



Научная статья
4.3.3. – Пищевые системы (технические науки)
УДК 543.635.252

doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2026.02.007

EDN: YHUSBY

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КРАХМАЛА В СЕМЕНАХ СЕМЕЙСТВА AMARANTHACEAE

Ксения Николаевна Нициевская ¹, Светлана Владимировна Станкевич ²,
Елена Валерьевна Бородай ³

^{1, 2, 3} Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий РАН,
р. п. Краснообск, Новосибирская область, Россия

¹ nitsievskayakn@sfsca.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7302-106X>

² stankevichsv@sfsca.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5157-2004>

³ borodajelena@yandex.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4350-085X>

Аннотация. Значительная часть всей мировой сельскохозяйственной продукции, которая производится для питания человека и животных, состоит из сырья, содержащего крахмал. Для разработки показателей качества и безопасности продуктов необходимо проводить количественное определение содержания крахмальных зерен, подтверждающие их качество и гарантирующее отсутствие возможных фальсификаций. Существуют различные методики определения крахмала в растительном сырье. В настоящей работе авторами предлагается проведение анализа на примере семян семейства *Amaranthaceae*, в частности *Amaranthus albus* L и *Chenopodium quinoa* (белая и черная). Целью исследования является сравнительный анализ существующих методов определения крахмала на примере семян семейства *Amaranthaceae*. В статье представлены данные физико-химического исследования крахмала спектрофотометрически в семенах. Гидролиз *Amaranthus albus* L. и *Chenopodium quinoa* проводили с использованием дистиллированной воды (метод 1) и салициловой кислоты (метод 2) с предварительным построением градуировочных графиков. Метрологическая характеристика методов указывает на их применимость с учетом ошибки измерений не более 1,4 %. Данные количественного содержания крахмала в образцах визуализированы с использованием графиков. Полученные данные исследования могут служить теоретической базой для разработки показателей качества из исследуемого вида растительного сырья.

Ключевые слова: семена амаранта, *Amaranthus albus* L, семена киноа, *Chenopodium quinoa*, крахмал, салициловая кислота.

Для цитирования: Нициевская К. Н., Станкевич С. В., Бородай Е. В. Сравнительный анализ методов определения крахмала в семенах семейства *Amaranthaceae* // Ползуновский вестник. 2026. № 2, С. 53–57. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2026.02.007. EDN: <https://elibrary.ru/YHUSBY>.

Original article

COMPARATIVE ANALYSIS OF METHODS FOR DETERMINATION OF STARCH IN SEEDS OF AMARANTHACEAE FAMILY

Kseniya N. Nitsievskaya ¹, Svetlana V. Stankevich ², Elena V. Boroday ³

^{1, 2, 3} Siberian Federal Research Center of Agrobiotechnologies of the Russian Academy of Sciences, Russia

¹ nitsievskayakn@sfsca.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7302-106X>

² stankevichsv@sfsca.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5157-2004>

³ borodajelena@yandex.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4350-085X>

Abstract. A significant part of the world's agricultural products, which are produced for human and animal nutrition, consists of raw materials containing starch. To develop quality and safety indicators of products, it is necessary to quantify the content of starch grains, confirming their quality and ensuring the absence of possible falsifications. There are various methods for determining starch in plant raw materials. In the present work, the authors propose to carry out an analysis using the example of seeds of the *Amaranthaceae* family, in particular *Amaranthus albus* L and *Chenopodium quinoa* (white and black). The purpose of the study is to compare existing methods for determining starch using the example of seeds of the *Amaranthaceae* family. The article presents data from the physicochemical study of starch spectrophotometrically in seeds. Hydrolysis of *Amaranthus albus* L. and *Chenopodium quinoa* was performed using distilled water (Method 1) and salicylic acid (Method 2) with preliminary calibration plots. The metrological characteristics of the methods indicate their applicability, taking into account the measurement error of not more than 1.4 %. Sample starch assay data were visualized using plots. The obtained research data can serve as a theoretical basis for the development of quality indicators from the studied type of plant raw materials.

Keywords: amaranth seeds, *Amaranthus albus* L, quinoa seeds, *Chenopodium quinoa*, starch, salicylic acid.

For citation: Nitsievskaya, K. N., Stankevich, S. V. & Boroday, E. V. (2026). Comparative analysis of methods for determination of starch in seeds of *Amaranthaceae* family. *Polzunovskiy vestnik*, (2), 53-57. (In Russ). doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2026.02.007. EDN: <https://elibrary.ru/YHUSBY>.

ВВЕДЕНИЕ

Крахмал входит в состав многих пищевых продуктов, а также используется в качестве пищевой добавки, поэтому так важен метод его количественного определения в продуктах питания, подтверждающий их качество. В отечественной нормативной документации установлены стандарты на методы количественного определения содержания крахмала только для молочной, мясной продукции и кормов для животных.

Основным углеводом некоторых видов амаранта является крахмал, который составляет ориентировочно 48–69 %. Особенностью крахмала амаранта является относительно небольшое (до 22 %) содержание амилозы, что делает его особенно перспективным для использования в качестве загустителей в соусах, супах, мороженом, киселях и т.д., а также для предотвращения кристаллизации сахара [1, 2].

В связи с разнообразием видов крахмала по своему химическому строению в зарубежной и отечественной литературе представлено достаточно много методик количественного определения как обычных, так и модифицированных крахмалов. Чаще всего используют классические поляриметрический, ферментативный, йодометрический методы, которые основаны на измерении содержания глюкозы после кислотного или ферментативного гидролиза крахмала. В литературе также опубликованы современные методы контроля качественного состава и количественного содержания компонентов извлечения, такие как методы высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) и хромато-масс-спектрометрии [3, 4, 5].

Жидкостная хроматография широко используется в качестве аналитического метода при фармакопейном анализе многокомпонентных смесей [6].

Анализ литературных данных показал, что некоторые исследователи количественное содержание крахмала определяли с помощью антронового реактива. Качественный метод был основан на реакции образования окрашенного комплексного соединения крахмала с йодом [7]. В другом сообщении приводится разработанная экспресс-методика количественного определения трудноразделимых компонентов белок-крахмал семян амаранта в одной пробе методом ИК-спектроскопии [8].

Целью исследования является сравнительный анализ существующих методов определения крахмала на примере семян семейства *Amaranthaceae*.

Исследования проводили в Сибирском федеральном научном центре агробиотехнологий (СФНЦА РАН).

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Образцами для исследования являлись: семена *Amaranthus albus* L. «Кинес» (Россия, Курская область) по ТУ 01.11.99-001-0086728806-2019 и *Chenopodium quinoa* белая и черная (Россия, ООО «Гео Гудс») по СТО 26006230-005-2018.

Правила приемки и методы отбора проб проводили согласно ГОСТ 12037-81 Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения чистоты и отхода семян, определение описательной характеристики и категории чистоты – по ГОСТ 12036-85 Семена сельскохозяйственных культур. Правила приемки и методы отбора проб, оценка сортовой чистоты – по ГОСТ 28636-90 Семена малораспространенных кормовых культур. Сортовые и посевные качества. Расчет данных проводили на абсолютно сухую массу

(а.с.м.) согласно ГОСТ 13586.5-2015. Зерно. Метод определения влажности. Спектры поглощения извлечений из растительного сырья снимали на колориметре фотоэлектрическом (КФК, ЗОМ, Россия), оптическую плотность измеряли в кювете с толщиной слоя 10 мм. Для определения метрологических характеристик используемых методик проводили по 3 параллельных определения. Результаты исследований подвергались статистической обработке при проведении анализа 3 лабораторных серий для каждого образца. Статистическая обработка результатов анализа проводилась в соответствии с ГОСТ Р ИСО 5725-1-02 Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений. Часть 1. Основные положения и определения, ГОСТ Р ИСО 5725-3-2002 Точность (правильность и прецизионность), Руководством по валидации методик анализа лекарственных средств и ОФС 42-0113-09 Валидация аналитических методик.

Гидролиз растворов проводили с применением микроскопа марки Carl Zeiss Stereo Discovery V8 с камерой Axio Caml C с 5 и программным обеспечением ZEN (Германия).

Метод 1

Методика основана на реакции крахмала с йодом в присутствии йодида калия. Оптические показания снимали при красном светофильтре, при максимальном пике определяли соответствующую длину волны [9].

Навеску пробы в виде сухих и измельченных семян семейства *Amaranthaceae* (*Amaranthus albus* L. *Chenopodium quinoa* белая и черная) переносили в колбу вместимостью 500 см³, добавляли 300 см³ теплой (50±2 °С) дистиллированной воды и нагревали на водяной бане до достижения температуры 95±1 °С, далее охлаждали до комнатной температуры. Раствор количественно переносили в мерную колбу вместимостью 500 см³, доводили дистиллированной водой до метки и перемешивали. Полученный раствор отфильтровывали через бумажный фильтр высокой плотности («синяя лента»). К 10 см³ прозрачного фильтрата добавляют 1 см³ раствора йода (1 г кристаллического йода, химически чистого (х.ч.), и 1,5 г йодида калия, х.ч., добавляли 10 см³ дистиллированной воды и растирали до полного растворения йода, переносили в склянку с пришлифованной пробкой, добавляли 200 см³ дистиллированной воды). Измеряли оптическую плотность окрашенного в синий цвет раствора в кюветах с толщиной слоя 10 мм при оптимальной длине волны (определенной при построении градуировочного графика). Для раствора сравнения брали 10 см³ дистиллированной воды и 1 см³ раствора йода.

Построение градуировочного графика. Готовили стандартный раствор крахмала (ГОСТ 10163-76). Стандартные пробы с содержанием 0, 2, 4, 6, 8 и 10 см³ раствора крахмала, доводили дистиллированной водой до 10 см³ и перемешивали. Измеряли оптическую плотность растворов при длине волны от 670 нм в кюветах с толщиной слоя 10 мм. Содержание крахмала в пробе рассчитывали по формуле:

$$X(r) = \frac{A \cdot V}{m \cdot V_a} \cdot 1000,$$

где A – найденное значение по градуировочному графику содержания крахмала, мг/10 см³; V – общий объем раствора, см³; V_a – объем аликвоты, мл; m – масса анализируемой а. с. пробы, мг.

Метод 2

Метод основан на экстрагировании крахмала в присутствии салициловой кислоты с дальнейшим

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КРАХМАЛА В СЕМЕНАХ СЕМЕЙСТВА *AMARANTHACEAE*

титрованием в присутствии йодида калия [10]. Ход работы заключался в отборе навески в виде сухих и измельченных семян семейства *Amaranthaceae* (*Amaranthus albus* L. *Chenopodium quinoa* белая и черная), помещали в колбу вместимостью 100 см³ и заливали 20 см³ раствором салициловой кислоты (2,5 г кислоты растворить в 25 см³ 96 %-го спирта, затем доводили в мерной колбе до 1 дм³ дистиллированной водой). Экстрагирование проводили на кипящей водяной бане с обратным холодильником продолжительностью 45 мин. Далее охлаждали и доводили до объема колбы экстрагентом. Затем колбу вновь нагревали на кипящей бане и в горячем состоянии вытяжку фильтровали через двойной складчатый фильтр. Отбирали на исследование 10 см³ фильтрата, переносили в мерную колбу на 100 см³, прибавляли 70 см³ дистиллированной воды, 15 см³ 0,1 н. раствора хлороводородной кислоты, 2 мл реактива йодида калия (200 мг йодистого калия растворяли в 2 см³ дистиллированной воды, в присутствии 100 мг кристаллического йода), доводили оставшийся объем водой. Оптические показания снимали при красном светофильтре в кюветах с толщиной слоя 10 мм. Определение длины волны проводили при обнаружении максимального пика во время построения градиентного графика.

Построение калибровочной кривой. Ход работы заключался в отборе навески крахмала (ГОСТ 10163-76)

массой 100 мг, затем проводили экстрагирование в присутствии салициловой кислоты по описанному выше методу 1. Полученный фильтрат содержал в 1 см³ 1 мг крахмала, затем готовили растворы, содержащие 10, 9, 8, 7, 6, 5, 4, 3 мг крахмала. Далее проводили смешивание реактивов согласно последовательности, описанной в методе. В качестве раствора сравнения использовали те же реактивы, что и при подготовке пробы, при этом взамен фильтрата количественно брали салициловую кислоту.

Данный метод подразумевает получение данных по содержанию крахмала в мг/мл экстракта. Поэтому для определения содержания крахмала в статье применяли формулу по методу 1, учитывающий объем экстракта, объем аликвоты образца и массу навески.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Проведенный количественный анализ содержания крахмала в образцах экстрактов из семян семейства *Amaranthaceae* разными методами показал, что его уровень различен. Результаты исследования показателей качества представлены в таблице 1, из которой видно, что исследуемые семена семейства *Amaranthaceae* по показателям качества соответствовали требованиям I категории по ГОСТ 28636-90, при сортовой чистоте семян 98 %.

Таблица 1 – Показатели качества семян семейства *Amaranthaceae*
Table 1 – Quality parameters of seeds of *Amaranthaceae* family

Наименование образцов		Описательная характеристика	Сортовая чистота (%) / Категория	Влажность*, %
<i>Amaranthus albus</i> L.		Белые или светло-желтые, диаметр от 0,09 мм до 0,10 мм. Масса 1000 семян 0,613 г	98/I	9,85
<i>Chenopodium quinoa</i>	белая	Белые или светло-желтые, диаметр от 0,11 до 0,20 мм. Масса 1000 семян 2,436 г	99/I	8,37
	черная	Коричнево-черные или черные, округлые, диаметр от 0,12 до 0,20 мм. Масса 1000 семян 2,705 г	99/I	9,09

Примечание: * Влажность не более 12,00 % по ГОСТ 28636-90

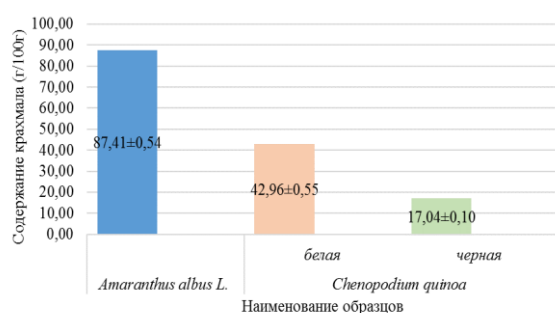


Рисунок 1 – Количественный анализ при исследовании крахмала (г/100 г) (p = 0,95, n = 3)

Figure 1 – Assay for starch (g/100g) (p = 0.95, n = 3)

В ходе проведения исследований были получены результаты по содержанию крахмала, представленные на рисунках 1 и 2.

Согласно литературным данным, содержание

крахмала в сортах амаранта «Валентина» и «Крепыш» оставили 43 % и 53 % [11]. Содержание крахмала в киноа колеблется от 50 до 70 % сухого вещества [12, 13].

В методе 1 содержание крахмала определялось в соотношении:

- *Amaranthus albus* L. 87,14±3,07 г/100 г;
- *Chenopodium quinoa* белая 42,96±1,04 г/100 г., и черная 17,04±0,58 г/100 г.

Используемый метод 1 имел ошибку от 0,6 % до 1,3 %. Поэтому можно утверждать о применимости данного метода при исследовании заявленных образцов растительного сырья.

Получение количественных данных по методу 2, когда содержание крахмала выражалось в процентном соотношении, отмечено высокое содержание в образцах *Chenopodium quinoa* белой. Полученные данные находились в среднем диапазоне:

- в семенах *Amaranthus albus* L. на 4,60 % или 46,9 мг на а.с.м.;
- в семенах *Chenopodium quinoa* черного на 2,82 %.

Таблица 2 – Метрологическая характеристика количественного определения крахмала, г/100 г ($p = 0,95$, $n = 3$).
Table 2 – Metrological characteristics of starch assay, g/100 g ($p = 0,95$, $n = 3$).

Образец	X_{cp}	S	S_2	$X_{cp} \pm \Delta X_{cp}$	S_x	ϵ , %
<i>Amaranthus albus</i> L.	87,41	0,94	0,88	$87,41 \pm 0,54$	1,19	0,62
<i>Chenopodium quinoa</i>						
белая	42,96	0,95	0,91	$42,96 \pm 0,55$	0,84	1,28
черная	17,04	0,18	0,03	$17,04 \pm 0,10$	0,23	0,60

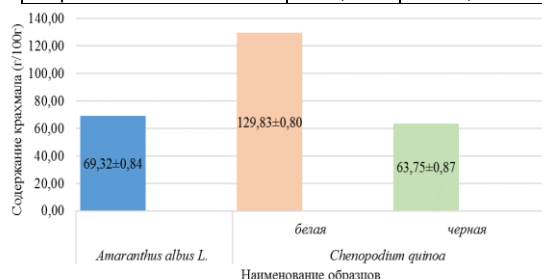


Рисунок 2 – Количественный анализ при исследовании крахмала (г/100 г) ($p = 0,95$, $n = 3$)

Figure 2 – Assay for starch (g/100 g) ($p = 0,95$, $n = 3$)
Согласно метрологическим характеристикам таб-

лицы 3, полученные данные по методу 2 имели ошибку, которая составила от 0,6 % до 1,4 %. При данном методе содержание крахмала было минимальное – от 63,75 г/100 г у *Chenopodium quinoa* черной, далее количественное содержание 69,32 г/100 г у *Amaranthus albus* L. и *Chenopodium quinoa* белой – 129,83 г/100 г. Можно утверждать, что в *Chenopodium quinoa* белой содержание крахмала было больше в сравнении с используемыми образцами примерно в 2 раза.

Представленные методы определения крахмала являются доступными и описательными для сравнения в количественном соотношении.

Однако также упоминаем, что метод 1 имел ошибку менее 1,0 %. Данный факт можно объяснить параметрами экстрагирования.

Таблица 3 – Метрологическая характеристика количественного определения крахмала, г/100 г ($p = 0,95$, $n = 3$)
Table 3 – Metrological characteristics of starch assay, g/100 g ($p = 0,95$, $n = 3$)

Образец	X_{cp}	S	S_2	$X_{cp} \pm \Delta X_{cp}$	S_x	ϵ , %
<i>Amaranthus albus</i> L.	69,32	1,46	2,12	$69,32 \pm 0,84$	1,32	1,21
<i>Chenopodium quinoa</i>						
белая	129,83	1,39	1,94	$129,83 \pm 0,80$	1,77	0,62
черная	63,75	1,51	2,27	$63,75 \pm 0,87$	1,29	1,36

Согласно методу 1 продолжительность экстрагирования образцов семян составляла 45 минут при температуре кипения, точнее $\approx 98-100$ °C. При этом по методу 2 экстрагирование было непродолжительным и составляло не более ≈ 5 минут, т.е. до температуры 95 °C. С другой стороны, возможно, длитель-

ное экстрагирование повлияло на переход соединений схожей крахмальной природы. Однако данные исследования возможны при более детальном изучении предложенных методов с использованием методик высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ).

Таблица 4 – Исследование размера частиц при гидролизе, мкм / Table 4 – Study of particle size under hydrolysis, μm

Размер частиц, мкм		
<i>Amaranthus albus</i> L.	<i>Chenopodium quinoa</i>	
	белая	черная
Метод 1		
$5,00 \pm 1,80$	$10,29 \pm 4,76$	$6,90 \pm 4,68$
Метод 2		
$7,25 \pm 1,54$	$8,23 \pm 3,15$	$6,02 \pm 1,89$

Данные исследования при гидролизе, представленные в таблице 4, показали, что размеры частиц не имели существенных различий, зависящих от вида образца или гидролиза.

ВЫВОДЫ

Использование представленных методов анализа позволило получить новые данные о гидролизе крахмала для количественного определения содержания компонента на примере семян семейства *Amaranthaceae*. Полученные результаты количественного анализа распространяются на образцы анализируемого растительного сырья при условии соблюдения всех параметров проведения исследований по представленным методам. Научный материал может служить теоретической базой для разработки показателей качества из исследуемого вида растительного сырья.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Zhu F. (2017). Structures, physicochemical properties, and applications of amaranth starch. Crit Rev Food Sci Nutr, 57(2), 313-325. doi: 10.1080/10408398.2013.862784.

2. Урубов С.А., Хованская С.С., Смирнов С.О. Сравнительный анализ гликемического индекса амаранта и других продуктов без глютена // Техника и технология пищевых производств. 2019. Т. 49. № 4. С. 629–634. doi: 10.21603/2074-9414-2019-4-629-634.

3. Рачкова В.П., Сураева Н.М., Глазков С.В., Самойлов А.В. Спектрофотометрическое определение крахмала в томатных продуктах с антроновым реактивом // Вестник КрасГАУ. 2018. № 6(141). С. 187–193.

4. Ovando M., Whitney K., Simsek S. (2013). Analysis of starch in foods by high performance size exclusion chromatography. Journal of Food Science, 78(2), 192–198. doi: 10.1111/1750-3841.12037.

5. Zhao S., Ren Y., Wei C. (2023). Staining Starch with Iodine Solution. Methods Mol Biol, 2566, 281–290. doi: 10.1007/978-1-0716-2675-7_23.

6. Дейнека Л.А., Дейнека В.И., Гостищев И.А., Сорокопудов В.Н., Сиротин А.А. Определение сквалена в семенах некоторых растений семейства *Amaranthaceae* // Химия растительного сырья. 2008. № 4. С. 69–74.

7. Самойлов А.В., Сураева Н.М., Рачкова В.П., Петров А.Н. Оценка уровня содержания крахмала в томатных кетчупах // Пищевая промышленность. 2020. № 9. С. 26–29. doi: 10.24411/0235-2486-2020-10093.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КРАХМАЛА В СЕМЕНАХ СЕМЕЙСТВА AMARANTHACEAE

8. Офицеров Е.Н., Гулькикова М.В., Лентищенко Л.В., Калистратова А.В. Экспресс-методика количественного определения белка и углеводов в продуктах переработки семян амаранта методом ИК-спектроскопии // Бутлеровские сообщения. 2024. Т. 78. № 6. С. 126–135. doi: 10.37952/ROI-jbc-01/24-78-6-126.

9. Панова Т.М., Щеголев А.А. Технология и оборудование для переработки растительного сырья // Методические указания по выполнению лабораторного практикума для студентов очной и заочной форм обучения. Направление 240100 «Химическая технология и биотехнология». Екатеринбург, УГЛТУ, 2010. 17 с.

10. Большой практикум «Биохимия». Лабораторные работы : учеб. пособие / сост. М.Г. Кусякина, В.И. Суворов, Л.А. Чудинова ; Перм. гос. нац. исслед. ун-т. Пермь, 2012. 148 с.

11. Скобельская З.Г. Применение амарантовой муки в производстве вафельных листов повышенной пищевой ценности / З.Г. Скобельская, М.Г. Бальхин, С.Д. Хасанова и др. // Достижения науки и техники АПК. 2020. Т. 34. № 6. С. 92–96. doi: 10.24411/0235-2451-2020-10618.

12. Орлова Т.В., Айдер М. Крахмал зерна квиноа (*Chenopodium quinoa* Willd.): состав, морфология и физико-химические свойства // Техника и технология пищевых производств. 2021. Т. 51, № 1. С. 98–112. doi: 10.21603/2074-9414-2021-1-98-112.

13. López D.N., Galante M., Robson M., Boeris V., Spelzini D. (2018). Amaranth, quinoa and chia protein isolates: Physicochemical and structural properties. *Int J Biol Macromol*, 109, 152–159. doi: 10.1016/j.ijbiomac.2017.12.080.

Информация об авторах

К. Н. Ницеевская – кандидат технических наук, доцент, ведущий научный сотрудник Сибирского федерального научного центра агробиотехнологий Российской академии наук (СФНЦА РАН).

С. В. Станкевич – кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник Сибирского федерального научного центра агробиотехнологий Российской академии наук (СФНЦА РАН).

Е. В. Бородай – старший научный сотрудник Сибирского федерального научного центра агробиотехнологий Российской академии наук (СФНЦА РАН).

REFERENCES

1. Zhu, F. (2017). Structures, physicochemical properties, and applications of amaranth starch. *Crit Rev Food Sci Nutr*, 57(2), 313–325. doi: 10.1080/10408398.2013.862784.

2. Urubkov, S.A., Khovanskaya, S.S., Smirnov, S.O. Comparative analysis of the glycemic index of amaranth and other gluten-free products. *Machinery and technology of food production*. 2019. Vol. 49, No. 4. pp. 629–634. (In Russ.). doi: 10.21603/2074-9414-2019-4-629-634.

3. Rachkova, V.P., Suraeva, N.M., Glazkov, S.V., Samoylov, A.V. Spectrophotometric determination of starch in tomato products with anthrone reagent // *Bulletin of KrasGAU*, 2018, No. 6(141), pp. 187–193. (In Russ.).

4. Ovando, M., Whitney, K., Simsek, S. (2013). Analysis of starch in food systems by high performance size exclusion chromatography. *Journal of Food Science*, 78(2), 192–198. doi: 10.1111/1750-3841.12037.

5. Zhao, S., Ren, Y., Wei, C. (2023). Staining Starch with Iodine Solution. *Methods Mol Biol*, 2566, 281–290. doi: 10.1007/978-1-0716-2675-7_23.

6. Deineka, L.A., Deineka, V.I., Gostischev, I.A., Sorokopudov, V.N., Sirotnin, A.A. Determination of squalene in seeds of some plants of the Amaranthaceae family // *Chemistry of plant raw materials*. 2008. No. 4. pp. 69–74. (In Russ.).

7. Samoilov, A.V., Suraeva, N.M., Rachkova, V.P., Petrov, A.N. Assessment of the starch content in tomato ketchup // *Food industry*. 2020. No. 9. pp. 26–29. (In Russ.). doi: 10.24411/0235-2486-2020-10093.

8. Ofitserov, E.N., Gultikova, M.V., Lentshenko, L.V., Kalistratova, A.V. IR spectroscopy express method for quantitative determination of protein and carbohydrates in amaranth seed products. *Butlerov Communications C*. 2024. Vol. 7. No. 2. Id. 12. (In Russ.). doi: 10.37952/ROI-jbc-01/24-78-6-126/ROI-jbc-C/24-7-2-12.

9. Panova, T.M., Shchegolev, A.A. Technology and equipment for processing plant raw materials // Methodological guidelines for the implementation of laboratory practice for full-time and part-time students. Direction 240100 "Chemical technology and biotechnology". Yekaterinburg, UGLTU, 2010. 17 p. (In Russ.).

10. Big workshop "Biochemistry". Laboratory work: educational. manual / comp. M.G. Kusakina, V.I. Suvorov, L.A. Chudinova ; Perm State National University. research. un-t. Perm, 2012. 148 p. (In Russ.).

11. Skobelskaya, Z.G. The use of amaranth flour in the production of wafer sheets of increased nutritional value / Z.G. Skobelskaya, M.G. Balykhin, S.D. Khasanova [et al.] // *Achievements of science and technology of the agroindustrial complex*. 2020. Vol. 34. No. 6. pp. 92–96. (In Russ.). doi: 10.24411/0235-2451-2020-10618.

12. Orlova, T.V., Aider, M. Starch of quinoa grain (*Chenopodium quinoa* Willd.): composition, morphology and physicochemical properties // *Machinery and technology of food production*. 2021. Vol. 51, No. 1. pp. 98–112. (In Russ.). doi: 10.21603/2074-9414-2021-1-98-112.

13. López, D.N., Galante, M., Robson, M., Boeris, V., Spelzini, D. (2018). Amaranth, quinoa and chia protein isolates: Physicochemical and structural properties. *Int J Biol Macromol*, 109, 152–159. doi: 10.1016/j.ijbiomac.2017.12.080.

Information about the authors

K.N. Nitsievskaia - Candidate of Technical Sciences, Leading researcher Siberian Federal Research Center of Agrobiotechnologies of the Russian Academy of Sciences.

S.V. Stankevich - Candidate of Agricultural Sciences, Senior researcher Siberian Federal Research Center of Agrobiotechnologies of the Russian Academy of Sciences.

E.V. Boroday - Senior researcher Siberian Federal Research Center of Agrobiotechnologies of the Russian Academy of Sciences.

*Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
The authors declare that there is no conflict of interest.*

Статья поступила в редакцию 17 декабря 2025; одобрена после рецензирования 24 апреля 2026; принята к публикации 18 мая 2026.

The article was received by the editorial board on 17 Dec 2025; approved after editing on 24 Apr 2026; accepted for publication on 18 May 2026.