОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЛАКТОФЕРМЕНТИРОВАННОГО ЖМЫХА АРАХИСА

Цель исследования – изучение безлактозных растительных ферментированных продуктов, полученных с использованием вторичного продукта производства арахисового масла – жмыха. В ходе исследования среди четырех штаммов лактобактерий (*Lactocaseibacillus casei* KMS-1, *L. casei* KMS-2, *L. casei* KMS-3 и *L. rhamnosus* KMS-5) последний демонстрировал лучшее сбраживание экстракта арахисового жмыха с активным снижением pH и образованием плотной консистенции за 4 ч ферментации. Полученный лактоферментированный продукт обладал высоким содержанием биологически ценного белка (6,06 г/100 г) и липидов (4,71 г/100 г) и энергетической ценностью – 76 ккал/318 кДж на 100 г. Продукт имел белый цвет, равномерную консистенцию с вязкостью 2200 мПа·с и степенью синерезиса 45 %, а также выраженный кисломолочный и слабый арахисовый вкус и аромат. Количество жизнеспособных клеток молочнокислых бактерий в продукте – $1 \cdot 10^9$ КОЕ/см³, плесени и дрожжи не обнаружены. Содержание незаменимых аминокислот в продукте 2,01 мг/100 г, аминокислотный скор – 88–219 %, биологическая ценность белка – 73,58 %. Массовая доля ненасыщенных жирных кислот в липидах продукта – 74,38 %, незаменимой (омега-6) линолевой кислоты – 37,36 %. Увеличение биодоступности белков лактоферментированного продукта в сравнении с белками арахисового жмыха подтверждается снижением труднорастворимых и нерастворимых фракций белков в 2,5–2,6 раза, а также увеличением их перевариваемости на 9,90 %. Лактоферментированный продукт не содержал в своем составе лактозу, что позволяет отнести его к «растительному йогурту» функционального назначения и рекомендовать для питания людям, страдающим непереносимостью лактозы. Высушенный лактоферментированный продукт обладал высокими функционально-технологическими свойствами, особенно жиросвязывающей способностью и стабильностью пены, сравнимыми с коммерческими белковыми концентратами из гороха, поэтому его целесообразно рекомендовать для использования в качестве белковой добавки в технологиях изготовления растительного «мяса» и пищевых изделий с пенной системой.

Ключевые слова: молочнокислые бактерии, арахис, жмых, ферментация, аминокислотный состав, жирнокислотный состав, перевариваемость, биологическая ценность

Для цитирования: Куликов Д.С., Уланова Р.В., Королев А.А., и др. Оценка физико-химических свойств и биохимических показателей лактоферментированного жмыха арахиса // Вестник КрасГАУ. 2025. № 5. С. 290–303. DOI: 10.36718/1819-4036-2025-5-290-303.

Благодарности: работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ в рамках Госзаданий 122040800164-6 ФИЦ Биотехнологии РАН и № FGUS-2024-0006 ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова РАН.

Denis Sergeevich Kulikov^{1✉}, Ruzalia Vladimirovna Ulanova², Alexey Alexandrovich Korolev³, Alexey Vladimirovich Sinelnikov⁴, Zoya Ivanovna Kalugina⁵

^{1,2,5}All-Russian Research Institute of Canning Technology – branch of the V. M. Gorbato Federal Scientific Center of Food Systems of the Russian Academy of Sciences, Vidnoye, Moscow Region, Russia

^{2,4}Federal Research Center Fundamentals of Biotechnology, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

¹d.kulikov@fncps.ru

²colodovnicova@rambler.ru

³a.korolev@fncps.ru

⁴sinelnikov11@ya.ru

⁵z.kalugina@fncps.ru

EVALUATION OF PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES AND BIOCHEMICAL INDICATORS OF LACTOFERMENTED PEANUT OILCAKE

The aim of the study is to investigate lactose-free plant fermented products obtained using a secondary product of peanut oil production – oilcake. During the study, among four lactobacilli strains (Lactocaseibacillus casei KMS-1, L. casei KMS-2, L. casei KMS-3 and L. rhamnosus KMS-5), the latter demonstrated the best fermentation of peanut cake extract with an active decrease in pH and the formation of a dense consistency in 4 hours of fermentation. The obtained lacto-fermented product had a high content of biologically valuable protein (6.06 g/100 g) and lipids (4.71 g/100 g) and an energy value of 76 kcal/318 kJ per 100 g. The product was white, had a uniform consistency with a viscosity of 2200 mPa·s and a syneresis degree of 45 %, as well as a pronounced sour-milk and weak peanut taste and aroma. The number of viable cells of lactic acid bacteria in the product was $1 \cdot 10^9$ CFU/cm³, mold and yeast were not detected. The content of essential amino acids in the product was 2.01 mg/100 g, amino acid score was 88–219 %, the biological value of protein was 73.58 %. The mass fraction of unsaturated fatty acids in the lipids of the product is 74.38 %, essential (omega-6) linoleic acid is 37.36 %. The increase in the bioavailability of proteins of the lacto-fermented product in comparison with the proteins of peanut cake is confirmed by a decrease in poorly soluble and insoluble fractions of proteins by 2.5–2.6 times, as well as an increase in their digestibility by 9.90 %. The lacto-fermented product did not contain lactose, which allows us to classify it as a “plant yogurt” of a functional direction and recommend it for people suffering from lactose intolerance. The dried lactofermented product had high functional and technological properties, especially fat-binding capacity and foam stability, comparable to commercial protein concentrates from peas, so it is advisable to recommend it for use as a protein additive in the technologies for the production of plant “meat” and food products with a foam system.

Keywords: lactic acid bacteria, peanuts, oilcake, fermentation, amino acid composition, fatty acid composition, digestibility, biological value

For citation: Kulikov DS, Ulanova RV, Korolev AA, et al. Evaluation of physicochemical properties and biochemical indicators of lactofermented peanut oilcake. *Bulletin of KSAU*. 2025;(5):290-303. (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2025-5-290-303.

Acknowledgments: the work was carried out with the financial support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the framework of State assignments 122040800164-6 FRC Biotechnology RAS and No. FGUS-2024-0006 V.M. Gorbato Federal Scientific Center of Food Systems RAS.

Введение. В условиях постоянного роста населения и изменяющихся потребительских предпочтений традиционные методы производства молочных продуктов не всегда способны удовлетворить потребности рынка. Перспективным направлением, способным решить данную проблему, является разработка технологий получения растительных аналогов молочных продуктов.

Среди растительного сырья большим потенциалом обладает арахис (*Arachis hypogaea*), выполняющий важную роль в продовольственной безопасности многих стран. Основными производителями арахиса являются Китай (18,3 млн т/год), Индия (10,1 млн т/год) и Нигерия (4,3 млн т/год) [1]. Высокий интерес к данной культуре присутствует у населения Российской Федерации, однако в настоящее время в стране

практически отсутствует его промышленное производство. Ежегодно более 150 тыс. т арахиса завозится к нам из-за рубежа [2]. Тем не менее российскими селекционерами создаются и исследуются районированные сорта арахиса (Отрадокубанский, Десертный и др.) для его потенциального промышленного производства [3, 4]. Следует отметить, что арахис улучшает качество почвы за счет обогащения ее азотом, что позволяет снизить использование химических удобрений.

Достоинствами арахиса являются высокое содержание белка (22–30 %), масла (44–56 %), в котором около 80 % составляют ненасыщенные жирные кислоты, наличие витаминов и микроэлементов, а также отсутствие лактозы [4, 5]. В составе арахиса присутствуют соединения с высокой биологической активностью: токоферолы, полифенолы, флавоноиды, паракумариновая кислота, стеролы, стерины, в связи с чем из данной культуры целесообразно получать продукты функциональной направленности [6–10]. Потребление арахиса снижает риск возникновения и развития рака, сердечно-сосудистых, диабетических и инфекционных заболеваний [11, 12].

Тем не менее, для 15 % населения мира арахис является сильным аллергеном. Снизить или устранить аллергенность позволяет термическая или ферментативная обработка сырья [13–15]. Из зерен арахиса получают аналоги молочных продуктов, основой которых служит арахисовое «молоко» или изолят арахисового белка [16, 17]. Арахисовое «молоко» получают путем предварительного проращивания или замачивания зерна в щелочном растворе, бланшированием, обжаркой, экстракцией с последующей нейтрализацией и фильтрацией [18].

Благодаря своему составу арахисовое «молоко» является полноценной питательной основой для культивирования молочнокислых бактерий. Исследования показывают, что лактобактерии на арахисовом «молоке» растут быстрее в сравнении с натуральным коровьим молоком [19]. Для ферментации растительного «молока», в том числе арахисового, применяют закваски из лактобактерий *Lactobacillus helveticus*, *L. rhamnosus*, *Streptococcus thermophiles*, *L. bulgaricus*, *L. delbrueckii*, уксуснокислых бактерий и молочных дрожжей [19–21]. В процессе ферментации под воздействием микроорганизмов изменяется химический состав и структура рас-

тительного сырья, ингибируются антипитательные вещества и аллергены, увеличивается пищевая ценность, а также антиоксидантные и иммуномодулирующие свойства получаемого продукта [22–26]. Арахисовое «молоко» и йогурты на его основе отличаются высоким содержанием белка, незаменимых аминокислот, ненасыщенных жирных кислот и минеральных веществ. У йогуртов, полученных на основе бобов арахиса, возрастает водоудерживающая способность и снижается синерезис [27].

После отжима масла из бобов арахиса образуется жмых – побочный продукт, содержание белка в котором достигает до 50 %, что значительно превышает его количество в ядрах. Также в составе жмыха находятся некоторые биологически активные вещества, в том числе ресвератрол, обладающий противораковыми и антимикробными свойствами [28].

Ранее из-за грубой текстуры и бобового вкуса жмых использовался в основном в качестве кормовой добавки. В настоящее время из жмыха получают муку, которая применяется для производства пищевых продуктов, например халвы. Благоприятный химический состав и более низкая стоимость арахисового жмыха в сравнении с цельными зернами демонстрируют перспективность его использования для создания функциональных аналогов молочных продуктов. Биотехнологический потенциал жмыха арахиса на данный момент недооценен, количество исследований в этом направлении незначительно.

Цель исследования – изучение безлактозных растительных ферментированных продуктов, полученных с использованием вторичного продукта производства арахисового масла – жмыха.

Задачи: определить штамм лактобактерий, способный наиболее эффективно сбраживать экстракт жмыха арахиса за меньшую продолжительность ферментации; исследовать физико-химические свойства, химический состав и органолептические показатели полученного лактоферментированного продукта на основе жмыха арахиса; исходя из полученных данных, по характеристике, свойствам и составу лактоферментированного продукта определить направления его применения в пищевой промышленности.

Объекты и методы. Объектом исследования являлся жмых ядер арахиса, полученный в

лабораторных условиях на шнековом масло-прессе L'equip Oil Presso LOP-G3 (КНР) из образцов ядер арахиса (ООО «Ашан») урожая 2023 г.

В работе использовали штаммы лактобактерий *Lactocaseibacillus casei* KMS-1, *L. casei* KMS-2, *L. casei* KMS-3 и *L. rhamnosus* KMS-5 из коллекции Института микробиологии им. С.Н. Виноградского РАН, выделенные из кумыса на территории Республики Башкортостан (Россия). Штаммы депонированы в ЦКП «Коллекция уникальных и экстремофильных микроорганизмов различных физиологических групп биотехнологического назначения (UNIQEM)» ФИЦ биотехнологии РАН под регистрационными номерами соответственно UQM 41618, UQM 41619, UQM 41620 и UQM 41622.

Растительной основой для получения лактоферментированного продукта (ЛФП) служил щелочной экстракт жмыха арахиса, полученный по методу, описанному в работе [29]. После термической обработки ($(115 \pm 1)^\circ\text{C}$ в течение 30 мин) и охлаждения до $(37 \pm 1)^\circ\text{C}$ экстракт инокулировали штаммами лактобактерий, выращенными на стерильном коровьем молоке (ОАО «Северное молоко») при $(37 \pm 1)^\circ\text{C}$ в течение 24 ч. Ферментацию проводили в статических условиях при температуре $(37 \pm 1)^\circ\text{C}$ при различной продолжительности. Количество жизнеспособных клеток лактобактерий в ЛФП устанавливали проведением серийных разведений в стерильном растворе хлористого натрия ($0,9 \text{ г/дм}^3$), с последующим высевом на чашки с агаром MRS, затем подсчитывали выросшие колонии и рассчитывали значение жизнеспособности (КОЕ/см^3).

Определение степени синерезиса арахисового ЛФП проводили после хранения в течение 24 ч при $(4 \pm 1)^\circ\text{C}$ согласно методике [30]. Степень синерезиса устанавливали путем измерения количества сыворотки, выделившейся за 2 ч свободного фильтрования 100 см^3 продукта. Вязкость консистенции ЛФП определяли на вискозиметре Brookfield DV-II + Pro (США) со шпинделем 06 при вращении 100 об/мин и температуре $(20 \pm 1)^\circ\text{C}$. Измерения активной кислотности образцов проводили с помощью рН-метра 150 МИ (ООО «Измерительная техника»). Органолептическую оценку образцов ЛФП проводили по ГОСТ Р 70650-2023.

Для дальнейших исследований образцы ЛФП высушивали на лиофильной установке FreeZone Labconco (США) в вакууме при -80°C .

Массовую долю влаги в образцах определяли по ГОСТ Р 54705-2011; белка (Nx6,25) – по ГОСТ 10846-91; зольности – по ГОСТ 13979.6-69; жира – по ГОСТ 13496.15-2016; углеводов – по разнице между 100 % и суммой остальных компонентов.

Аминокислотный состав определяли по ГОСТ 32195-2013 с использованием жидкостного хроматографа фирмы «Hitachi» (Япония) в стандартном режиме анализа белковых гидролизатов с сульфированным сополимером стирола с дивинилбензолом и ступенчатым градиентом натрий-цитратного буферного раствора с возрастающим значением рН и молярности. В процессе пробоподготовки при кислотном гидролизе образцов триптофан разрушался и не учитывался в расчете. Аминокислотный скор образцов рассчитывали с учетом шкалы «эталонного белка» ФАО/ВОЗ 2011 г. [31].

Функционально-технологические свойства и фракционный состав белков арахисового жмыха и ЛФП исследовали по методикам, указанным в работах [32–34]. Перевариваемость белков *in vitro* определяли по методу А.А. Покровского и И.Д. Ертанова [35], используя модель пищеварения в желудочно-кишечном тракте человека с пепсином (АО «ЛенРеактив») в кислой среде ($\text{pH } 1,8 \pm 0,1$) и трипсином (ООО «Самсон-Мед») – в щелочной ($\text{pH } 8,2 \pm 0,1$), общая продолжительность процесса 360 мин.

Липиды из лиофилизированных образцов экстрагировали смесью хлороформ : солянокислый метанол (SupelcoMethanolic-HCl 0,5 N) (2 : 1), по методу Фолча. Жирнокислотный состав липидов исследовали на хроматографе с масс-детектором «Simadzu GCMS-QP 2010 Ultra» (Япония) при 120°C , с гелевым носителем при скорости потока 35,6 см/с.

Исследования аминокислотного состава и профиля жирных кислот осуществляли на базе ЦКП «Промышленные биотехнологии» ФИЦ биотехнологии РАН и НИИ физико-химической биологии им. А.Н. Белозерского МГУ.

Все эксперименты проводили в трехкратной повторности, данные обрабатывали с помощью программы Microsoft Excel-2007 и дополнительных надстроек. При расчетах определяли среднее арифметическое и стандартное отклонение для $p < 0,05$.

Результаты и их обсуждение. Основой для получения экспериментальных продуктов служил стерильный экстракт, полученный щелочной экстракцией жмыха арахиса, который, в свою очередь, имел следующий химический состав: влага – ($4,69 \pm 0,12$) %, белок – ($41,73 \pm 0,07$) % на сухие вещества (СВ), зола – ($2,84 \pm 0,04$) % на СВ, липиды – ($39,41 \pm 0,09$) % на СВ, углеводы – ($16,02 \pm 0,20$) % на СВ. Отбор лактобактерий, способных активно сбраживать новый субстрат, проводили среди штаммов рода

Lacticaseibacillus. Все изученные штаммы лактобактерий сквашивали экстрактом с образованием сгустка различной консистенции, pH суспензии снижался с 8,5 до 5,0–6,3 за 4–7 ч ферментации. Скорость формирования плотного сгустка и снижения pH была наиболее высокой у штамма *L. rhamnosus* KMS-5 – показатель pH 5,0 достигался за 4 часа ферментации (рис. 1). Дальнейшие исследования проводились с закваской, в состав которой входил штамм *L. rhamnosus* KMS-5.

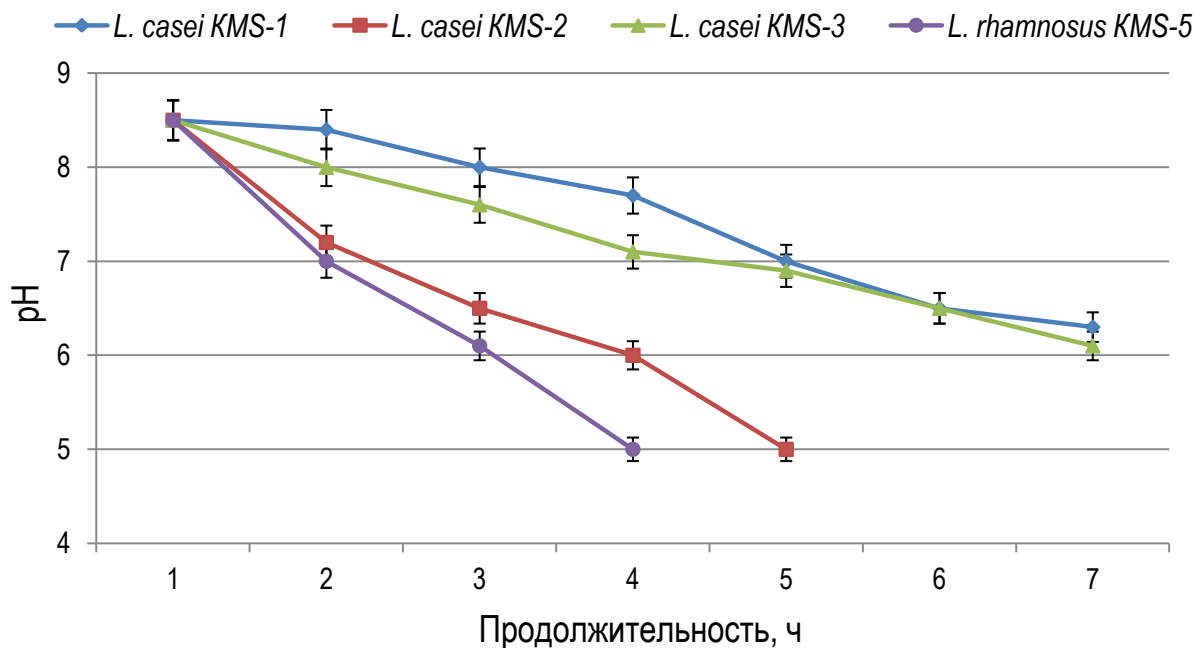


Рис. 1. Изменение pH арахисовых ЛФП в зависимости от продолжительности ферментации с использованием различных штаммов лактобактерий
Change in pH of peanut LFP depending on the duration of fermentation using different strains of lactobacilli

В полученном экспериментальном образце ЛФП были изучены органолептические показатели и физико-химические свойства. Так, консистенция ЛФП была плотная, однородная с вязкостью 2200 мПа·с без посторонних включений. Количество сыворотки, выделенной из 100 см³ сгустка ЛФП за 2 ч. свободного фильтрования, составило 45 см³ (степень синерезиса – 45 %), что несколько ниже или сравнимо со степенью синерезиса кисломолочных напитков на основе коровьего молока (43–52 %) [36]. В процессе ферментации суспензии изменился ее цвет со светло-кремового до белого, при этом ЛФП отличался выраженным кисломолочным и слабым арахисовым запахом и вкусом (рис. 2).

Анализ химического состава полученного ЛФП выявил содержание (г/100 г продукта): сухих веществ – ($13,75 \pm 0,03$), белка – ($6,06 \pm 0,04$), зольных элементов – ($0,65 \pm 0,01$) г, липидов – ($4,71 \pm 0,03$), углеводов – ($2,33 \pm 0,11$). Энергетическая ценность ЛФП на 100 г продукта составила 318 кДж, или 76 ккал. Количество жизнеспособных клеток молочнокислых бактерий – $1 \cdot 10^9$ КОЕ/см³, плесени и дрожжи не обнаружены. Таким образом, по консистенции, вязкости, степени синерезиса, количеству лактобактерий, химическому составу, энергетической ценности, а также отсутствию лактозы арахисовый ЛФП можно отнести к функциональным продуктам типа «растительный йогурт».



Рис. 2. Внешний вид арахисового жмыха (а) и ЛФП (b)
Appearance of peanut oilcake (a) and LFP (b)

В ЛФП содержалось 17 аминокислот (без учета триптофана), среди которых преобладали глутаминовая и аспарагиновая кислоты, аргинин, лейцин, глицин и пролин (рис. 3). Сумма незаменимых аминокислот в 100 г продукта – 2,01 г.

Сумма незаменимых аминокислот в 100 г продукта – 2,01 г.

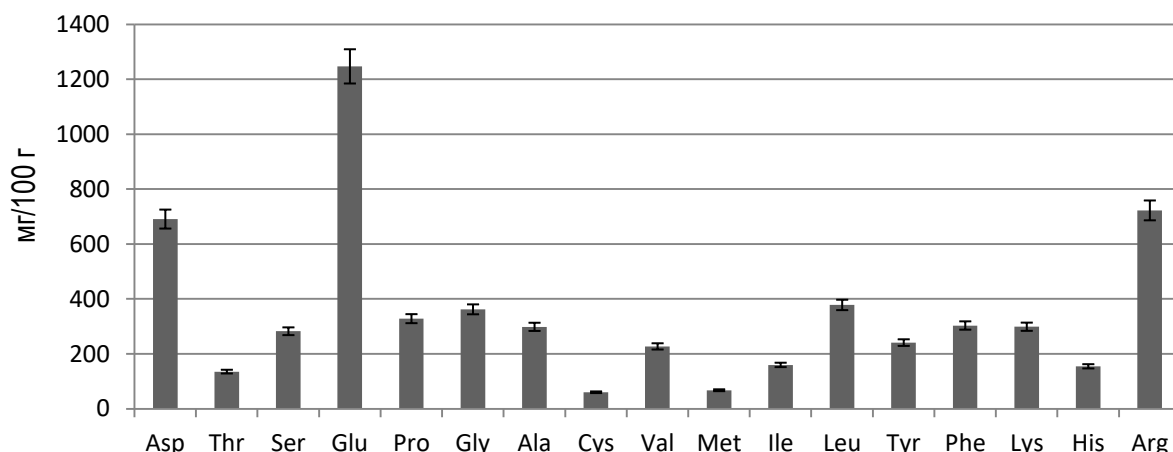


Рис. 3. Аминокислотный состав арахисового ЛФП
Amino acid composition of peanut LFP

Значения аминокислотного сора ЛФП выше 100 % наблюдались у гистидина, лейцина, лизина и суммы фенилаланина с тирозином (табл. 1). Скор лимитирующей незаменимой аминокислоты (изолейцин) составляет 88 %, что

является высоким показателем качества белка и сравним со скором лимитирующей аминокислоты (86 % у валина) нутевого белкового концентрата с содержанием белка более 80 % [37].

Таблица 1

Содержание незаменимых аминокислот и аминокислотного сора арахисового ЛФП
Content of essential amino acids and amino acid score of peanut LFP

Вещество	Содержание
1	2
Незаменимые аминокислоты, мг/г белка ЛФП:	
Val	37,47
His	25,50
Ile	26,35
Leu	62,40
Lys	49,29

Окончание табл. 1

1	2
Met + Cys	21,04
Trh	22,31
Phe + Tyr	89,77
Незаменимые аминокислоты, мг/г «эталонного белка» (ФАО/ВОЗ, 2011 г):	
Val	40
His	16
Ile	30
Leu	61
Lys	48
Met + Cys	23
Trh	25
Phe + Tyr	41
Аминокислотный скор ЛФП, % от значений «эталонного белка»:	
Val	94
His	159
Ile	88
Leu	102
Lys	103
Met + Cys	92
Trh	89
Phe + Tyr	219

Анализ фракционного состава белков арахисового ЛФП в сравнении с исходным жмыхом выявил увеличение соле-, спирто- и кислоторастворимой фракций в 4,3; 4,1 и 2,0 раза соответственно (рис. 4). При этом установлено снижение водорастворимой фракции в 6,8 раза. Од-

нако содержание труднорастворимой (растворимой в растворе щелочи при pH $12,5 \pm 0,1$) и нерастворимой фракций также снизилось в 2,5–2,6 раза, что говорит об увеличении биодоступности белков ЛФП в сравнении с белками исходного жмыха.

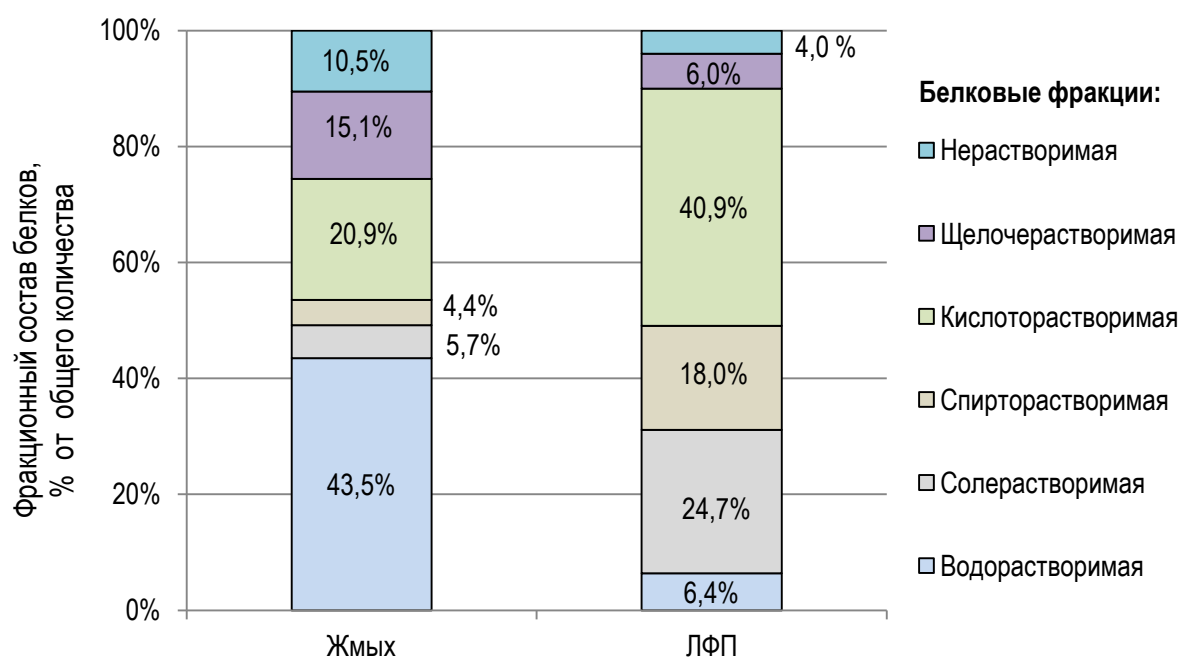


Рис. 4. Фракционный состав белков арахисового жмыха и ЛФП
Fractional composition of proteins in peanut cake and LFP

Увеличение биодоступности белков ЛФП подтверждается исследованием их перевариваемости в модели *in vitro* (табл. 2). В сравнении с исходным жмыхом белки арахисового ЛФП переваривались интенсивнее на 9,90 % после 6 часов гидролиза. При этом в кислой среде с пепсином усваивались быстрее на 14,33 % белки ЛФП, а в щелочной с трипсином на 15,62 % –

белки исходного жмыха. С поправкой на увеличенную усвояемость (83,61 %) биологическая ценность белка (PDCAAS) ЛФП по лимитирующей незаменимой аминокислоте (изолейцин) составляет 73,58 %, в то время как, по литературным данным, биологическая ценность белков арахиса равна 52 % [38].

Таблица 2

Перевариваемость белков арахисового жмыха и ЛФП, %
Digestibility of peanut oilcake and LFP proteins, %

Образец	Среда		
	С пепсином (pH 1,8±0,1) 3 ч	С трипсином (pH 8,2±0,1) 3 ч	Итого 6 ч
Жмых	64,81±0,12	11,27±0,20	76,08±0,32
ЛФП	74,10±0,17	9,51±0,14	83,61±0,31

Жирнокислотный состав ЛФП представлен 10 компонентами, основную часть из которых составили омега-6 (линолевая) и омега-9 (олеиновая) ненасыщенные жирные кислоты (табл. 3). Линолевая кислота относится к незаменимым и поступает в организм исключительно с пищей. В целом среди липидов ЛФП на долю ненасыщенных жирных кислот приходится

74,38 %. Среди насыщенных жирных кислот преобладала пальмитиновая кислота, являющаяся основной жирной кислотой грудного молока и входящая в состав большинства детских смесей [39, 40]. Таким образом, арахисовый ЛФП представлял собой продукт типа йогурта с высоким содержанием биологически ценного белка и ненасыщенных жирных кислот.

Таблица 3

Жирнокислотный состав арахисового ЛФП, % от суммы всех кислот
Fatty acid composition of peanut LFP, % of the total of all acids

Кислота	Состав
Насыщенные жирные кислоты:	
Миристиновая C _{14:0}	0,24
Пальмитиновая C _{16:0}	15,72
Стеариновая C _{18:0}	3,92
Арахидовая C _{20:0}	1,37
Бегеновая C _{22:0}	3,37
Лигноцериновая C _{24:0}	1,00
Ненасыщенные жирные кислоты:	
Линолевая C _{18:2(9,12)}	37,36
Олеиновая C _{18:1(9)}	33,75
Петрозелиновая C _{18:1(6)}	1,50
Гондоевая C _{20:1(11)}	1,77

За счет высокого содержания ценного белка ((42,83 ± 0,10) % на СВ) другим направлением применения полученного ЛФП после его сушки является использование в качестве белковой добавки, улучшающей структуру и функциональные свойства пищевых продуктов. С этой целью были определены функционально-

технологические свойства ЛФП и проведено сравнение с аналогичными свойствами исходного арахисового жмыха, у которого содержание белка также было высоким ((41,73 ± 0,07) % на СВ). Как видно из таблицы 4, высушенный ЛФП обладал большей по сравнению со жмыхом водосвязывающей способностью (ВСС) в

2,2 раза, пенообразующей способностью (ПОС) в 1,8 раза, стабильностью пены (СП) в 2,1 раза, жиросвязывающей способностью (ЖСС) в 3,7 раза и стабильностью эмульсии (СЭ) на 13,46 %. Снижение зафиксировано только у жиросвязывающей способности (ЖЭС) ЛФП на 20,34 %. Установленные свойства ЛФП схожи со

свойствами коммерческого горохового белкового концентрата [41], а значения СП и ЖСС выше в 3,9–4,3 раза, что позволяет рекомендовать высушенный ЛФП в качестве белковой добавки в технологии получения растительного «мяса» и пищевых изделий с пенной системой (зефир, пастила, муссы и др.).

Таблица 4

Функционально-технологические свойства арахисового жмыха и высушенного ЛФП
Functional and technological properties of peanut oilcake and dried LFP

Показатель	Жмых	ЛФП
ВСС, г/г	0,97±0,07	2,15±0,02
ПОС, %	9±1	16±1
СП, %	33±1	70±1
ЖСС, г/г	1,01±0,03	3,74±0,26
ЖЭС, %	59±1	47±1
СЭ, %	52±1	59±2

Закключение. Арахисовый жмых является благоприятным сырьем для молочнокислых бактерий при разработке функциональных лактоферментированных продуктов. Штамм лактобактерий *L. rhamnosus* KMS-5 демонстрировал лучшее сродство к субстрату, активно снижая pH среды и образуя плотный сгусток через 4 ч ферментации. Полученный ЛФП обладал высоким содержанием ценного белка (6,06 г/100 г) и липидов (4,71 г/100 г). Сумма незаменимых аминокислот в ЛФП – 2,01 г/100 г, аминокислотный скор – 88–219 %, биологическая ценность белка – 73,58 %. Увеличение биодоступности белка ЛФП в сравнении с белками жмыха подтверждается снижением труднорастворимых и нерастворимых фракций белков, а также увеличением его перевариваемости. Массовая доля ненасыщенных жирных кислот в липидах ЛФП –

74,38 %, на омега-6 (линолевую) кислоту пришлось 37,36 %. ЛФП имел плотную, однородную консистенцию с вязкостью 2200 мПа·с и степенью синерезиса 45 %, белый цвет, кисломолочный вкус со слабым привкусом арахиса, с необходимым количеством жизнеспособных клеток молочнокислых бактерий. Отсутствие лактозы позволяет отнести продукт к «растительному йогурту» функционального назначения и рекомендовать его для питания людям, страдающим непереносимостью лактозы. Высушенный ЛФП обладал высокими функционально-технологическими свойствами, особенно жиросвязывающей способностью и стабильностью пены, поэтому его целесообразно рекомендовать для использования в качестве белковой добавки в технологиях изготовления растительного «мяса» и пищевых изделий с пенной системой.

Список источников

1. Peanut Production by Country 2024 // FAOSTAT. Доступно по: <https://worldpopulationreview.com/country-rankings/peanut-production-by-country>. Ссылка активна на 14.01.2025.
2. Марьина Т.А. Орех на бутерброде. Как развивается рынок арахиса в России? // Санкт-Петербургские ведомости. 2022. № 164 (7247).
3. Бемова В.Д., Шеленга Т.В., Асфандиярова М.Ш., и др. Изучение биохимического состава образцов семян арахиса из коллекции ВИР // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2024. Т. 185, № 3. С. 94–104. DOI: 10.30901/2227-8834-2024-3-94-104. EDN: GCGJNR.
4. Кишлян Н.В., Бемова В.Д., Матвеева Т.В., и др. Биологические особенности и возделывание арахиса (обзор) // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2020. Т. 181, № 1. С. 119–127. DOI: 10.30901/2227-8834-2020-1-119-127. EDN: CIBUAO.

5. Wang M.L., Khera P., Pandey M.K., et al. Genetic mapping of QTLs controlling fatty acids provided insights into the genetic control of fatty acid synthesis pathway in peanut (*Arachis hypogaea* L.) // Plos one. 2015. Vol. 10, № 4. e0119454. DOI: 10.1371/journal.pone.0119454.
6. Борисова А.В., Макарова Н.В., Хамтова Э.Х. Сравнительная характеристика содержания фенольных веществ и антиоксидантной активности некоторых видов употребляемых в пищу орехов // Химия растительного сырья. 2022. № 2. С. 95–104. DOI: 10.14258/jcprm.2022029660. EDN: ZDAMKN.
7. De Camargo A.C., Regitano-d'Arce M.A.B., Rasera G.B., et al. Phenolic acids and flavonoids of peanut by-products: Antioxidant capacity and antimicrobial effects // Food chemistry. 2017. Vol. 237. P. 538–544. DOI: 10.1016/j.foodchem.2017.05.046.
8. Chuenchom P., Swatsitang P., Senawong T., et al. Antioxidant capacity and phenolic content evaluation on peanut skins from 3 peanut types // Chiang Mai Journal of Science. 2016. Vol. 43, № 1. P. 1177–1191.
9. Arya S.S., Salve A.R., Chauhan S. Peanuts as functional food: a review // Journal of food science and technology. 2016. Vol. 53. P. 31–41. DOI: 10.1007/s13197-015-2007-9. EDN: XTSMZP.
10. Syed F., Arif S., Ahmed I., et al. Groundnut (Peanut) (*Arachis hypogaea*). In: Oilseeds: health attributes and food applications. 2021. P. 93–122. DOI: 10.1007/978-981-15-4194-0_4.
11. Çiftçi S., Suna G. Functional components of peanuts (*Arachis Hypogaea* L.) and health benefits: A review // Future foods. 2022. Vol. 5. P. 100140. DOI: 10.1016/j.fufo.2022.100140. EDN: DXLFOK.
12. Aune D., Keum N., Giovannucci E., et al. Nut consumption and risk of cardiovascular disease, total cancer, all-cause and cause-specific mortality: a systematic review and dose-response meta-analysis of prospective studies // BMC medicine. 2016. Vol. 14. P. 1–14. DOI: 10.1186/s12916-016-0730-3. EDN: XZNMBP.
13. Tian Y., Rao H., Zhang K., et al. Effects of different thermal processing methods on the structure and allergenicity of peanut allergen Ara h 1 // Science & Nutrition. 2018. Vol. 6, № 6. P. 1706–1714. DOI: 10.1002/fsn3.742.
14. Mikiashvili N., Yu J. Changes in immunoreactivity of allergen-reduced peanuts due to post-enzyme treatment roasting // Food chemistry. 2018. Vol. 256. P. 188–194. DOI: 10.1016/j.foodchem.2018.02.119.
15. Meng S., Tan Y., Chang S., et al. Peanut allergen reduction and functional property improvement by means of enzymatic hydrolysis and transglutaminase crosslinking // Food chemistry. 2020. Vol. 302. P. 125186. DOI: 10.1016/j.foodchem.2019.125186. EDN: RAUVNL.
16. Abou-Dobara M.I., Ismail M.M., Refaat N.M. Chemical composition, sensory evaluation and starter activity in cow, soy, peanut and rice milk // Journal of Nutritional Health & Food Engineering. 2016. Vol. 5, № 3. P. 1–8. DOI: 10.15406/jnhfe.2016.05.00175.
17. Arshad M., Sharmeen Z., Nawaz A., et al. Physical And Sensory Evaluation of Peanut Yogurt: Physical and Sensory Evaluation of Peanut Yogurt // DIET FACTOR (Journal of Nutritional and Food Sciences). 2022. Vol. 3, is. 1. P. 24–28. DOI: 10.54393/df.v3i1.48. EDN: XEJSPD.
18. Sakthi T.S., Meenakshi V., Kanchana S., et al. Study on standardisation and quality evaluation of peanut milk by different processing methods // European Journal of Nutrition & Food Safety. 2020. Vol. 12, № 5. P. 60–72. DOI: 10.9734/ejnf/2020/v12i530228.
19. Bensmira M., Jiang B. Effect of some operating variables on the microstructure and physical properties of a novel Kefir formulation // Journal of Food Engineering. 2012. Vol. 108, № 4. P. 579–584. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2011.07.025.
20. Elsamani M.O., Ahmed I.A.M. Physicochemical characteristics and organoleptic properties of peanuts milk-based yoghurt fortified with skimmed milk powder // Journal of Research in Applied sciences. 2014. Vol. 1, № 4. P. 68–72.
21. Medvedova M.K.J.M.A., Valik E.Š.L. Cereals and pseudocereals as substrates for growth and metabolism of a probiotic strain *Lactobacillus rhamnosus* GG // Journal of Food and Nutrition Research. 2013. Vol. 52, № 1. P. 25–36. EDN: YDEMKV.

22. Rollán G.C., Gerez C.L., LeBlanc J.G. Lactic fermentation as a strategy to improve the nutritional and functional values of pseudocereals // *Frontiers in Nutrition*. 2019. Vol. 6. P. 98. DOI: 10.3389/fnut.2019.00098.
23. Ngamsamer C., Muangnoi C., Tongkhao K., et al. Potential Health Benefits of Fermented Vegetables with Additions of *Lactocaseibacillus rhamnosus* GG and Polyphenol Vitexin Based on Their Antioxidant Properties and Prohealth Profiles // *Foods*. 2024. Vol. 22, № 13 (7). P. 982. DOI: 10.3390/foods13070982. EDN: NRRBII.
24. Shabbir I., Al-Asmari F., Saima H., et al. The Biochemical, Microbiological, Antioxidant and Sensory Characterization of Fermented Skimmed Milk Drinks Supplemented with Probiotics *Lactocaseibacillus casei* and *Lactocaseibacillus rhamnosus* // *Microorganisms*. 2023. Vol. 9, № 11 (10). P. 2523. DOI: 10.3390/microorganisms11102523. EDN: CPIKMR.
25. Mathur H., Beresford T.P., Cotter P.D. Health benefits of lactic acid bacteria (LAB) fermentates // *Nutrients*. 2020. V. 12. № 6. P. 1679. DOI: 10.3390/nu12061679. EDN: UQNPVC.
26. Rajoka M.S.R., Mehwish H.M., Fang H., et al. Characterization and anti-tumor activity of exopolysaccharide produced by *Lactobacillus kefir* isolated from Chinese kefir grains // *Journal of Functional Foods*. 2019. Vol. 63. P. 103588. DOI: 10.1016/j.jff.2019.103588.
27. Gamli Ö.F., Atasoy A.F. Physico-chemical and sensorial properties of groundnut milk and its yoghurt // *Journal of Food Measurement and Characterization*. 2018. Vol. 12. P. 1997–2004. DOI: 10.1007/s11694-018-9814-4.
28. Sorita G.D., Leimann F.V., Ferreira S.R.S. Biorefinery approach: is it an upgrade opportunity for peanut by-products? // *Trends in Food Science & Technology*. 2020. Vol. 105. P. 56–69. DOI: 10.1016/j.tifs.2020.08.011. EDN: QNZURK.
29. Синельников А.В., Уланова Р.В., Канапачкий Т.А. Разработка технологии получения лактоферментированных продуктов на основе растительного материала // *Пищевая промышленность*. 2024. № 8. С. 75–80. DOI: 10.52653/PPI.2024.8.8.014. EDN: AHYOZQ.
30. Sodini I., Lucas A., Oliveira M.N.D., et al. Effect of milk base and starter culture on acidification, texture, and probiotic cell counts in fermented milk processing // *Journal of Dairy Science*. 2002. Vol. 85, № 10. P. 2479–2488. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(02)74330-0.
31. FAO Dietary protein quality evaluation in human nutrition: Report of an FAO Expert Consultation 31 March–2 April, 2011, Auckland, New Zealand // Food and agriculture organization of the united nations. Rome. 2013.
32. Колпакова В.В., Нечаев А.П. Растворимость и водосвязывающая способность белковой муки из пшеничных отрубей // *Известия высших учебных заведений. Пищевая технология*. 1995. № 1-2. С. 31–33. EDN: QBVZJH.
33. Колпакова В.В., Волкова А.Е., Нечаев А.П. Эмульгирующие и пенообразующие свойства белковой муки из пшеничных отрубей // *Известия высших учебных заведений. Пищевая технология*. 1995. № 1-2. С. 34–37. EDN: QBVZJR.
34. Orth R.A., Bushuk W. Studies of glutenin. I. Comparison of preparative methods // *Cereal Chemistry*. 1973. Vol. 50. P. 106–113.
35. Покровский А.А., Ертанов И.Д. Атакуемость белков пищевых продуктов // *Вопросы питания*. 1965. № 3. С. 38–44.
36. Голубева Л.В., Долматова О.И., Губанова А.А., и др. Изучение процесса синерезиса кисломолочных напитков // *Пищевая промышленность*. 2015. № 4. С. 42–43. EDN: UKSTUH.
37. Куликов Д.С., Арюзина М.А. Биокаталический и биосинтетический способы получения белковых концентратов из гороха и нута // *Пищевые системы*. 2021. Т. 4, № 3S. С. 160–167. DOI: 10.21323/2618-9771-2021-4-3S-160-167. EDN: OMUUMG.
38. Hoffman J.R., Falvo M.J. Protein – Which is Best? // *Journal of sports science & medicine*. 2004. Vol. 3, № 3. P. 118–130.
39. Murru E., Manca C., Carta G., et al. Impact of dietary palmitic acid on lipid metabolism // *Frontiers in Nutrition*. 2022. Vol. 9. P. 861664. DOI: 10.3389/fnut.2022.861664. EDN: CJGPSW.

40. Carta G., Murru E., Banni S., et al. Palmitic acid: physiological role, metabolism and nutritional implications // *Frontiers in physiology*. 2017. Vol. 8. P. 902. DOI: 10.3389/fphys.2017.00902. EDN: YIEQEZ.
41. Куликов Д.С., Калугина З.И., Ермолаева М.Д., и др. Модификация функционально-технологических свойств белковых продуктов из гороха отечественными бактериальными протеазами // *Пищевая промышленность*. 2024. № 8. С. 93–101. DOI: 10.52653/PPI.2024.8.8.018. EDN: RXZDFZ.

References

1. Peanut Production by Country 2024. FAOSTAT. Available: <https://worldpopulationreview.com/country-rankings/peanut-production-by-country>. Accessed: 14.01.2025.
2. Mar'ina TA. Orekh na buterbrode. Kak razvivayetsya rynek arakhisa v Rossii? *Sankt-Peterburgskie vedomosti*. 2022;164(7247). (In Russ.).
3. Bemova VD, Shelenga TV, Asfandiyarova MS, et al. Studying the biochemical composition of peanut accessions from the VIR collection. *Proceedings on applied botany, genetics and breeding*. 2024;185(3):94-104. (In Russ.). DOI: 10.30901/2227-8834-2024-3-94-104. EDN: GCGJNR.
4. Kishlyan NV, Bemova VD, Matveeva TV, et al. Biological peculiarities and cultivation of groundnut (A review). *Proceedings on applied botany, genetics and breeding*. 2020;181(1):119-127. (In Russ.). DOI: 10.30901/2227-8834-2020-1-119-127. EDN: CIBUAO.
5. Wang ML, Khera P, Pandey MK, et al. Genetic mapping of QTLs controlling fatty acids provided insights into the genetic control of fatty acid synthesis pathway in peanut (*Arachis hypogaea* L.). *Plos one*. 2015;10(4):e0119454. DOI: 10.1371/journal.pone.0119454.
6. Borisova AV, Makarova NV, Khamtova EK. The content of phenolic compounds and the antioxidant activity of some types of nuts consumed in food. *Khimija Rastitel'nogo Syr'ja*. 2022;2:95-104. (In Russ.). DOI: 10.14258/jcprm.2022029660. EDN: ZDAMKN.
7. De Camargo AC, Regitano-d'Arce MAB, Rasera GB, et al. Phenolic acids and flavonoids of peanut by-products: Antioxidant capacity and antimicrobial effects. *Food chemistry*. 2017;237:538-544. DOI: 10.1016/j.foodchem.2017.05.046.
8. Chuenchom P, Swatsitang P, Senawong T, et al. Antioxidant capacity and phenolic content evaluation on peanut skins from 3 peanut types. *Chiang Mai Journal of Science*. 2016;43(1):1177-1191.
9. Arya SS, Salve AR, Chauhan S. Peanuts as functional food: a review. *Journal of food science and technology*. 2016;53:31-41. DOI: 10.1007/s13197-015-2007-9. EDN: XTSMZP.
10. Syed F, Arif S, Ahmed I, et al. Groundnut (peanut) (*Arachis hypogaea*). In: *Oilseeds: health attributes and food applications*. 2021. P. 93–122. DOI: 10.1007/978-981-15-4194-0_4.
11. Çiftçi S, Suna G. Functional components of peanuts (*Arachis Hypogaea* L.) and health benefits: A review. *Future foods*. 2022;5:100140. DOI: 10.1016/j.fufo.2022.100140. EDN: DXLFOK.
12. Aune D, Keum N, Giovannucci E, et al. Nut consumption and risk of cardiovascular disease, total cancer, all-cause and cause-specific mortality: a systematic review and dose-response meta-analysis of prospective studies. *BMC medicine*. 2016;14:1-14. DOI: 10.1186/s12916-016-0730-3. EDN: XZNMBP.
13. Tian Y, Rao H, Zhang K, et al. Effects of different thermal processing methods on the structure and allergenicity of peanut allergen Ara h 1. *Science & Nutrition*. 2018;6(6):1706-1714. DOI: 10.1002/fsn3.742.
14. Mikiashvili N, Yu J. Changes in immunoreactivity of allergen-reduced peanuts due to post-enzyme treatment roasting. *Food chemistry*. 2018;256:188-194. DOI: 10.1016/j.foodchem.2018.02.119.
15. Meng S, Tan Y, Chang S, et al. Peanut allergen reduction and functional property improvement by means of enzymatic hydrolysis and transglutaminase crosslinking. *Food chemistry*. 2020;302:125186. DOI: 10.1016/j.foodchem.2019.125186. EDN: RAUVNL.
16. Abou-Dobara MI, Ismail MM, Refaat NM. Chemical composition, sensory evaluation and starter activity in cow, soy, peanut and rice milk. *Journal of Nutritional Health & Food Engineering*. 2016;5(3):1-8. DOI: 10.15406/jnhfe.2016.05.00175.

17. Arshad M, Sharmeen Z, Nawaz A, et al. Physical And Sensory Evaluation of Peanut Yogurt: Physical and Sensory Evaluation of Peanut Yogurt. DIET FACTOR. *Journal of Nutritional and Food Sciences*. 2022;3(1):24-28. DOI: 10.54393/df.v3i1.48. EDN: XEJSPD.
18. Sakthi TS, Meenakshi V, Kanchana S, et al. Study on standardisation and quality evaluation of peanut milk by different processing methods. *European Journal of Nutrition & Food Safety*. 2020;12(5):60-72. DOI: 10.9734/ejnfs/2020/v12i530228.
19. Bensmira M, Jiang B. Effect of some operating variables on the microstructure and physical properties of a novel Kefir formulation. *Journal of Food Engineering*. 2012;108(4):579-584. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2011.07.025.
20. Elsamani MO, Ahmed IAM. Physicochemical characteristics and organoleptic properties of peanuts milk-based yoghurt fortified with skimmed milk powder. *Journal of Research in Applied sciences*. 2014;1(4):68-72.
21. Medvedova MKJMA, Valik EŠL. Cereals and pseudocereals as substrates for growth and metabolism of a probiotic strain *Lactobacillus rhamnosus* GG. *Journal of Food and Nutrition Research*. 2013;52(1):25-36. EDN: YDEMKV.
22. Rollán GC, Gerez CL, Le Blanc JG. Lactic fermentation as a strategy to improve the nutritional and functional values of pseudocereals. *Frontiers in Nutrition*. 2019;6:98. DOI: 10.3389/fnut.2019.00098.
23. Ngamsamer C, Muangnoi C, Tongkhao K, et al. Potential Health Benefits of Fermented Vegetables with Additions of *Lactocaseibacillus rhamnosus* GG and Polyphenol Vitexin Based on Their Antioxidant Properties and Prohealth Profiles. *Foods*. 2024;22(13):982. DOI: 10.3390/foods13070982. EDN: NRRBII.
24. Shabbir I, Al-Asmari F, Saima H, et al. The Biochemical, Microbiological, Antioxidant and Sensory Characterization of Fermented Skimmed Milk Drinks Supplemented with Probiotics *Lactocaseibacillus casei* and *Lactocaseibacillus rhamnosus*. *Microorganisms*. 2023;9(11):2523. DOI: 10.3390/microorganisms11102523. EDN: CPIKMR.
25. Mathur H, Beresford TP, Cotter PD. Health benefits of lactic acid bacteria (LAB) fermentates. *Nutrients*. 2020;12(6):1679. DOI: 10.3390/nu12061679. EDN: UQNPVC.
26. Rajoka MSR, Mehwish HM, Fang H, et al. Characterization and anti-tumor activity of exopolysaccharide produced by *Lactobacillus kefir* isolated from Chinese kefir grains. *Journal of Functional Foods*. 2019;63:103588. DOI: 10.1016/j.jff.2019.103588.
27. Gamli ÖF, Atasoy AF. Physico-chemical and sensorial properties of groundnut milk and it's yoghurt. *Journal of Food Measurement and Characterization*. 2018;12:1997-2004. DOI: 10.1007/s11694-018-9814-4.
28. Sorita GD, Leimann FV, Ferreira SRS. Biorefinery approach: is it an upgrade opportunity for peanut by-products? *Trends in Food Science & Technology*. 2020;105:56-69. DOI: 10.1016/j.tifs.2020.08.011 EDN: QNZURK
29. Sinelnikov AV, Ulanova RV, Kanapatsky TA. Development of a technology for valorization of sunflower meal using new strains of lactic acid bacteria. *Food industry*. 2024;8:75-80. (In Russ.) DOI: 10.52653/PPI.2024.8.8.014. EDN: AHYOZQ.
30. Sodini I, Lucas A, Oliveira MND, et al. Effect of milk base and starter culture on acidification, texture, and probiotic cell counts in fermented milk processing. *Journal of Dairy Science*. 2002;85(10):2479-2488. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(02)74330-0.
31. *FAO Dietary protein quality evaluation in human nutrition*: Report of an FAO Expert Consultation 31 Mar – 2 Apr, 2011, Auckland, New Zealand. Food and agriculture organization of the united nations. Rome. 2013.
32. Kolpakova VV, Nechaev AP. Rastvorimost' i vodosvyazyvayushchaya sposobnost' belkovoj muki iz pshenichnyh otrubej. *Izvestiya vuzov. Food technology*. 1995;1-2:31-33. (In Russ.). EDN: QBVZJH.
33. Kolpakova VV, Volkova AE, Nechaev AP. Emul'giruyushchie i penoobrazuyushchie svoystva belkovoj muki iz pshenichnyh otrubej. *Izvestiya vuzov. Food technology*. 1995;1-2:34-37. (In Russ.). EDN: QBVZJR.
34. Orth RA, Bushuk W. Studies of glutenin. I. Comparison of preparative methods. *Cereal Chemistry*. 1973;50:106-113.

35. Pokrovsky AA, Ertanov ID. Atakuyemost' belkov pishchevykh produktov. *Voprosy pitaniya*. 1965;3:38-44. (In Russ.).
36. Golubeva LV, Dolmatova OI, Gubanova AA, et al. Studying the process of syneresis of fermented drinks. *Food industry*. 2015;4:42-43. (In Russ.). EDN: UKSTUH.
37. Kulikov DS, Aryuzina MA. Biocatal and biosynthetic methods for obtaining protein concentrates from pea and chickpea. *Food systems*. 2021;4(3S):160-167. (In Russ.). DOI: 10.21323/2618-9771-2021-4-3S-160-167. EDN: OMUUMG.
38. Hoffman JR, Falvo MJ. Protein – Which is Best? *Journal of sports science & medicine*. 2004;3(3):118-130.
39. Murru E, Manca C, Carta G, et al. Impact of dietary palmitic acid on lipid metabolism. *Frontiers in Nutrition*. 2022;9:861664. DOI: 10.3389/fnut.2022.861664. EDN: CJGPSW.
40. Carta G, Murru E, Banni S, et al. Palmitic acid: physiological role, metabolism and nutritional implications. *Frontiers in physiology*. 2017;8:902. DOI: 10.3389/fphys.2017.00902. EDN: YIEQEZ.
41. Kulikov DS, Kalugina ZI, Ermolaeva MD, et al. Modification of functional and technological properties of protein products from peas by domestic bacterial proteases. *Food industry*. 2024;8:93-101. (In Russ.). DOI: 10.52653/PPI.2024.8.8.018. EDN: RXZDFZ.

Статья принята к публикации 24.03.2025 / The article accepted for publication 24.03.2025.

Информация об авторах:

Денис Сергеевич Куликов¹, старший научный сотрудник лаборатории процессов и оборудования консервного производства, кандидат технических наук

Рузалия Владимировна Уланова², старший научный сотрудник лаборатории выживаемости микроорганизмов, кандидат биологических наук

Алексей Александрович Королев³, заведующий лабораторией процессов и оборудования консервного производства, кандидат технических наук

Алексей Владимирович Синельников⁴, аспирант лаборатории выживаемости микроорганизмов

Зоя Ивановна Калугина⁵, младший научный сотрудник научно-исследовательского испытательного центра

Information about the authors:

Denis Sergeevich Kulikov¹, Senior Researcher, Laboratory of Processes and Equipment for Canning Production, Candidate of Technical Sciences

Ruzalia Vladimirovna Ulanova², Senior Researcher, Laboratory of Microorganism Survival, Candidate of Biological Sciences

Alexey Alexandrovich Korolev³, Head of the Laboratory of Processes and Equipment for Canning Production, Candidate of Technical Sciences

Alexey Vladimirovich Sinelnikov⁴, Postgraduate student at the Laboratory of Microorganism Survival

Zoya Ivanovna Kalugina⁵, Junior Researcher at the Research and Testing Center

