УДК 602.4(637.352:641.56)
https://doi.org/10.21603/1019-8946-2023-5-4

Биотехнологические аспекты производства творожных продуктов для специализированного питания

Наталья Борисовна Гаврилова, д-р техн. наук, профессор кафедры
Наталья Федоровна Иванова, аспирант
Наталья Леонидовна Чернопольская, д-р техн. наук, доцент, профессор кафедры
Омский государственный аграрный университет имени П. А. Столыпина
E-mail: gavrilov49@mail.ru

Исследованы биотехнологические аспекты ферментации эффективной пищевой системы, обогащенной молочным белком, для ее использования в качестве молочной основы творожного продукта. Разработаны рецептура и технологические параметры производства, изучены пищевая, биологическая и энергетическая ценность нового продукта. Сформулированы научные задачи и их решение с использованием технологий ультрафильтрации, фортификации системы молочно-белковым концентратом, с добавлением витаминно-минерального комплекса и функциональных ингредиентов в виде пробиотических культур и пребиотика — инулина. Изучены показатели качества и безопасности творожного продукта. Рецептура и биотехнологические параметры производства творожного продукта апробированы в промышленных условиях АО «Любинский МКК». Обогащенный творожный продукт может применяться в специализированном питании.

Ключевые слова: *пищевые молочно-белковые системы, ферментация, фортификация, ультрафильтрация.*

Gavrilova N. B., Ivanova N. F., Chernopolskaya N. L. Biotechnological aspects of the production of curd products for specialized nutrition
Omsk State Agrarian University named after P. A. Stolypin

The biotechnological aspects of fermentation of an effective food system enriched with milk protein for its use as a dairy base of a cottage cheese product are investigated. The formulation and technological parameters of production have been developed, the nutritional, biological and energy value of the new product have been studied. The scientific tasks and their solution are formulated using ultrafiltration technologies, fortification of the system with milk-protein concentrate, vitamin-mineral complex and functional ingredients in the form of a complex of probiotic cultures and a prebiotic — inulin. The indicators of the quality and safety of the curd product have been studied. The formulation and biotechnological parameters of the production of cottage cheese product were tested in the industrial conditions of JSC «Lyubinsky MKK». The curd product enriched with functional components can be used in specialized nutrition.

Key words: *food milk-protein systems, fermentation, fortification, ultrafiltration.*

Направления развития науки о питании (нутрициология) следует рассматривать в совокупности на всех этапах от идеи нового продукта, его проектирования, разработки, внедрения в производство и доведения до потребителя. Важной составляющей является оценка социального и экономического эффекта потребления — положительного влияния на состояние здоровья [1].

Актуальную проблему для здоровья человека представляет собой развитие нарушений обмена веществ, так называемый метаболический синдром. Он связан с нарушениями углеводного, липидного и пуринового обмена, повышается риск развития диабета и сердечно-сосудистых заболеваний [2]. В профилактике и терапии метаболического синдрома особую роль играет изменение образа жизни, особенно диетических привычек [3]. Эффективность методов лечения и профилактики можно повысить, включая в персонализированную диетотерапию продукты, целенаправленно корригирующие нарушения, функциональные пищевые ингредиенты и биологически активные добавки различной природы. Такие продукты, отвечающие современным требованиям безопасности и эффективности, относятся к категории специализированных для диетического профилактического и лечебного питания [4, 5].

В условиях глобальной проблемы дефицита пищевого белка около половины населения планеты страдает от его нехватки: общий недостаток в мире составляет 10–25 млн т, в России — более 1 млн т [6]. При необходимом количестве белка на одного человека в среднем 70 г в сутки употребляется в пищу только 60 г, что может привести к заболеваниям алиментарной этиологии и ухудшению качества жизни. Ситуация может ухудшиться в связи с ростом населения планеты и увеличением потребности в белке [7].

Кисломолочные продукты в результате ферментации приобретают особую микробиоту, вкусовые и питательные свойства, отличаются увеличенным сроком хранения, особенно творог и сыр. В твороге в большом количестве содержится казеин, включающий весь набор незаменимых аминокислот. Он медленно усваивается, достаточно длительное время насыщая организм необходимыми веществами. Но биологическая ценность казеина ограничивается низким содержанием цистина и аргинина [8]. Сывороточные белки молока более сбалансированные по содержанию дефицитных аминокислот, чем казеин. Они богаты аминокислотами с разветвленной цепью (BCAA), поэтому концентраты сывороточных белков служат незаменимым компонентом специализированного (спортивного) питания [9].

Функциональные продукты, в состав которых включены вещества с лечебными или профилактическими свойствами, предназначены для безопасного употребления людьми разных возрастных категорий [10]. Пищевая продукция специализированного питания предназначена для удовлетворения физиологических потребностей организма человека в необходимых пищевых веществах и энергии [11]. Вышеизложенное позволяет считать выбранное направление научно-практических исследований актуальным.

Цель исследования — определить биотехнологические аспекты ферментации наиболее эффективной молочно-белковой пищевой системы для использования в качестве молочной основы творожного продукта. Разработать рецептуру и технологические параметры производства нового продукта, изучить его биологическую и энергетическую ценность.

Исследования выполнялись в лабораториях кафедры продуктов питания и пищевой биотехнологии Омского ГАУ и АО «Любинский МКК». Объекты исследования: молоко-сырье (ГОСТ Р 52054–2003 (с изм. № 1) «Молоко коровье сырое. Технические условия»); молочно-белковый концентрат «Гелеон 112 С-М» (ТУ 10.51.56-043-5107/0597–2018, производитель ГК «СОЮЗСНАБ»); закваска лиофилизированная «LyofastSAB 440 B» (SACCO, Италия); сычужный ферментный препарат СГ-50 «НТ» (ВНИИМС); витаминно-минеральный комплекс от А до Zn 45+ (ООО «ВТФ»); инулин (ТМ «Фибрулин», Бельгия). Применялись общепринятые стандартные химические, микробиологические, органолептические методы. Повторность экспериментов 3–5-кратная. Математико-статистическую обработку экспериментальных данных проводили с помощью программы «Statistica-6.0».

Результаты исследований. На основе комплексных исследований различных пищевых систем [12], состоящих из вторичных белково-углеводных ресурсов (обезжиренное молоко и молочно-белковые концентраты) для повышения массовой доли белка в пищевых системах, выбрана наиболее эффективная смесь сухих молочных белков «Гелеон 112 С-М» (табл. 1).

С использованием данной пищевой системы изучен способ получения молочной основы творожного продукта без отделения сыворотки, что позволяет сохранить биологически полноценные сывороточные белки и аминокислоты, в том числе незаменимые. В составе смеси молочных белков «Гелеон 112 С-М» две фракции: казеиновая (80 %) и сывороточная (20 %), что позволяет считать данный продукт более эффективным, чем другие сухие белковые компоненты.

Таблица 1

Химический состав основных компонентов пищевой системы

Состав	Компонент	
	Молоко нормализованное	Смесь сухих белков «Гелеон 112 С-М»
Сухие вещества, %	11,50±0,5	94,00±0,2
В том числе:		
жир	3,30±0,05	–
белок	3,30±0,05	80,00±0,50
лактоза	4,20±0,02	6,80±0,20
зола	0,70±0,02	7,20±0,20

Для повышения концентрации сухих веществ основной компонент — молоко нормализованное подвергали ультрафильтрации в условиях молочного предприятия на модуле DSS Silkebord (Дания). Параметры процесса: мембраны рулонного типа, асимметричные, пористые толщиной 200 мкм, размер пор от 1 до 100 мкм; рабочее давление 20±0,5 бар; коэффициент концентрирования 2,2.

При расчете рецептуры смеси компонентов для обогащенного творожного продукта учтен химический состав ультрафильтрата (концентрата) в соответствии с методом, предложенным профессором П. А. Лисиным. Массу компонентов определяли по формуле:

$$\Sigma X_i = X_1 + X_2 + X_3 + \ldots + X_n,$$

где X — масса каждого компонента рецептуры; n — количество компонентов.

Компонентный состав разрабатываемого продукта приведен в таблице 2.

Смесь основных компонентов подвергали тепловой обработке при 80±2 °С, охлаждали до 38±1 °С и инокулировали закваску «Lyofast SAB 440 B» (*Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus acidophilus*, *Bifidobacterium bifidum*). В качестве пребиотика вносили инулин, который не влияет на уровень глюкозы в крови и может использоваться в рационе питания при диабете [13]. В неизменном состоянии инулин доходит до толстой кишки и способствует увеличению содержания бифидобактерий и подавлению патогенных микроорганизмов. Инулин и его производные применяются для улучшения питательных и функциональных свойств пищевых продуктов и в качестве заменителя жира [14].

Обогащение (фортификация) пищевой продукции в процессе производства направлено на устранение дефицита витаминов и минеральных веществ в питании людей разных возрастных групп. В эксперименте использовался витаминно-минеральный комплекс. Его количество в рецептуре рассчитано по рекомендации производителя с учетом суточного потребления взрослого человека.

При перемешивании в смесь добавляли хлористый кальций в жидкой форме и ферментный препарат «ВНИИМС СГ-50». Затем выдерживали при 38±1 °С до образования ровного плотного сгустка. В процессе ферментации с периодичностью 2 ч определяли титруемую и активную кислотность. Сгусток получился плотный, без синерезиса, вкус чистый, кисломолочный.

Таблица 2

Информационная матрица компонентного состава рецептуры на 100 кг творожного продукта

Ингредиент	Количество, % (г)	Химический состав, %				Количество, кг			
		сухие вещества	в том числе			сухие вещества	в том числе		
			жир	белки	углеводы		жир	белки	углеводы
Ретентант нормализованного молока	X_1-95,50	24,50	9,91	9,90	4,20	23,40	9,46	9,45	4,01
«Гелеон 112 С-М»	X_2-3,00	94,00	–	80,00	6,80	2,82	–	2,40	0,21
Инулин	X_3-1,50	100,00	–	–	–	1,50	–	–	–
Витаминно-минеральный комплекс	X_4	По расчету				–	–	–	–
Закваска	X_5	По норме				–	–	–	–
Итого	100,00	–	–	–	–	27,72	9,46	11,85	4,22

Показатели ферментированной основы творожного продукта

Время образования сгустка, ч	4,5±0,5
Органолептическая оценка, балл	15,0
Титруемая кислотность, °Т	72±2
Активная кислотность, ед. pH	5,2–5,4
Количество, КОЕ/г:	
молочнокислых пробиотических	
микроорганизмов	$1{,}6 \cdot 10^9$
бифидобактерий	$5{,}1 \cdot 10^8$
Пищевые волокна, %	1,5

В молочно-белковую пищевую систему — основу творожного продукта, обогащенную белком, пробиотиками и пребиотиком (инулином), в асептических условиях вносили витаминно-минеральный комплекс при перемешивании в течение 10±2 мин для равномерного распределения. Далее продукт направлялся на фасование и хранение при температуре 4±2 °С.

Пищевая и энергетическая ценность творожного обогащенного продукта: массовая доля жира 27,5±0,2 %, белков — 12,0±0,25 %, углеводов — 4,2±0,2 %, энергетическая ценность 312,2±0,2 ккал (1305,0±0,5 кДж), общее содержание аминокислот 11890,0 мг/100 г (табл. 3). Сывороточные белки представлены β-лактоглобулином А (1,33±0,5 мг/мл), β-лактоглобулином Б (4,05±0,5), α-лактоглобулином (2,97±0,5 мг/мл).

Высокая биологическая ценность творожного продукта обеспечивается за счет использования в его составе молочно-белковой пищевой системы, а также необходимых витаминов и минеральных элементов:

- витамины С (11,96 мг/100 г), А (536,10 мкг/кг), Е (25,95 мг/кг), D3 (6,538 мкг/кг), β-каротин (9,50 мг/кг);
- минеральные вещества: кальций — 2656,0 мг/кг, калий — 1505,1, натрий — 322,6, магний — 357,7, железо — 21,2, цинк — 31,9, фосфор — 1567,8, алюминий — 0,77, кобальт — 0,033, марганец — 3,68, цинк — 31,9, медь — 1,52 мг/кг.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что творожный продукт отличается высокой пищевой, биологической ценностью, содержит функциональные ингредиенты — пробиотики и пребиотики, является продуктом, обогащенным (фортифицированным) витаминами и минеральными веществами, что позволяет рекомендовать его для функционального и специализированного питания.

Таблица 3

Аминокислотный состав творожного продукта

Незаменимые аминокислоты, мг/100 г		Заменимые аминокислоты, мг/100 г	
Всего	**5890,6**	**Всего**	**6000,4**
Валин	800,4	Аланин	418,1
Изолейцин	1007,9	Аргинин	749,3
Лейцин	1105,1	Аспарагиновая кислота	800,0
Лизин	970,2	Гистидин	600,0
Метионин	538,4	Глицин	247,1
Треонин	814,7	Глутаминовая кислота	1703,9
Фенилаланин	564,4	Полин	246,0
Триптофан	189,2	Серин	556,0
		Тирозин	542,7
		Цистеин	137,3
Общее количество аминокислот 11890,0 мг/100 г			

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ***Kurakin, M. S.*** *A new approach to the development of food products/M. S. Kurakin, A. V. Ozhereleva, O. G. Motyreva, T. V. Krapiva// Food Processing: Techniques and Technology. 2021:51 (3):434–448. (In Russ.), https://doi.org/10.21603/2074-9414-2021-3-434-448.*

2. ***Fahed, G.*** *Metabolic syndrome: Updates on pathophysiology and management in 2021/G. Fahed, L. Aoun, M. B. Zerdan [et al.]// International Journal of Molecular Sciences. 2022; 23 (2). https://doi.org/10.3390/ijms23020786.*

3. ***Castro-Barquero, S.*** *Dietary strategies for metabolic syndrome: A comprehensive review/S. Castro-Barquero, AM Ruiz-Leon, M. Sierra-Perez [et al.]// Nutrients. 2020:12 (10). https://doi.org/10.3390/nul2102983.*

4. ***Vorobyeva, V. M.*** *Specialisedhypocholesteremic foods: Ingredients, technology, effects/V. M. Vorobyeva, I. S. Vorobyeva, A. A. Kochetkova [et al.]// Foods and Raw Materials. 2020;8 (1):20–29. https://doi.org/10.21603/2308-4057-2020-1-20-29.*

5. ***Vorobyeva, V. M.*** *Cooked sausage enriched with essential -.utrients for the gastrointestinal diet/V. M. Vorobyeva, I. S. Vorobyeva, A. A. Kochetkova [et al.]// Foods and Raw Materials. 2021; 9 (2):345–353. https://doi.org/10.21603/2308-4057-2021-2-345-353.*

5. ***Соколов, Д. В.*** *Ферментативный гидролиз соевого белка/Д. В. Соколов, Б. А. Болхонов [и др.]// Техника и технология пищевых производств. 2023. Т. 53. № 1. С. 87–96.*

6. ***Орешкин, М. В.*** *Проблема дефицита белка: подходы к решению/М. В. Орешкин// Вестник Луганского национального университета имени Тараса Шевченко. 2017. Т. 4. № 1. С. 19–22.*

7. ***Langyan, S.*** *Sustaining protein nutrition through plant-based foods/S. Langyan, P. Yadava, F. N. Khan, Z. A. Dar. Frontiers in Nutrition. 2022:8. https://doi.org/10.3389/fnut. 2021.772573.*

8. ***Пат. 2668826 РФ,*** *МПКА23С 17/02 (2006.01). Композиция для получения творожного продукта/Чернопольская Н. Л., Гаврилова Н. Б.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «Омский ГАУ». — № 017122318; заявл. 23.06.17; опубл. 02.10.18. Бюл. № 28.*

9. ***Чернопольская, Н. Л.*** *Научно-практические аспекты биотехнологии специализированной пищевой продукции на молочной основе с использованием иммобилизации заквасочных (пробиотических) культур: монография/Н. Л. Чернопольская, Н. Б. Гаврилова. — Омск: ФГБОУ ВО Омский ГАУ, 2019. — 347 с.*

10. ***Жилинская, Н. В.*** *Нормативно-правовая база для специализированной пищевой продукции/Н. В. Жилинская, П. С. Громовых// Молочная промышленность. 2019. № 1. С. 27–29.*

11. ***Trakman, G. L.*** *Modifications to the nutrition for sport knowledge questionnaire and abridged nutrition for sport knowledge questionnaire/G. L. Trakman, F. Brown, A. Fortsyth, R. Belski// Journal of the international Society of sports nutrition. 2018. Vol. 6. Issue 4. P. 115–119.*

12. ***Гаврилова, Н. Б.*** *Комплексное использование пробиотиков и метабиотиков в биотехноло-гии продуктов функционального назначения/Н. Б. Гаврилова, Н. Л. Чернопольская, С. А. Коновалов, Н. Ф. Иванова// Молочная промышленность. 2022. № 11. С. 23–25.*

13. ***Barkhatova, T. V.*** *Obtaining and identification of inulin from Jerusalem artichoke (Helianthus tuberosus) tubers/T. V. Barkhatova, M. N. Nazarenko, M. A. Kozhukhova, I. A. Khripko// Foods and Raw Materials. 2015. Vol. 3. Issue 2. P. 13–22.*

14. ***Kathy, R.*** *Inulin and oligofructose: what are they?/R. Kathy// The Journal of Nutrition. 1999. Vol. 129. Issue 7. P. 1402–1406.*