

ПИЩЕВЫЕ СИСТЕМЫ / FOOD SYSTEMS

DOI: <https://doi.org/10.23649/JAE.2023.40.12>

**ИССЛЕДОВАНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПАРОВЫХ МЯСНЫХ ИЗДЕЛИЙ, ИЗГОТОВЛЕННЫХ С ПРИМЕНЕНИЕМ ФЕРМЕНТНО МОДИФИЦИРОВАННОГО ПОЛИСАХАРИДНОГО КОМПОНЕНТА**

Научная статья

**Никитина Е.В.<sup>1,\*</sup>**

<sup>1</sup> ORCID : 0000-0003-2446-446X;

<sup>1</sup> Казанский национальный исследовательский технологический университет, Казань, Российская Федерация

\* Корреспондирующий автор (ev-nikitina[at]inbox.ru)

**Аннотация**

Исследование влияния ферментно модифицированных картофельных (ФМК) крахмалов на функционально-технологические свойства паровых мясных изделий показало повышение влагоудерживающей и влагосвязывающей способностей фаршей по сравнению с контролем и фаршей с нативным крахмалом. Применение ФМК в рецептуре позволило снизить содержание жира в изделиях, при этом органолептическая оценка не снизилась. Использование ФМК в технологии паровых мясо-рубленых изделий приводит к улучшению органолептической оценки, позволяет получить высокий выход продукта и избежать дефектов, свойственных нативному крахмалу из-за его ретроградации. Наиболее перспективными являются крахмалы, прошедшие ферментную модификацию амилазой *Bacillus licheniformis* в концентрации фермента 0,415-0,830 ед./г крахмала.

**Ключевые слова:** ферментная модификация, картофельный крахмал, мясные изделия, коррекция качества.

**A STUDY OF FUNCTIONAL AND TECHNOLOGICAL PROPERTIES OF STEAMED MEAT PRODUCTS MADE WITH THE USE OF ENZYME MODIFIED POLYSACCHARIDE COMPONENT**

Research article

**Nikitina E.V.<sup>1,\*</sup>**

<sup>1</sup> ORCID : 0000-0003-2446-446X;

<sup>1</sup> Kazan National Research Technological University, Kazan, Russian Federation

\* Corresponding author (ev-nikitina[at]inbox.ru)

**Abstract**

A study of the effect of enzyme-modified potato (EMP) starches on the functional and technological properties of steamed meat products showed an increase in the moisture-holding and moisture-binding capacity of minced meat compared to the control and minced meat with native starch. The use of EMP in the formulation allowed to reduce the fat content in the products, while the organoleptic evaluation did not decrease. The use of EMP in the technology of steamed minced meat products leads to an improvement in organoleptic evaluation, allows to obtain a high yield of the product and avoid defects inherent in native starch due to its retrogradation. The most promising are starches that have undergone enzymatic modification by *Bacillus licheniformis* amylase at enzyme concentration of 0.415-0.830 units/g of starch.

**Keywords:** enzyme modification, potato starch, meat products, quality correction.

**Введение**

Постоянный рост потребительского спроса на высококачественные продукты питания приводит к увеличению доли продуктов, изготовленных с использованием новых технологий и ингредиентов. В современных реалиях доступности информационных источников неуклонно повышается осведомленность потребителей о взаимосвязи между полноценным питанием и здоровьем, самочувствием людей. Это одна из причин роста популярности новых продуктов питания с хорошими питательными свойствами. В настоящее время большое значение придается функциональным продуктам питания, которые помимо своих питательных функций, обеспечивают в той или иной мере снижают риск развития хронических заболеваний. Функциональные продукты питания должны содержать компонент с положительным эффектом для здоровья, либо из него исключают компонент с отрицательным эффектом.

Одним из таких компонентов может быть резистентный крахмал (РС) [1], который широко используется в качестве функционального ингредиента, в том числе, влияющего на функционирование желудочно-кишечного тракта через состав микрофлоры [2]. Результатом такой активности РС становятся коррекция метаболизма глюкозы и липидов, его можно рассматривать как пребиотик, можно говорить о благоприятном воздействии на сытость и массу тела [3], [4], [5]. В качестве компонента функциональных продуктов питания, неперевариваемая часть крахмала – резистентный крахмал – классифицируется как пищевые волокна как пищевые волокна.

Ранее были охарактеризованы картофельные крахмалы, модифицированные ферментными препаратами Амилозубтилин или амилазой *Bacillus licheniformis* варьированием концентрации фермента [6], показаны различия получаемых крахмалов по морфологическим, химическим, термогравиметрическим характеристикам. Обработка невысокими дозами ферментов, приводила к формированию крахмалов с резистентностью к действию панкреатической  $\alpha$ -амилазы [7]. В связи с вышеописанным, целью настоящей работы было изучить влияние ферментно модифицированных картофельных крахмалов на функционально-технологические свойства паровых мясных изделий, оценить перспективу применения таких ингредиентов.

### Методы и принципы исследования

Мясной фарш готовили по следующей рецептуре: говядина в/с 67 г (в случае опыта с крахмалом 65 г и крахмала 2 г), жир свиной сырой 8,94 г, лук репчатый свежий 2,0 г, перец черный молотый 0,06 г, соль пищевая 1,2 г, вода питьевая 20,8 г. Формировали изделия в виде котлет, проводили варку на пару до температуры внутри изделия 74 °С. Использовали крахмал нативный картофельный (ГОСТ Р 53876-2010) и ферментно модифицированные крахмалы, описаны ранее [6]. Влагосвязывающую (ВСС) и влагоудерживающую (ВУС) способности анализировали как описано в [8]. Выход готового продукта определяли гравиметрически, влагу по [9], Белок, жир, крахмал, зола были определены на анализаторе инфракрасном ИнфраЛЮМ ФТ (Санкт-Петербург, РФ) по калибровочной кривой «мясной продукт». Органолептическую оценку проводили согласно ГОСТ 9959-2015.

### Основные результаты

Результаты исследований (табл. 1) свидетельствуют о том, что влагосвязывающая способность наивысшая у образцов с внесением картофельных крахмалов, модифицированная амилазой *Bacillus licheniformis* в низких дозах (Вl-0,05) – ВСС составляет 66,81%, что на 17% выше ВСС фарша с нативным крахмалом. Также высоким показателем ВСС обладал образец с крахмалом А-1 (59,79 %), модифицирован амилосубтилином.

Таблица 1 - Функционально-технологические свойства фаршевых систем и готовых мясных изделий с крахмалами

DOI: <https://doi.org/10.23649/JAE.2023.40.12.1>

Образец	Фарш		Готовый продукт	
	ВСС, %	ВУС, %	Выход, %	Влажность, %
контроль	46,90±0,51	65,32±1,02	59,15±0,57	59,05±0,98
нативный	49,27±0,21	68,75±2,31	69,14±1,25	67,84±1,24
АМ-0,05	44,25±0,51	76,38±1,98	58,89±0,98	61,63±1,58
АМ-0,1	46,49±0,23	67,48±1,23	59,62±1,02	59,38±1,02
АМ-0,5	52,73±0,98	64,81±1,33	59,79±0,99	58,67±1,09
АМ-1	59,79±1,02	62,72±1,28	60,51±1,15	60,62±1,78
Вl-0,05	66,81±1,08	73,6±1,28	59,57±1,24	59,71±0,88
Вl-0,1	51,5±1,02	72,46±2,06	58,99±2,01	60,92±0,61
Вl-0,5	56,15±0,98	68,79±0,91	58,52±1,33	60,27±1,23
Вl-1	54,12±0,12	65,66±1,22	59,39±1,09	58,82±0,95

В результате происходящих в процессе термической обработки физико-химических, коллоидно-химических изменений, часть воды, связанная с мышечной тканью, теряется в виде потерь массы готового продукта. В мышечной ткани остается удержанная влага, количество, которой характеризуется влагоудерживающей (ВУС) способностью. Наибольшая ВУС была у образцов фаршей с крахмалами, модифицированными препаратами в низкой концентрации (А-0,05, Вl-0,05, Вl-0,1), ВУС был на уровне 72-76%. Самый высокий выход был у образца с нативным крахмалом (69%), наименьший был в контроле (59%), что коррелировало с содержанием влаги.

Содержание белка в образцах с ферментно модифицированными крахмалами больше по сравнению с образцами с нативным крахмалом и с контролем. Наибольшее количество белка было в изделии с крахмалами А-0,1 и Вl-0,5 и Вl-1, на уровне 13,74% (табл. 2). Жир определяет органолептические показатели, ощущение сытости, однако, повышенное количество жира увеличивает и калорийность изделий. Наибольшее количество жира было в образцах с А-0,5 и нативным крахмалами. В остальных случаях количество жира было меньше на 1-2% меньше, что положительно с точки зрения снижения калорийности.

При исследовании остаточного содержания крахмала в готовых паровых изделиях выявлено, что остаточного крахмала больше в образце нативным крахмалом (2%), тогда как остаточное количество ферментно модифицированных крахмалов колебалось в пределах 0,5-1,5 г/100 г продукта. Внесение крахмалов снижает зольность продукта, в связи с увеличением его влажности и изменением объемно-плотных взаимоотношений.

Таблица 2 - Химический состав готовых паровых мясных изделий с картофельными крахмалами, модифицированными Амилосубтилином или амилазой *B.licheniformis*

DOI: <https://doi.org/10.23649/JAE.2023.40.12.2>

Вариант опыта	Белок, %	Жир, %	Крахмал, %	Зола, %
контроль	13,40±0,21	24,59±0,22	0,12±0,01	2,94±0,11
нативный	12,30±0,33*	21,60±0,12*	2,06±0,14	2,21±0,12
АМ-0,05	13,49±0,58	22,28±0,14*	0,58±0,08	2,04±0,09
АМ-0,1	13,74±0,49	24,00±0,09	0,77±0,04	2,12±0,10
АМ-0,5	13,50±0,23	24,90±0,07	1,58±0,04	1,40±0,07

AM-1	13,52±0,36	23,40±0,13	1,04±0,06	1,42±0,07
Bl-0,05	13,52±0,23	22,89±0,33	1,08±0,11	2,21±0,25
Bl-0,1	13,58±0,80	22,13±0,14	0,55±0,02	2,32±0,23
Bl-0,5	13,74±0,21	22,79±0,08	0,95±0,03	2,26±0,16
Bl-1	13,75±0,22	23,18±0,09	1,07±0,11	2,18±0,15

Органолептические показатели изделий оценивались в баллах по пятибалльной шкале по следующим показателям: внешний вид, аромат, вкус, консистенция и сочность. Результаты оценки представлены в таблице 3. Опытные образцы паровых изделий обладали приятным внешним видом, цветом на разрезе, и запахом не отличающимися от контрольного образца. Опытные образцы на разрезе выглядели более однородными, они были сочнее контрольных.

Таблица 3 - Органолептическая характеристика готовых паровых мясных рубленых изделий с внесением ферментно модифицированных картофельных крахмалов

DOI: <https://doi.org/10.23649/JAE.2023.40.12.3>

Образец	Внешний вид (макс=1)	Консистенция (макс=2)	Вид и цвет продукта на разрезе (макс=3)	Запах и вкус (макс=4)	Сумма средних
контроль	0,50±0,50	0,83±0,75	2,00±0,63	2,67±0,52	6,00
нативный	0,67±0,50	0,50±0,50	1,50±0,55	1,83±0,98	4,50
AM-0,05	0,83±0,41	1,50±0,55	2,17±0,41	2,83±0,41	7,33
AM-0,1	0,83±0,41	1,33±0,52	2,50±0,55	2,83±0,75	7,49
AM-0,5	0,83±0,41	1,67±0,52	2,33±0,82	2,50±0,84	7,33
AM-1	0,83±0,41	1,50±0,55	2,33±0,52	2,33±0,52	6,99
Bl-0,05	0,83±0,41	1,83±0,41	2,67±0,52	4,00±0,00	9,33
Bl-0,1	0,67±0,52	1,67±0,52	2,67±0,52	3,67±0,52	8,68
Bl-0,5	0,50±0,50	1,33±0,82	2,50±0,55	3,33±0,82	7,66
Bl-1	0,83±0,41	1,17±0,41	2,17±0,41	3,50±0,55	7,67

В случае использования нативного картофельного крахмала консистенция была очень мягкая, мажущая, что неблагоприятно сказывалось на вкусовых характеристиках, кроме того, присутствовал крахмальный привкус. Сбалансированным по сочности, консистенции и вкусовым ощущениям был образец с крахмалами, модифицированными Амилосубтилином или амилазой *B.licheniformis* в низких дозах А-0,05, А-0,1, Bl-0,05, Bl-0,1.

#### Обсуждение

Введение нативного крахмала, обладающего высокой желирующей способностью и водопоглощением, обуславливает высокий уровень выхода, однако, после нагревания крахмал подвергается ретроградации и при хранении выявлено появление дефектов: запотевание, выделение капель воды на поверхности изделий. При использовании же модифицированных крахмалов ВУС и ВСС паровых изделий был повышенным, что также может быть связано с высвобождением гидрофильных свободных аминокислот и короткоцепочечных полипептидов из мяса при механической обработке и с образованием взаимопроникающей непрерывной сети между белками и более открытыми гранулами гидролизованного крахмала. Ранее нами уже было показано, что микоструктура картофельных крахмалов изменяется [6], [11]. Аналогичные эффекты имели место при использовании ферментно модифицированных крахмалов (тапиокового и картофельного) в технологии кисломолочных напитков [12], [13].

#### Заключение

Таким образом, использование ферментно модифицированного крахмала в технологии паровых мясо-рубленых изделий приводит к улучшению органолептической оценки, позволяет получить высокий выход продукта и избежать дефектов, свойственных нативному крахмалу, обусловленных ретроградными свойствами. Наиболее перспективными являются крахмалы, прошедшие ферментную модификацию амилазой *Bacilluslicheniformis* в концентрации фермента 0,415-0,830 ед./г крахмала.

#### Конфликт интересов

Не указан.

#### Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

#### Conflict of Interest

None declared.

#### Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

**Список литературы / References**

1. Wang Z. Synthesis and Functions of Resistant Starch / Z. Wang, S. Wang, Q. Xu [et al.] // *Advances in Nutrition*. — 2023. — Vol. 14(5). — P. 1131-1144.
2. Khaneghah A.M. Interactions between Probiotics and Pathogenic Microorganisms in Hosts and Foods: A review / A.M. Khaneghah, K. Abhari, I. Es [et al.] // *Trends in Food Science & Technology*. — 2020. — Vol. 95. — P. 205-218.
3. Bendiks Z.A. Conserved and Variable Responses of the Gut Microbiome to Resistant Starch Type 2 / Z.A. Bendiks, K.E.B. Knudsen, M.J. Keenan [et al.] // *Nutrition Research*. — 2020. — Vol. 77. — P. 12-28.
4. Harris K.F. An Introductory Review of Resistant Starch Type 2 from High-amylose Cereal Grains and Its Effect on Glucose and Insulin Homeostasis / K.F. Harris // *Nutrition Reviews*. — 2019. — Vol. 77(11). — P. 748-764.
5. Bojarczuk A. Health Benefits of Resistant Starch: A review of the literature / A. Bojarczuk, S. Skapska, A.M. Khaneghah [et al.] // *Journal of Functional Foods*. — 2022. — Vol. 93. — ID. 105094.
6. Vafina V. Physicochemical and Morphological Characterization of Potato Starch Modified by Bacterial Amylases for Food Industry Applications / V. Vafina, V. Proskurina, V. Vorobiev [et al.] // *Journal of Chemistry*. — 2018. — Vol. 8. — ID. 1627540.
7. Никитина Е.В. Изучение ферментной устойчивости картофельных крахмалов, обработанных, амилазой *Bacillus licheniformis* ил Амилосубтилином / Е.В. Никитина, А.В. Григорьев // *Инновации в пищевой промышленности: образование, наука, производство. Материалы 3-й всероссийской научно-практической конференции*. — 2018. — С. 136-142.
8. Nikitina E.V. The Effect of Enzyme Modified Starches on the Quality and Biosafety of Meat Products / E.V. Nikitina, L.Z. Gabdukaeva, M.S. Echkova // *Bulletin of Kazan Technological University*. — 2015. — Vol. 18. — №. 16. — P. 265-269.
9. ГОСТ 9793-2016 Мясо и мясные продукты. Методы определения влаги (с Поправкой) от 14 февраля 2017. — 2022. — URL: docs.cntd.ru (дата обращения: 20.06.2023)
10. ГОСТ 9959-2015 Мясо и мясные продукты. Общие условия проведения органолептической оценки. — 2022. — URL: docs.cntd.ru (дата обращения: 22.06.2023).
11. Никитина Е.В. Изменения микроструктуры картофельного крахмала при модификации бактериальной амилазой *Bacillus subtilis* в зависимости от концентрации фермента / Е.В. Никитина // *Вестник Казанского технологического университета*. — 2016. — Т. 19. — № 7. — С. 133-136.
12. Tsyganov M.S. Cassava Starch as an Effective Texture Corrector of Fat-Free Dairy Products Based on Symbiotic Starter Culture / M.S. Tsyganov, G.O. Ezhkova, M.A. Kharitonova [et al.] // *International Journal of Food*. — 2022. — Vol. 2022. — ID. 1087043.
13. Nikitina E.V. Physico-Chemical and Antioxidant Properties of Skimmed Varenets (Slavic Baked Milk Yogurt) Mixed with Enzyme-Modified Potato Starches / E.V. Nikitina, T.A. Yurtaeva, M.S. Tsyganov [et al.] // *Current Research in Nutrition and Food Science*. — 2021. — Vol. 9. — № 1. — P. 88-99.

**Список литературы на английском языке / References in English**

1. Wang Z. Synthesis and Functions of Resistant Starch / Z. Wang, S. Wang, Q. Xu [et al.] // *Advances in Nutrition*. — 2023. — Vol. 14(5). — P. 1131-1144.
2. Khaneghah A.M. Interactions between Probiotics and Pathogenic Microorganisms in Hosts and Foods: A review / A.M. Khaneghah, K. Abhari, I. Es [et al.] // *Trends in Food Science & Technology*. — 2020. — Vol. 95. — P. 205-218.
3. Bendiks Z.A. Conserved and Variable Responses of the Gut Microbiome to Resistant Starch Type 2 / Z.A. Bendiks, K.E.B. Knudsen, M.J. Keenan [et al.] // *Nutrition Research*. — 2020. — Vol. 77. — P. 12-28.
4. Harris K.F. An Introductory Review of Resistant Starch Type 2 from High-amylose Cereal Grains and Its Effect on Glucose and Insulin Homeostasis / K.F. Harris // *Nutrition Reviews*. — 2019. — Vol. 77(11). — P. 748-764.
5. Bojarczuk A. Health Benefits of Resistant Starch: A review of the literature / A. Bojarczuk, S. Skapska, A.M. Khaneghah [et al.] // *Journal of Functional Foods*. — 2022. — Vol. 93. — ID. 105094.
6. Vafina V. Physicochemical and Morphological Characterization of Potato Starch Modified by Bacterial Amylases for Food Industry Applications / V. Vafina, V. Proskurina, V. Vorobiev [et al.] // *Journal of Chemistry*. — 2018. — Vol. 8. — ID. 1627540.
7. Nikitina E.V. Izuchenie fermentnoj ustojchivosti kartofel'nyh krahmalov, obrabotannyh, amilazoj *Bacillus licheniformis* il Amilosubtilinom [A Study of Enzyme Stability of Potato Starches Treated with *Bacillus licheniformis* Amylase and Amylosubtilin] / E.V. Nikitina, A.V. Grigor'ev // *Innovacii v pishhevoj promyshlennosti: obrazovanie, nauka, proizvodstvo. Materialy 3-j vserossijskoj nauchno-prakticheskoj konferencii [Innovations in Food Industry: Education, Science, Production. Proceedings of the 3rd All-Russian Scientific and Practical Conference]*. — 2018. — P. 136-142. [in Russian]
8. Nikitina E.V. The Effect of Enzyme Modified Starches on the Quality and Biosafety of Meat Products / E.V. Nikitina, L.Z. Gabdukaeva, M.S. Echkova // *Bulletin of Kazan Technological University*. — 2015. — Vol. 18. — №. 16. — P. 265-269.
9. GOST 9793-2016 Mjaso i mjasnye produkty. Metody opredelenija vlagi (s Popravkoj) ot 14 fevralja 2017 [GOST 9793-2016 Meat and Meat Products. Methods of Moisture Determination (with Amendment) of 14 February 2017]. — 2022. — URL: docs.cntd.ru (accessed: 20.06.2023) [in Russian]
10. GOST 9959-2015 Mjaso i mjasnye produkty. Obshhie uslovija provedenija organolepticheskoj ocenki [GOST 9959-2015 Meat and Meat Products. General Conditions of Organoleptic Evaluation]. — 2022. — URL: docs.cntd.ru (accessed: 22.06.2023). [in Russian]
11. Nikitina E.V. Izmenenija mikrostruktury kartofel'nogo krahmala pri modifikacii bakterial'noj amilazoj *Bacillus subtilis* v zavisimosti ot koncentracii fermenta [Changes in the Microstructure of Potato Starch at Modification by *Bacillus subtilis* in dependence on the concentration of the enzyme] / E.V. Nikitina // *Vestnik Kazanskogo tehnologičeskogo universiteta*. — 2016. — T. 19. — № 7. — S. 133-136.

subtilis Bacterial Amylase Depending on the Enzyme Concentration] / E.V. Nikitina // Vestnik Kazanskogo tehnologicheskogo universiteta [Bulletin of Kazan Technological University]. — 2016. — Vol. 19. — № 7. — P. 133-136. [in Russian]

12. Tsyganov M.S. Cassava Starch as an Effective Texture Corrector of Fat-Free Dairy Products Based on Symbiotic Starter Culture / M.S. Tsyganov, G.O. Ezhkova, M.A. Kharitonova [et al.] // International Journal of Food. — 2022. — Vol. 2022. — ID. 1087043.

13. Nikitina E.V. Physico-Chemical and Antioxidant Properties of Skimmed Varenets (Slavic Baked Milk Yogurt) Mixed with Enzyme-Modified Potato Starches / E.V. Nikitina, T.A. Yurtaeva, M.S. Tsyganov [et al.] // Current Research in Nutrition and Food Science. — 2021. — Vol. 9. — № 1. — P. 88-99.