



Обзорная статья
4.3.3. – Пищевые системы (технические науки)
УДК633.15 : 664

doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2026.02.011

EDN: PJPZSD

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СТЕРЖНЕЙ ПОЧАТКОВ КУКУРУЗЫ В РЕЦЕПТУРАХ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

Карина Ильдаровна Шайхиева¹, Светлана Владимировна Борисова²

^{1,2} Казанский национальный исследовательский технологический университет, Казань, Россия

¹ shaykhievak@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-1188-7885>

² borsv13@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-7425-410X>

Аннотация. Обобщены сведения из мировых литературных источников по использованию отхода от получения зерновок кукурузы (*Zea mays*) – биомассы стержней кукурузных початков в качестве компонента для изготовления различных продуктов питания и напитков. Кратко показана информация об объемах площадей для выращивания зерновок кукурузы и количествах образующихся стержней кукурузных початков в мировом масштабе. Также кратко приведены сведения об основных путях использования стержней початков *Zea mays* в различных отраслях народного хозяйства и для получения различных химических соединений. Даны сведения литературных источников о содержании биогенных соединений (целлюлозы, гемицеллюлозы, лигнина, жирных кислот и белковых соединений, некоторых фенольных соединений) в составе стержней кукурузных початков. Приведены данные по значениям водоудерживающей и маслоудерживающей способности, а также водонабухаемости нативных стержней початков *Zea mays*. По данным литературных источников показано, что мука из стержней початков кукурузы содержит в своем составе большое количество пищевых волокон и потенциально может использоваться в качестве источника последних в рецептурах различных продуктов питания (хлеб, макаронные изделия, печенье, кексы, крекеры и десертные изделия). Показано применение мкеи из стержней початков кукурузы для изготовления национальных продуктов питания, таких как otak-otak, putupiring, kuih kaswi. Указывается, что полифенольные соединения в составе стержней кукурузных початков являются биодоступными и обладают потенциальным биологическим эффектом, а также могут использоваться как потенциально реализуемые пищевые ингредиенты, обладающие антиоксидантными свойствами. Также показано использование экстрактов и порошка из початков кукурузы для приготовления различных напитков.

Ключевые слова: стержни початков кукурузы, биомасса, мука из стержней, переработка, отход сельского хозяйства, состав, продукты питания, напитки, компонент.

Благодарности: Работа выполнена за счет гранта, предоставленного Академией наук Республики Татарстан образовательным организациям высшего образования, научным и иным организациям на поддержку планов развития кадрового потенциала в части стимулирования их научных и научно-педагогических работников к защите докторских диссертаций и выполнению научно-исследовательских работ (Соглашение №10/2025-ПД-КНИТУ от 22.12.2025).

Для цитирования: Шайхиева К. И., Борисова С. В. Использование стержней початков кукурузы в рецептурах продуктов питания (обзор литературы) // Ползуновский вестник. 2026. № 2, С. 77–89. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2026.02.011. EDN: <https://elibrary.ru/PJPZSD>.

Review article

USE OF CORN COBS IN FOOD RECIPES (LITERATURE REVIEW)

Karina I. Shaykhieva¹, Svetlana V. Borisova²

^{1,2} Kazan National Research Technological University, Kazan, Russia

¹ shaykhievak@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-1188-7885>

² borsv13@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-7425-410X>

Abstract. This article summarizes literature data on the use of corn kernel (*Zea mays*) biomass as a component in the production of various food and beverage products. It briefly describes the area under corn kernel cultivation and the quantities of corn cobs produced globally. It also briefly describes the main uses of *Zea mays* cobs in various sectors of the national economy and for the production of various chemical compounds. Literary data on the content of biogenic compounds (cellulose, hemicellulose, lignin, fatty acids and protein compounds, and some phenolic compounds) in corn cobs are presented. Data on the water-holding capacity, oil-holding capacity, and water swelling capacity of native *Zea mays* cobs are also presented. Literary sources have shown that corncob flour contains a high amount of dietary fiber and can potentially be used as a source of fiber in various food products (bread, pasta, cookies, muffins, crackers, and desserts). The use of corncob flour in the production of traditional foods such as otak-otak, putu piring, and kuih kaswi has been demonstrated. The polyphenolic compounds in corncobs are bioavailable and have potential biological effects, and can also be used as potentially marketable food ingredients with antioxidant properties. The use of corncob extracts and powder in the preparation of various beverages has also been demonstrated.

© Шайхиева К. И., Борисова С. В., 2026

Keywords: Corn cobs, biomass, corn cob meal, processing, agricultural waste, composition, food, beverages, component.

Acknowledgements: The work was carried out at the expense of a grant provided by the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan to educational organizations of higher education, scientific and other organizations to support plans for the development of human resources in terms of stimulating their scientific and scientific-pedagogical work to defend doctoral dissertations and perform research (Agreement No. 10/2025-PD-KNRTU dated 12/22/2025).

For citation: Shaikhieva, K. I. & Borisova, S. V. (2026). Use of corn cobs in food recipes (literature review). *Polzunovskiy vestnik*, (2), 77-89. (In Russ). doi: 10/25712/ASTU.2072-8921.2026.02.011. EDN: <https://elibrary.ru/PJPZSD>.

ВВЕДЕНИЕ

При переработке сельскохозяйственной продукции для производства продуктов питания образуется большое количество разнообразных отходов в виде соломы, плодовых оболочек зерен, жмыха и шротов, лузги и т.д. Отходы от переработки сельскохозяйственного сырья не находят должного вторичного использования и зачастую банально сжигаются, закапываются в почву, используются в виде подстилок для содержания животных и др.

Общеизвестно применение растительных сельскохозяйственных отходов во многих отраслях народного хозяйства в качестве прекурсоров для получения биотоплив (биоэтанол, биометанол, биодизель), различных химических соединений, наполнителей строительных и конструкционных материалов, сорбционных материалов и т.д. Одним из перспективных направлений использования сельскохозяйственных отходов, учитывая наличие в их составе физиологически функциональных соединений, является их применение в качестве ингредиентов для производства различных продуктов питания [1–16].

Кукуруза сладкая (*Zea mays*) является одной из основных сельскохозяйственных культур, производимых в мире, занимая второе место после пшеницы по объемам выращивания. Указывается, что в 2024 году площадь посевных земель под кукурузу в мире составила 201,6 млн. га, из них в Китае – 44,7 млн. га, в США – 33,23 млн. га, в Бразилии – 22,3 млн. га [17]. Определено, что мировое производство зерновок кукурузы в 2023 г. составило 1210 млн. тонн [18].

При выращивании кукурузы на зерно образуется значительное количество отходов, таких как стержни и шелуха початков, стебли и листья растения. Эти отходы составляют $\approx 40\%$ от общего объема производства зерна, и 40% из них приходится на стержни початков кукурузы [19]. Т.е. масса отходов при производстве зерновок кукурузы в настоящее время составляет более 485 млн. тонн, из них стержней початков – более 195 млн. тонн. В работе [20] указывается, что соотношение зерновок кукурузы к массе стержня початка составляет 100:18, что по расчетам привело к образованию в 2023 г. 217,8 млн. тонн последних.

Известно много способов вторичного использования стержней кукурузного початка (СКП): получение различных видов биотоплив [21, 22], использование в качестве наполнителя в составе строительных [23, 24] и полимерных материалах [25], для получения биоразлагаемых полимеров [26], карбонизатов и активированных углей [27, 28], сорбционного материала для удаления различных загрязняющих веществ из водных сред [29, 30]. СКП является ценным источником для получения из нее, в частности, различных биополимеров [31], лимонной [32], молочной [33, 34], феруловой [35], уксусной и муравьиной [36] кислот, фурфурола [37] и др. химических соединений. Кроме

того, показано, что СКП являются прекурсорами для получения ксилана [38, 39], ксиланазы [40] и ксило-олигосахаридов [41–43]. Одним из путей использования СКП является их использование в качестве компонента для изготовления различных продуктов питания.

СОСТАВ СТЕРЖНЕЙ ПОЧАТКА КУКУРУЗЫ

В различных литературных источниках приведен состав СКП. В частности, в работе [44] определено содержание химических соединений в составе СКП за 1991–2004 гг. Показано, что общее содержание пищевых волокон составило 89,96–93,21 %, из них растворимых пищевых волокон – 0,78–2,17 %, нерастворимых – 86,02–88,80 %. При этом содержание целлюлозы колебалось в пределах 35,43–39,37 %, гемицеллюлозы – 43,54–46,01 %, лигнина – 3,20–6,39 %. Содержание белков составило 2,85–3,22 %, жиров – 0,48–0,59 % [44]. В работе [45] указывается, что содержание целлюлозы в СКП составляет 38–50 %, гемицеллюлозы – 23–32 %, лигнина – 15–25 %, влажность составляет 7–10 %. Авторами работы [46] также определено содержание основных биополимеров в СКП: целлюлоза – 40 %, гемицеллюлоза – 25 %, лигнина – 4 %, белков – 7 %, жиров – 7 %, зольность – 3 %. Определено [47], что содержание пищевых волокон в СКП составляет 82,62 %, из них нерастворимых – 80,28 %, растворимых – 2,34 %, что несколько ниже таковых показателей, приведенных в работе [44]. Также выявлено, что водоудерживающая способность нативных стержней початков *Zea mays* составило 3,49 г/г, маслоудерживающая способность – 5,1 г/г, а водонабухаемость – 0,285 г/г [47].

Содержание фенольных соединений составляет по данным работы [46], 6,74 г ГАЕ/кг сухого веса СКП, из них наибольшее количество фенольных соединений присутствовало в нерастворимой связанной форме ($5,41 \pm 0,27$ г ГАЕ/кг), за которой следовали свободные фенольные ($0,9 \pm 0,08$ г ГАЕ/кг) и этерифицированные фенольные ($0,43 \pm 0,05$ г ГАЕ/кг) фракции. Также определено общее содержание феруловой и п-кумаровой кислот, присутствующих во всех трёх фракциях, которое составило $3,06 \pm 0,19$ и $4,23 \pm 0,25$ г/кг сухого веса, соответственно [46]. В работе [48] указывается, что содержание феруловой кислоты в СКП может колебаться от 6,9 до 32,5 мкг/мг сухого вещества.

Указывается, что полифенольные соединения в составе СКП являются биодоступными и обладают потенциальным биологическим эффектом, а также могут использоваться как потенциально реализуемые пищевые ингредиенты [49], обладающие антиоксидантными свойствами [50].

В работах [51, 52] сделан вывод, что сельскохозяйственные отходы от переработки кукурузы, в том числе отруби и кукурузные волокна, могут быть использованы в качестве функциональных ингредиентов в пищевых продуктах.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СТЕРЖНЕЙ ПОЧАТКОВ КУКУРУЗЫ В РЕЦЕПТУРАХ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

СОСТАВ МУКИ ИЗ СТЕРЖНЕЙ ПОЧАТКОВ КУКУРУЗЫ

В работе [52] приведены характеристики муки, полученной из СКП, как альтернативы, пригодной для приготовления или обогащения пищевых продуктов. Определено, что влажность муки составила 4,36 %, влагоудерживающая способность – 2,36 %, коэффициент водопоглощения – 5,0 %, зольность – 1,82 %, гидрогенный потенциал – 6,37 %, содержание углеводов – 72,82 %, пищевых волокон – 8,91 %, протеинов – 2,37 %, липидов – 1,32 %, фитиновой кислоты – 0,49 % и щавелевой кислоты – 0,03 %. Очевидно, что физико-химические данные муки из СКП показывают низкие значения влажности, высокие показатели содержания клетчатки и золы по сравнению с традиционными видами муки. Сделан вывод, что данная мука может быть потенциально безопасна для потребления человеком, ее микробиологические показатели соответствуют действующему законодательству, демонстрируя пригодность к употреблению. Полученная и проанализированная мука из стержней кукурузных початков (МСКП) имеет большой потенциал для использования в качестве добавки или обогащения пищевых продуктов, поскольку она способствует физиологической пользе благодаря содержанию клетчатки и низкому содержанию щавелевой и фитиновой кислот [53].

Определено, что МСКП имеет более высокие показатели по содержанию жиров (1,40 %), сырой клетчатки (38,39 %) и зольности (1,89 %) по сравнению с пшеничной мукой (0,77 %, 0,52 % и 0,73 % соответственно) и более низкие показатели по содержанию белков (3,24 %), углеводов (43,59 %) и влажности (11,51 %) в сравнении с мукой из пшеницы (12,80 %, 72,31 и 12,87 % соответственно). Также выявлено, что пшеничная мука имеет более высокое значение калорийности (347,38 Ккал/100 гр. сухой массы) в сравнении с МСКП (199,83 Ккал/100 гр. сухой массы) [54].

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МУКИ ИЗ СТЕРЖНЕЙ ПОЧАТКОВ КУКУРУЗЫ В СОСТАВЕ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ И НАПИТКАХ

В связи с вышеизложенным изучались свойства хлеба с четырьмя разными пропорциями МСКП: 0 % (контроль), 5 %, 10 % и 15 %. Выявлено, что при увеличении доли МСКП с 5 % до 15 % значительно возросло содержание клетчатки и снижалось количество белка ($p < 0,05$) в изделии. При этом на другие химические показатели (влажность, зольность, содержание жира и углеводов) добавление МСКП влияло незначительно. Также определено, что при увеличении доли МКП уменьшался объем хлеба и повышалась его упругость ($p < 0,05$). Также отмечалось изменение цвета верхней корочки хлеба: при увеличении доли початочной муки наблюдалась более светлая и желтая окраска. По результатам оценки хлеба по таким параметрам, как цвет, аромат, равномерность клеток, твердость, вкус и общая приемлемость, изделие с 10 % МСКП получило самые высокие средние баллы (7,0 баллов) среди всех образцов, что было сопоставимо с коммерческим хлебом, доступным на рынке [55].

Сопоставимые данные получены в работе [54], в которой пшеничная мука на 5, 10 и 20 % заменялась на МСКП и использовалась для выпечки хлеба. Выявлено, что включение МСКП в рецептуру хлеба значительно повлияло на текстуру, цвет и объем выпе-

каемого изделия. Определено, что увеличение содержания початочной МКП в рецептуре хлеба приводит к получению более плотных, но мелких и темных буханок по сравнению с контрольным образцом. Рецептура хлеба с добавлением 10 % МСКП имела наивысший средний балл (7,0) общей приемлемости среди всех других рецептов и была сопоставима с коммерческими сортами хлеба [54].

В исследовании [56] молочная кислота, полученная из СКП, использовалась в различных дозировках (0 %, 0,1 %, 0,3 % и 0,4 %) в рецептуре для выпекания хлеба. Выявлено, что органолептические характеристики хлеба с введенной в его состав молочной кислотой не изменились. Полученные результаты, показывают, что оценки объема буханки хлеба снижались в зависимости от продолжительности хранения до 96 часов. Свежий хлеб получил наивысшие оценки, за ним следовал хлеб, оцененный через 24 и 48 часов хранения. Хлеб, содержащий 0,1 % молочной кислоты, и контрольный образец получили самые высокие оценки за объем буханки. Также определено, что цвет корки хлеба, который улучшился при добавлении молочной кислоты до 0,2 %, при дальнейшем увеличении дозы молочной кислоты ухудшался. Цвет корки хлеба также ухудшался с увеличением времени хранения. Изменение доз молочной кислоты оказало значительное влияние на баллы, присваиваемые симметрии формы хлеба. У хлеба, содержащего 0,1 % молочной кислоты, достигались значительно более высокие оценки по сравнению с другими образцами изделия. Также выявлено, что баллы за равномерность пропекания хлеба с увеличением молочной кислоты в составе снижались. Результаты также показали, что характер корки хлеба, содержащего 0,1 % и 0,2 % молочной кислоты, получил значительно более высокие оценки, чем хлеб, содержащий 0,3 % и 0,4 % молочной кислоты. Наименьшие оценки были присвоены характеру корки хлеба, испытанного после 72 и 96 часов хранения. Также выявлено, что зерно хлеба, содержащее 0,3 % и 0,4 % молочной кислоты, получило самые высокие оценки. Сделан вывод, что пищевая молочная кислота, полученная из СКП, является потенциальным источником для улучшения качества хлеба и может быть использована в качестве замены традиционных хлебных добавок [56].

Кроме хлеба, добавки, содержащие высокие уровни клетчатки, применяются и в рецептуре макаронных изделий. В рамках современных моделей питания важность макаронных изделий, обогащенных клетчаткой, выходит за рамки их пищевой ценности. С ростом распространенности таких проблем со здоровьем, как ожирение, диабет и сердечно-сосудистые заболевания, потребность в полезных, богатых питательными веществами продуктах питания становится насущной. Обогащенные клетчаткой макаронные изделия представляют собой актуальное решение, способствуя насыщению, регулированию уровня сахара в крови и поддержанию здоровья пищеварительной системы [57].

Для изготовления макаронных изделий в рецептуру добавлялось 5–20 % (вес.) МСПК. Содержание клетчатки и антиоксидантная активность макаронных изделий повышались с увеличением уровня добавления МСПК. При уровне добавления последней 20 %, содержание волокон и общего фенольного сырья в макаронах увеличилось в 2 и 4 раза, соответственно, по сравнению с контролем. Однако потери при варке увеличились, в то время как оптимальное время вар-

ки, скорость удлинения, прочность на разрыв и общая приемлемость снизились с увеличением уровня добавления МСПК. Обработка смешанного теста из 90 % манной крупы и 10 % МСПК трансклутаминой (ТГ) была успешно применена для улучшения потерь при варке, скорости удлинения, прочности на разрыв, а также общей приемлемости включенных макаронных изделий. При дозе ТГ 0,75 ед./г белка и времени инкубации 10 минут, качество варки и физическое качество, а также общая приемлемость макаронных изделий с добавлением МСПК были сопоставимы с таковыми у контроля. Сделан вывод, что добавление МСПК увеличило содержание клетчатки и антиоксидантную активность макаронных изделий, но отрицательно повлияло на их кулинарные и физические свойства, а также на общую приемлемость. Эти негативные эффекты от добавления порошка из стержней початка можно устранить обработкой смешанного теста ТГ в соответствующей дозировке и с подходящим временем инкубации. Сочетание МСПК и ТГ может использоваться для производства богатых клетчаткой макаронных изделий с приемлемыми кулинарными и физическими свойствами, а также общей приемлемостью [58].

Выявлено несколько литературных источников по использованию МСПК в рецептурах различных бакалейных изделий, таких как печенье, кексы и десертные изделия. Так, в частности, исследовалось потенциальное использование МСПК в качестве источника пищевых волокон для производства печенья с высоким содержанием клетчатки. МПК вводилась в количестве 10, 20 и 30 % взамен пшеничной муки. Образцы печенья анализировались на общее содержание углеводов и минералов (Mg, Zn, Fe, Ca, P). Образцы печенья подвергали сенсорной оценке при сравнении с образцами, в состав которых вводили адекватное количество пшеничных отрубей. Введение МСПК в состав рецептуры вызвал значительное снижение общего содержания углеводов и всех указанных минералов, а также значительное увеличение содержания растворимых, нерастворимых и общих пищевых волокон в образцах печенья. Выявлено, что с увеличением количества введенной МСПК в рецептуру изделия, цвет, вкус, хрусткость, ощущение во рту и восприятие послевкуся снижались. Сенсорный анализ показал, что печенье, содержащее МСПК, было предпочтительнее по цвету и не уступало по вкусу и хрусткости печенью, содержащему пшеничные отруби [59].

В исследовании [59], МСПК была обработана Filtrase Sprint – коммерческим ферментным препаратом, содержащим эндо-1,3(4)-β-глюканазу и эндо-1,4-β-ксилогалактотрансферазу *Talaromyces emersonii*, для превращения нерастворимых пищевых волокон в растворимые пищевые волокна, а затем добавлена в рецептуру печенья. Подходящими условиями для ферментативной обработки были содержание воды 85 % от сухого веса, количество фермента 54 мкл/г сухого веса и время инкубации 3 часа. Печенье изготавливалось с использованием нативной или обработанного ферментами МСПК при уровнях замещения пшеничной муки 0 % (контроль), 10 %, 20 %, 30 % и 40 %. Тесто раскатывалось вручную до высоты 4 мм, формовалось круглой формой диаметром 35 мм и выпекалось при температуре 175 °C в течение первых 15 мин, затем при 150 °C в течение оставшихся 10 мин. Указывается, что печенье, содержащее МСПК, значительно увеличило содержание пищевых волокон, общее содержание фенолов и антиоксидантную ак-

тивность по сравнению с контрольным образцом. Обработанные ферментом продукты привели к меньшей твердости, большей хрупкости и более высокой общей приемлемости, чем продукты, включавшие необработанные аналоги [60].

Имеется сообщение об использовании МСПК для получения крекеров в домашних условиях. Приготовление теста для крекеров осуществлялось путем смешивания основных ингредиентов и добавок, равномерного перемешивания и вымешивания вручную до получения плотной и однородной массы. Затем в тесто добавлялась ¼ часть муки из тапиоки, которая частично заменялась МСПК, вода, соль, сахар, яйца, лук и кориандр, измельченные до состояния каши. Смесь помещалась в пленку, заворачивалась и готовилась 40 минут на пару до готовности. Тесто охлаждалось, затем укатывалось до толщины 1–2 мм и формовалось по желанию. Далее тесто высушивалось на солнце до полного высыхания. Сформованные и высушенные сырые крекеры обжаривались, упаковывались с помощью упаковочной машины. Определено, что крекеры имели характерный запах, коричневатый цвет и пикантный вкус [61].

Исследовалась оценка влияния частичной замены пшеничной муки МСПК в количестве 10–50 % на физико-химические и технологические свойства как теста (рН, удельный вес и текстура), так и кексов (рН, удельный объем, активность воды, влажность, общая титруемая кислотность, инструментальный цвет, текстура и примерный состав). Высокое содержание клетчатки в МСПК значительно ($p < 0,05$) повлияло на технологические свойства теста, увеличив его жесткость и снизив удельный вес. В кексах добавление МСПК уменьшило объем и упругость изделия, а плотность, твердость, клейкость и разжевываемость усилились. Кроме того, определено, что с увеличением дозирования початковой муки в кексах значения красноты (a^*) и желтизны (b^*) планомерно повышаются, в то время как параметр светлости (L^*) понижается. Рецептура с 10 % заменой пшеничной муки МСПК показала наиболее благоприятные характеристики, особенно с точки зрения кажущейся плотности теста ($0,83 \text{ г/см}^3$), удельного объема ($2,64 \text{ дм}^3/\text{кг}$) и упругости ($7,05 \text{ Н}$). Сделан вывод, что частичная замена пшеничной муки 10 % МСПК является перспективной как с технологической, так и с пищевой точки зрения, главным образом благодаря повышению содержания пищевых волокон [62].

Исследовалось влияние замены рисовой муки в количестве 10–30 % лиофилизированной МСПК с содержанием феруловой кислоты 6,02 мг/г для изготовления кексов. В ходе проведения экспериментов выявлено, что добавление МСПК в рецептуру изделия увеличило содержание пищевых волокон и свободной феруловой кислоты в кексах. Добавление до 20 % МСПК привело к увеличению высоты и улучшению цвета кексов, а также количества воздушных ячеек в мякише и к снижению твердости изделий. Определено, что кексы, содержащие МСПК, показали более высокий средний общий балл, чем изделия, изготовленные только с рисовой мукой [63, 64].

В работе [65] определялось содержание клетчатки в СКП и оценивалось ее потенциальное использование в хлебобулочных изделиях для улучшения питательных свойств. Использовались три метода экстракции: водная, кислотная и щелочная. Выявлено, что водная экстракция дала наибольший выход клетчатки – 98,12 % ($p < 0,05$) и наибольшее содержание нерастворимых пищевых волокон – 69,40 %, что обеспечило

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СТЕРЖНЕЙ ПОЧАТКОВ КУКУРУЗЫ В РЕЦЕПТУРАХ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

хорошие показатели по маслоудерживающей способности, набухаемость, адсорбционной способности по глюкозе и холестерину. Определено, что кексы, обогащенные клетчаткой, полученной этими методами, не выявили существенных различий в текстуре изделий, за исключением связности. Сделан вывод, что водная экстракция является наиболее выгодным методом, обеспечивающим наибольший выход, повышенную безопасность и текстуру изделий, сопоставимую с кексами, полученными с клетчаткой, полученной кислотной и щелочной экстракцией, без ущерба для качества [65].

Изучалось влияние добавления МСКП на физико-химические и органолептические свойства малазийского национального десерта kuih kaswi. Для приготовления kuih kaswi используются пшеничная, рисовая или тапиоковая мука, белый сахар, щелочная вода и темный пальмовый сахар, который придает пирогу характерный темно-коричневый цвет. Обычно тесто готовят на пару в небольших китайских чашках, а подают десерт, посыпав свеженатертым кокосом [66]. Содержание МСКП в kuih kaswi составляло 5–25 % взамен пшеничной муки. Выявлено, что значение pH теста для изготовления kuih kaswi с увеличением процентного содержания МСКП снижается с 7,35 до 7,08. В то же время, цветовой профиль изделия показал увеличение значений светлости (L^*) (с 23,75 до 25,60) и желтизны (b^*) (с 6,15 до 6,95) с увеличением дозировки МСКП. Однако значения красноты (a^*) имели тенденцию к снижению (с 5,23 до 4,96) в сторону большей красноты. Также определено, что характеристики профиля текстуры, такие как твердость и связность, значительно увеличиваются при добавлении МСКП. Выявлено, что адгезия, упругость и жевательная способность изделия значительно снижаются при добавлении большего количества МСКП в kuih kaswi. Общий результат сенсорных исследований не показал большой разницы, и предпочтение отдавалось изделиям с добавлением наибольшего количества МСКП. Результаты также показывают тенденцию к увеличению содержания сырой клетчатки по мере увеличения содержания МСКП в изделиях [67].

Также исследовалось влияние дозровок МСКП на показатели национального малазийского блюда putu piring – приготовленный на пару из рисовой муки десерт, или сладкая закуска. Putu piring, в основном, изготавливается из мелко измельченной рисовой муки и содержит начинки из молотого арахиса или коричневого сахара, смешанных с тертым кокосом. Типичный способ приготовления включает быстрое приготовление муки на пару как муки, так и начинки. После готовности её подают на листьях пандана, чтобы придать сладкий вкус и аромат [68]. Однако putu piring не удовлетворяет требованиям по содержанию питательных веществ, поскольку рисовая мука, являющаяся основным ингредиентом блюда, содержит малое количество клетчатки. В этой связи изучалась возможность изготовления названного десерта с использованием овсяной муки (ОМ) и МСКП в качестве функциональных ингредиентов. Исследовалось влияние соотношения ОМ и МСКП на сенсорную приемлемость и физико-химические свойства порошка при различных уровнях процентного соотношения названных ингредиентов. Физический анализ показал, что цвет putu piring по показателю светлости (L^*) колеблется от 74,17 до 19,76, значения красноты (a^*) – от 0,23 до 1,90, а значения желтизны (b^*) – от 13,97 до 20,65. Результаты сенсорной оценки показали, что putu piring, изготовленный по стандарт-

ному рецепту, набрал наибольшее количество баллов сравнения, за ним следуют десерты, изготовленные из 30 % ОМ и 70 % МСКП и 50 % ОМ с 50 % МСКП по всем оцениваемым параметрам. Анализ показал, что putu piring на основе ОМ и МСКП значительно различается ($p < 0,05$) по содержанию сырой клетчатки. Сделан вывод, что добавление ОМ и МСКП в putu piring может повысить пищевую ценность продукта, сделав его более богатым клетчаткой [69].

Эти же два вышеуказанных функциональных ингредиента использовались для изготовления otak-otak – национального блюда ряда стран Юго-Восточной Азии, в частности, Малайзии, Сингапура, Индонезии. Представляет собой небольшую продолговатую запеканку из рыбы, морепродуктов или, значительно реже, других белковых продуктов с различными добавками и специями, приготовленную в обёртке из банановых или пальмовых листьев. Otak-otak может готовиться из многих видов рыбы, преимущественно морской. Обезглавленная и очищенная от костей рыба перерабатывается в фарш вместе с определённым набором дополнительных ингредиентов: чаще всего ими служат репчатый лук, зелёный лук, лук-порей, лук-шалот, чеснок, стручковый перец, лимонник и другая зелень. В фарш добавляется некоторое количество муки – обычно саговой, тапиоковой или рисовой, яичный белок, а также кокосовое молоко или кокосовые сливки в довольно большом объёме, как правило, четверть или треть от объёма рыбы. Фарш приправляется солью, сахаром, молотым перцем, измельчённым калганом и другими специями [70]. Изучалось влияние ОМ и МСКП на физико-химические свойства и сенсорное восприятие otak-otak. В рецептурах использовались контрольные варианты: контроль – 100 % тапиоковой муки, МСКП – от 0 до 100 %, ОМ – также от 0 до 100 % с варьированием содержания с шагом 25 %. Анализ показал, что otak-otak с добавлением МСКП и ОМ значительно различался ($p < 0,05$) по содержанию сырой клетчатки и жира. Физический анализ показал, что цвет otak-otak для значения светлости (L^*) варьируется от 53,71 до 57,58, для значения красноты (a^*) – от 13,15 до 15,10, для значения желтизны (b^*) – от 32,80 до 35,21, а для ΔE – от 0,96 до 4,86. Анализ профиля текстуры показал, что твердость варьируется от 2147,60 до 5006,00 г, упругость – от 0,39 до 0,66 мм, связность – от 0,35 до 0,48, а разжевываемость – от 370,40 до 1459,90 гс. Для сенсорной оценки изделие по контрольному рецепту имеет наивысший показатель, но не имеет существенной разницы ($p < 0,05$) с рецептурами, содержащими 75 % МСКП и 25 % ОМ или 25 % МСКП и 75 % ОМ [71].

Кроме традиционной, наиболее распространенной в Российской Федерации крупной кукурузы, дающей зерновки желтого цвета, в мире выращивается и другие цветные разновидности зерна растения: оранжевого, розового, красного, фиолетового и синего цветов. В последние десятилетия научные исследования сосредоточили внимание на пигментированных сортах кукурузы из-за наличия в них антоцианов. Фиолетовые сорта кукурузы привлекли внимание исследователей в большей степени благодаря своему потенциальному применению в пищевых добавках и косметической промышленности. Соответственно, после выделения зерновки фиолетовой кукурузы остаются окрашенные початки, также содержащие БАВ полифенольной природы. Основным методом выделения БАВ из початков кукурузы является экстракция. Сведения по экстракции БАВ из початков кукурузы приведены в обзорной работе [72].

В литературных источниках выявлены несколько статей, посвященных использованию СКП для приготовления различных напитков. Так, в частности, указывается, что фиолетовая кукуруза широко используется в Перу для приготовления традиционных напитков и десертов, таких как «Чича морада». Авторы работы [73] указывают, что после обработки фиолетовые СКП, остающиеся в качестве побочного продукта, сохраняют значительное количество биологически активных соединений, потенциально пригодных для использования. В этой связи предлагается их использование в качестве основного компонента при производстве чайных напитков. Авторами разработано 14 рецептур, различающихся пропорциями МСКП, айвы, стевии, корицы и гвоздики, а также продолжительностью настаивания (5 и 10 минут при 100 °С) в горячей воде. Выявлено, что характеристиками, улучшающими приемлемость для потребителей, являются: вкус «Чича морада», фруктовый вкус, сладкий и фруктовый запах. Картирование позволило определить рецептуру, которая получила 90 % предпочтений потребителей, несмотря на то, что они не обладали самыми высокими концентрациями общих полифенолов, антиоксидантной активностью и мономерными антоцианами. Определено, что наиболее предпочитаемый напиток имел pH = 3,8, содержание сухого вещества – 4,26 %, значение антиоксидантной активности по методу ORAC – 7,14 мкмоль ТЕ/см³, общее содержание полифенолов – 226,2 мг GAE/дм³ и содержание мономерных антоцианов – 70,53 ± 4,40 мг СЗГЕ/дм³. Значения светлости (L*), красноты (a*) и желтизны (b*) составили 53,54, 55,75 и 20,23 соответственно [73].

Оптимизирован состав чайного напитка, приготовленного из порошка фиолетового СКП, содержащего в своем составе, кроме него, айву, стевию, корицу и гвоздику. Для упаковки единичных чайных доз смесей выбран фильтр-пакет из кукурузного волокна. Состав напитка был оптимизирован для достижения максимизации антиоксидантной способности и общего содержания мономерных антоцианов в настоях. Оптимальный состав чайного напитка, полученный с помощью регрессионной модели, состоял из 86,72 % МСКП, 4,64 % айвы, 8,64 % стевии, 3,33 % корицы и 0,25 % гвоздики. Отмечено, что желательность составила 91,2 %, антиоксидантная активность – 9,51 ± 1,21 мкмоль ТЕ/см³ и общее содержание мономерных антоцианов – 98,49 мг СЗГЕ/дм³ [74].

Указывается, что напиток из фиолетового СКП улучшает внимание и рабочую память частично за счет снижения окислительного стресса. Выявлено отсутствие серьезных побочных эффектов или признаков токсичности. Определено, что напиток из МСКП содержит в своем составе цианидин-3-глюкозид, пеларгонидин-3-глюкозид, цианидин-3-О-(6"-малонил-глюкозид) и цианидин-3-О-β-глюкопиранозид и рекомендован для потребления женщинам в период беременности [75].

В мировой литературе выявлены несколько работ по применению экстрактов из фиолетовых СПК. Рекомендовано для увеличения выхода БАВ из порошка стержня початка фиолетовой кукурузы использовать ультразвуковое (УЗ) воздействие [76]. Показано, что использование последнего приводит к сокращению времени экстракции до 58 % и 67 % соответственно, по выходу общих мономерных антоцианов и антиоксидантной емкости. Выявлено, что стабильность этого экстракта была выше при pH ≤ 3, снижаясь при нейтральном и щелочном pH.

Определено, что количество фенольных соединений в экстрактах, полученных с использованием УЗ, варьировалось от 215,17 ± 33,49 до 527,33 ± 103,79 мг ГАЭ /100 г в зависимости от времени экстрагирования и соотношения жидкость : твердое тело. Кроме того, экстракты из порошка фиолетовых СПК показали более высокую способность к нейтрализации свободных радикалов согласно результатам, полученным с использованием метода ABTS^{•+} по сравнению с тестом DPPH[•]. Определены 10 фенольных соединений и флавоноидов в составе экстрактов: п-кумаровая кислота, 4-О-гексозид кофеиновой кислоты, 5-О-кофеилхиновая кислота, апигенин-О-гексозид, лютеолин-О-рутинозид, апигенин-О-пентозил-гексозид, апигенин 6-С-пентозил-8-С-гексозид, димер процианидина, скополетин и диадин [77]. Указывается, что экстракты из фиолетовых СПК могут использоваться в рецептурах пищевых продуктов в качестве натурального красителя с функциональными свойствами [78].

Свойства некоторых фенольных соединений и флавоноидов, указанных выше, а также их терапевтические свойства приведены в таблице 1. Как следует из приведенных в таблице 1 данных, определенные в составе экстрактов химические соединения обладают широким спектром терапевтических свойств.

Кроме того, учитывая высокое содержание фенольных соединений в составе экстрактов из СПК, последние возможно использовать для стабилизации различных масел. Так, в работе [79] показано, что метанольный экстракт из СПК имеет высокий выход (19,5 %) и продемонстрировал превосходную антиоксидантную активность. Метанольный экстракт из МСКП добавлялся в концентрациях 500 и 1000 ppm к рафинированному, отбеленному и дезодорированному кукурузному маслу. В качестве стандарта, помимо контроля, использовался бутилированный гидрокситолуол в концентрации 200 ppm. Образцы стабилизированного кукурузного масла, подвергнутые микроволновому нагреву, периодически анализировались. Величину окислительных изменений отслеживали путем измерения конъюгированных диенов, конъюгированных триенов, п-анизидина и перекисного числа. Результаты различных параметров окисления показали, что метанольный экстракт в концентрации 1000 ppm был более эффективен, чем бутилированный гидрокситолуол, и ингибировал повышение значений п-анизидина, конъюгированных диенов, конъюгированных триенов и перекисного числа до 41,8 %, 45,0 %, 39,7 % и 65,0 %, соответственно, по сравнению с контролем [79].

Исследовано влияние этанольного экстракта из СПК на значения перекисного числа растительного масла. Для этого в колбу объемом 250 см³ добавлялось 25 см³ кукурузного масла, 50 см³ абсолютного C₂H₅OH и экстракт из измельченных СПК в количестве 0,50–2,25 г. Содержимое колбы нагревалось на водяной бане при 70 °С, со временем выдержки на 10–50 минут, затем рассчитывалось кислотное и перекисное число. Выявлено, что чем больше экстракта добавлено в растительное масло, тем сильнее способность ингибировать увеличение перекисного числа. Наилучший результат снижения кислотного числа достигается при добавлении экстракта из СПК в количестве до 2 г [80].

Также этанольные экстракты из порошка фиолетовых СПК использовались для разработки эмульсионных продуктов. Концентрированные спиртовые экстракты были получены с помощью УЗ при 50 °С. Эмульсии с экстрактом из фиолетовых СПК готовились в различных

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СТЕРЖНЕЙ ПОЧАТКОВ КУКУРУЗЫ В РЕЦЕПТУРАХ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

концентрациях. Майонезы, содержащие 0,2–0,3 % антоцианов из экстракта фиолетовых СКП, хранились в течение 45 дней для последующей физико-химической, реологической и микробиологической оценки. Эмульсии с экстрактами соответствовали стандартам пищевой

промышленности (рН – 3,5–4, перекисное число – 1,33–1,57 ммоль активного кислорода/кг, кислотность – 0,35–0,56 мг/г) и демонстрировали псевдопластическое поведение, аналогичное контрольному образцу.

Таблица 1 – Свойства некоторых фенольных соединений и флавоноидов, определенных в составе экстрактов
Table 1 – Properties of some phenolic compounds and flavanoids identified in extracts

Название	Брутто-формула	Физико-химические показатели	Терапевтические свойства
п-кумаровая кислота	$C_9H_6O_3$, молярная масса – 164,16 г/моль	$T_{пл}$ – 210–213 °С, слабо растворимое в воде, хорошо растворяется в этаноле и диэтиловом эфире	обладает антиоксидантными, противовирусными, антибактериальными, противовоспалительными, иммунотропными, нейротропными, антикоагулянтными свойствами
цианидин-3-глюкозид (хризантемин)	$C_{21}H_{21}O_{11}Cl$ молярная масса – 484,83 г/моль	Растворим в воде	снижает инсулинорезистентность, оказывает защитное действие на клетки сетчатки. Обладает антиоксидантным, противовоспалительным, антигипергликемическим, антиостеопорозным и антидиабетическим действием
пеларгонидин-3-глюкозид (каллистефин)	$C_{21}H_{21}O_{10}Cl$, 468,8 г/моль	Растворим в диметилсульфоксиде (ДМСО)	Обладает противораковыми, противовоспалительными, антибактериальными, противодиабетическими противораковыми и противогипергликемическими свойствами
цианидин-3-о-β-глюкопиранозид	$C_{33}H_{41}O_{20}Cl$, 793.1 г/моль	Растворим в диметилформамиде (ДМФ) – 0,1 мг/см ³ ; ДМСО – 5 мг/см ³	Обладает антиоксидантными свойствами
апигенин-О-гексозид	$C_{21}H_{20}O_{10}$, 432,4 г/моль	Белого цвета, не растворим в воде, растворим в органических растворителях	Антиэстрогенная и противораковая активность
лютеолин-О-рутинозид	$C_{27}H_{30}O_{15}$, 594,52 г/моль		Защищает клетки RIN-5F от токсичности, вызванной высокой концентрацией глюкозы, стимулирует секрецию инсулина и способствует всасыванию и гомеостазу глюкозы. Обладает противоартритным и противогрибковым эффектом
скополетин	$C_{10}H_8O_4$, 192,17 г/моль	Растворим в воде и ДМСО	обладает потенциальным противоопластическим, антидофаминергическим, антиоксидантным, противовоспалительным и антихолинэстеразным эффектом
7-О-глюкозид дайдзеина (диадзин)	$C_{21}H_{20}O_9$, 416,38 г/моль	Белый порошок, $T_{пл}$ = 236 °С, растворим в этаноле, метаноле и ДМСО	тормозит развитие и распространение раковых клеток

Выявлено снижение вязкости эмульсии на 50 % к 45-му дню хранения. В эмульсии с максимальным содержанием антоцианов определены более высокие значения содержания фенольных соединений (38,78 мг галловой кислоты/г эмульсии) и антиоксидантной активности (23,487 мг тролокса/г эмульсии) на 8 % и 13 % соответственно по сравнению с образцом с этилен диаминтетраацетатом, а срок его хранения составил 153,3 дня. Идентификация дельфинидин-3-О-глюкозида, цианидин-3-О-глюкозида и п-кумароилхининовой кислоты в экстракте, полученном с помощью УЗ, подчеркивает потенциал экстракта в качестве функционального ингредиента в пищевых эмульсиях [81].

ДРУГИЕ ПУТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОЧАТКОВ КУКУРУЗЫ В ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Одним из путей использования СКП является их использование в составе жидкого дыма, используемого для копчения рыбы. Так, в работе [82] изучались

характеристики жидких дымов из древесины ламторо (*Leucaena leucosephala*) и из СКП, содержащих антиоксидантные и бактерицидные компоненты, обработанных методом сухой дистилляции при температуре 400 °С. Определено, что значения рН жидкого дыма из древесины составило рН = 3,0, из СКП – рН = 2,9. Содержание фенольных соединений в каждом жидком дыме составляло: 481,2 ppm (ламторо) и 335 ppm (СКП). Указывается, что жидкий дым из початков, содержащий фенольные соединения различной структуры, например: 2-метилфенол, 2-метоксифенол, 2,4-диметоксифенол, гваякол придает продуктам специфический дымный аромат. Также выявлено отсутствие токсичного бенз(а)пирена в составе исследуемых жидких дымов. Кроме того, отмечено, что оба исследуемых продукта придают прокопченному рыбе глянцево-золотисто-коричневый цвет, восхитительный вкус, специфический запах и особые ароматы [82].

ВЫВОДЫ

В обзорной статье обобщена информация по использованию биомассы СКП в качестве компонента для производства различных продуктов питания (хлеба, макаронных и бакалейных изделий, национальных блюд). Приведена информация об объемах выращивания зерновок кукурузы и объемах образующихся СКП в мировом масштабе. Даны сведения литературных источников о содержании биогенных соединений (целлюлозы, гемицеллюлозы, лигнина, жирных кислот и белковых соединений, некоторых фенольных соединений) в составе СКП. Определено, что МПК содержит в своем составе большое количество пищевых волокон и может использоваться в качестве функционального компонента в различных продуктах питания. Указывается, что полифенольные соединения в составе СКП могут использоваться как потенциально реализуемые пищевые ингредиенты, обладающие антиоксидантными свойствами. Также показано использование экстрактов и порошка из СКП для приготовления различных напитков.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Lesmana D., Vianney Y.M., Goenawan Y.A., Natalie K., Sukweenadhi J., Buschle-Diller G., Mukti Y.P., Erawati C.M., Purwanto M.G. Valorization of peel-based agro-waste flour for food products: a systematic review on proximate composition and functional properties // *ACS Food Science and Technology*. 2021. V. 2. No. 1. P. 3–20. DOI: 10.1021/acsfoodscitech.1c00353.
2. Kumar H., Bhardwaj K., Sharma R., Nepovimova E., Kuča K., Dhanjal D.S., Verma R., Bhardwaj P., Sharma S., Kumar D. Fruit and vegetable peels: utilization of high value horticultural waste in novel industrial applications // *Molecules*. 2020. V. 25. P. 1–21. DOI: 10.3390/molecules2.
3. Gowe C. Review on potential use of fruit and vegetables by-products as a valuable source of natural food additives // *Food Science and Quality Management*. 2015. V. 45. No 1. P. 47–61.
4. Zhu Y., Luan Y., Zhao, Y., Liu J., Duan Z., Ruan R. Current technologies and uses for fruit and vegetable wastes in a sustainable system: A review // *Foods*. 2023. V. 12. P. 1–17. DOI: 10.3390/foods12101949.
5. Ganesh K.S., Sridhar A., Vishali S. Utilization of fruit and vegetable waste to produce value-added products: Conventional utilization and emerging opportunities – A review // *Chemosphere*. 2022. V. 287. P. 1–14. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2021.132221.
6. Augustin M.A., Sanguansri L., Fox E.M., Cobiac L., Cole M.B. Recovery of wasted fruit and vegetables for improving sustainable diets // *Trends in Food Science & Technology*. 2020. V. 95. P. 75–85. DOI: 10.1016/j.tifs.2019.11.010.
7. Răpă M., Darie-Niță R.N., Coman G. Valorization of fruit and vegetable waste into sustainable and value-added materials // *Waste*. 2024. V. 2. No. 3. P. 258–278. DOI: 10.3390/waste2030015.
8. Ueda J.M., Pedrosa M.C., Heleno S.A., Carrocho M., Ferreira I.C., Barros L. Food additives from fruit and vegetable by-products and bio-residues: a comprehensive review focused on sustainability // *Sustainability*. 2022. V. 14. No. 9. P. 1–18. DOI: 10.3390/su14095212.
9. Dilucia F., Lacivita V., Conte A., del Nobile M.A. Sustainable use of fruit and vegetable by-products to enhance food packaging performance // *Foods*. 2020. V. 9. No. 7. P. 1–19. DOI: 10.3390/foods9070857.
10. Ratu R.N., Velescu I.D., Stoica F., Usturoi A., Arsenoaia V.N., Crivei I.C., Postolache A.N., Lipsa F.D., Filipov F., Florea A.M., Chitea M.A., Bruma I.S. Application of agri-food by-products in the food industry // *Agriculture*. 2023. V. 13. P. 1–25. DOI: 10.3390/agriculture13081559.
11. Ronie M.E., Aziz A.H.A., Kobun R., Pindi W., Roslan J., Putra N.R., Mamat H. Unveiling the potential applications of plant by-products in food – A review // *Waste Management Bulletin*. 2024. V. 2. P. 183–203. DOI: 10.1016/j.wmb.2024.07.008.
12. Marcillo-Parra V., Tupuna-Yerovi D.S., González Z., Ruales J. Encapsulation of bioactive compounds from fruit and vegetable by-products for food application – A review // *Trends in Food Science & Technology*. 2021. V. 116. P. 11–23. DOI: 10.1016/j.tifs.2021.07.009.
13. Корнен Н.Н., Першакова Т.В., Шахрай Т.А., Федосеева О.В. Пищевые и биологически активные добавки из вторичных растительных ресурсов // *Научный журнал КубГАУ*. 2016. № 121(07). С. 1–17.
14. Шайхиева К.И., Степанова С.В., Борисова С.В., Шайхиев И.Г. Использование отходов от переработки гороха (*Pisum sativum*) в продуктах питания // *Пищевая промышленность*. 2025. № 9. С. 56–65.
15. Nartea A., Kuhalskaya A., Fanesi B., Orhotoho O.L., Susek K., Rocchetti L., Di Vittori V., Bitocchi E., Pacetti D., Papa R. Legume byproducts as ingredients for food applications: Preparation, nutrition, bioactivity, and techno-functional properties // *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2023. Vol. 22. P. 1953–1985. DOI: 10.1111/1541-4337.13137.
16. O'Shea N., Arendt E.K., Gallagher E. Dietary fibre and phytochemical characteristics of fruit and vegetable by-products and their recent applications as novel ingredients in food products // *Innovative Food Science & Emerging Technologies*. 2012. V. 16. P. 1–10.
17. Igathinathane C., Womac A.R., Sokhansanj S., Pordesimo L.O. Vertical mass and moisture distribution in standing corn stalks // 2004 ASAE Annual Meeting. 2004. P. 1–20.
18. Medeiros J.C., Zavala J., Shahrokhi M., Minyo R., Geyer A., Lindsey A., Thomison P., Ortez O. Historical changes and yield in the Ohio corn performance test: A 50-year summary // *Agronomy Journal*. 2025. V. 117. No. 1. P. 1–19. DOI: 10.1002/agj2.21746.
19. Miranda M.T., Sepúlveda F.J., Arranz J.I., Montero I., Rojas C.V. Analysis of pelletizing from corn cob waste // *Journal of Environmental Management*. 2018. V. 228. P. 303–311. DOI: 10.1016/j.jenvman.2018.08.105.
20. Cao Q., Xie K.C., Bao W.R., Shen S.G. Pyrolytic behavior of waste corn cob // *Bioresour. Technology*. 2004. V. 94. No. 1. P. 83–89. DOI: 10.1016/j.biortech.2003.10.031.
21. Arumugam A., Malolan V.V., Ponnusami V. Contemporary pretreatment strategies for bioethanol production from corncobs: a comprehensive review // *Waste and Biomass Valorization*. 2021. V. 12. No. 2. P. 577–612. DOI: 10.1007/s12649-020-00983-w.
22. Lamido S.I., Alhassan A.U., Lawal S. Effect of process parameter on the production of bioethanol from corn cob and rice husk // *International Journal of Engineering Development and Research*. 2021. V. 9. No. 4. P. 14–17.
23. Okeke F.O., Ahmed A., Imam A., Hassanin H. A review of corncob-based building materials as a sustainable solution for the building and construction industry // *Hybrid Advances*. 2024. V. 6. P. 1–16. DOI: 10.1016/j.hybadv.2024.100269.
24. Pinto J., Cruz D., Paiva A., Pereira S., Tavares P., Fernandes L., Varum H. Characterization of corn cob as a possible raw building material // *Construction and Building Materials*. 2012. V. 34. P. 28–33. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2012.02.014.
25. Mohammed A.A., Hasan Z., Omran A.A.B., Kumar V.V., Elfaghi A.M., Ilyas R.A., Sapuan S.M. Corn: its structure, polymer, fiber, composite, properties, and applications. *Polymers*. 2022. V. 14. No. 20. P. 1–25. DOI: 10.3390/polym14204396.
26. Louis A.C.F., Venkatachalam S. Corncob waste for food packaging // *Agro-Waste Derived Biopolymers and Biocomposites: Innovations and Sustainability in Food Packaging*. 2024.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СТЕРЖНЕЙ ПОЧАТКОВ КУКУРУЗЫ В РЕЦЕПТУРАХ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

Chapter 3. P. 69–90. DOI: 10.1002/9781394175161.ch3.

27. Wakudkar H., Jain S. A holistic overview on corn cob biochar: A mini-review // *Waste Management & Research*. 2022. V. 40. No. 8. P. 1143–1155. DOI: 10.1177/0734242X211069741.

28. Radenković M., Kovačević M., Radojičić V., Tošić M., Momčilović M., Živković S. Corn residue-based activated carbon for heavy metal removal: A review of adsorptive performance and properties // *Processes*. 2025. V. 13. No. 11. P. 1–30. DOI: 10.3390/pr13113406.

29. Iwuozor K.O., Umeh C.T., Emmanuel S.S., Emenike E.C., Egbemhenghe A.U., Ore O.T., Micheal T.T., Omoarukhe F.O., Sagboye P.A., Ojukwu V.E., Adeniyi A.G. A comprehensive review on the sequestration of dyes from aqueous media using maize-/corn-based adsorbents // *Water Practice & Technology*. 2023. V. 18. No. 12. P. 3065–3108. DOI: 10.2166/wpt.2023.214.

30. Sharma A., Tomer A., Singh J., Chhikara B.S. Biosorption of metal toxicants and other water pollutants by Corn (Maize) plant: A comprehensive review // *Journal of Integrated Science and Technology*. 2019. V. 7. No. 2. P. 19–28.

31. Enawgaw H., Tesfaye T., Yilma K.T., Limenih D.Y. Multiple utilization ways of corn by-products for biomaterial production with bio-refinery concept; a review // *Materials Circular Economy*. 2023. V. 5. No. 1. P. 1–14. DOI: 10.1007/s42824-023-00078-6.

32. Hang Y.D., Woodams E.E. Enzymatic enhancement of citric acid production by *Aspergillus niger* from corn cobs // *LWT-Food Science and Technology*. 2001. V. 34. No. 7. P. 484–486. DOI: 10.1006/fstl.2001.0784.

33. Sánchez C., Egúés I., García A., Llano-Ponte R., Labidi J. Lactic acid production by alkaline hydrothermal treatment of corn cobs // *Chemical Engineering Journal*. 2012. V. 181. P. 655–660. DOI: 10.1016/j.cej.2011.12.033.

34. Wang Y., Du J., Li Q., Tao Y., Cheng Y., Lu J., Wang H. Bioconversion of cellulose and hemicellulose in corn cob into L-lactic acid and xylo-oligosaccharides // *International Journal of Biological Macromolecules*. 2023. V. 253. 126775. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2023.126775.

35. Lau T., Harbourne N., Oruña-Concha M.J. Optimization of enzyme-assisted extraction of ferulic acid from sweet corn cob by response surface methodology // *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2020. V. 100. No. 4. P. 1479–1485. DOI: 10.1002/jsfa.10155.

36. Cheng L., Liu H., Cui Y., Xue N., Ding W. Direct conversion of corn cob to formic and acetic acids over nano oxide catalysts // *Journal of Energy Chemistry*. 2014. V. 23. No. 1. P. 43–49. DOI: 10.1016/S2095-4956(14)60116-9.

37. Ariyanti D., Rimantho D., Leonardus M., Ardyan T., Fiviyanti S., Sarwana W., Hanifa Y., Agustyan E., Meliana Y., Susparini N.T., Fansuri M.H., Putra O.A., Si-manungkalit S. Valorization of corn cob waste for furfural production: A circular economy approach // *Biomass and Bioenergy*. 2025. V. 194. 107665. DOI: 10.1016/j.biombioe.2025.107665.

38. Hromádková Z., Kováčiková J., Ebringerová A. Study of the classical and ultrasound-assisted extraction of the corn cob xylan // *Industrial Crops and Products*. 1999. V. 9. No. 2. P. 101–109. DOI: 10.1016/S0926-6690(98)00020-X.

39. Melo-Silveira R.F., Fidelis G.P., Costa M.S.S.P., Telles C.B.S., Dantas-Santos N., Elias S.O., Ribeiro V.B., Barth A.L., Macedo A.J., Leite E.L., Rocha H.A.O. In vitro antioxidant, anticoagulant and antimicrobial activity and in inhibition of cancer cell proliferation by xylan extracted from corn cobs // *International Journal of Molecular Sciences*. 2011. V. 13. No. 1. P. 409–426. DOI: 10.3390/ijms13010409.

40. Ismail S.A., Nour S.A., Hassan A.A. Valorization of corn cobs for xylanase production by *Aspergillus flavus* AW1 and its application in the production of antioxidant oligosaccharides and removal of food stain // *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*. 2022. V. 41. 102311. DOI: 10.1016/j.bcab.2022.102311.

41. Zhu Y., Kim T.H., Lee Y.Y., Chen R., Elander R.T. Enzymatic production of xylooligosaccharides from corn stover and corn cobs treated with aqueous ammonia // *Applied Biochemistry and Biotechnology*. 2006. V. 129–132. No. 1. P. 586–598.

42. Samanta A.K., Jayapal N., Kolte A.P., Senani S., Sridhar M., Dhali A., Suresh K.P., Jayaram C., Prasad C.S. Process for enzymatic production of xylooligosaccharides from the xylan of corn cobs // *Journal of Food Processing and Preservation*. 2015. V. 39. No. 6. P. 729–736. DOI: 10.1111/jfpp.12282.

43. Yu X., Yin J., Li L., Luan C., Zhang J., Zhao C., Li S. Prebiotic potential of xylooligosaccharides derived from corn cobs and their in vitro antioxidant activity when combined with *Lactobacillus* // *Journal of Microbiology and Biotechnology*. 2015. V. 25. No. 7. P. 1084–1092. DOI: 10.4014/jmb.1501.01022.

44. Aniola J., Gawecki J., Czarnocinska J., Galinski G. Corn cobs as a source of dietary fiber // *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*. 2009. V. 59. No. 3. P. 247–249.

45. Sanabria A.F.G. Producción y usos del olote de maíz (*Zea mays*). *Trabajomonográfico de actualización que para obtener el título de químico de alimentos*. Ciudad Universitaria, Mexico, 2024. 142 p. (на испанском).

46. Lau T., Harbourne N., Concha, M.J.O. Valorization of sweet corn (*Zea mays*) cob by extraction of valuable compounds // *International Journal of Food Science and Technology*. 2019. V. 54. No. 4. P. 1240–1246. DOI: 10.1111/ijfs.14092.

47. Zhou Y., Sun Q., Teng C., Zhou M., Fan G., Qu P. Preparation and improvement of physicochemical and functional properties of dietary fiber from corn cob fermented by *Aspergillus niger* // *Journal of Microbiology and Biotechnology*. 2023. V. 34. No. 2. P. 330–339. DOI: 10.4014/jmb.2308.08010.

48. Delgado L.V.B., de la Rosa Millán J., Flores D.G. Comprehensive physical and chemical characterization of corn cob and Nopal fibers: exploring sustainable alternatives for high-value applications // *ACS Food Science & Technology*. 2023. V. 3. No. 12. P. 2132–2143. DOI: 10.1021/acsfoodscitech.3c00298.

49. Hernández-García Y.R., Luzardo-Ocampo I., Gaytán-Martínez M., Loarca-Piña G., Vázquez-Barrios E., Campos-Vega R. Corn cob and corn silk-based ingredients possess bioaccessible and antioxidant phenolic compounds displaying anti-inflammatory effects in vitro // *Food & Function*. 2024. V. 15. No. 24. P. 12069–12082. DOI: 10.1039/D4FO02968B.

50. Xu M., Wang C., Lyu G., Zhong L., Yang L., Wang Z., Qin C., Ji X., Yang G., Chen J., Xu F. Structural characterization and antioxidant activity of milled wood lignin from xylose residue and corn cob // *Polymers*. 2019. V. 11. No. 12. P. 1–9. DOI: 10.3390/polym11122092.

51. Rose D.J., Inglett G.E., Liu S.X. Utilisation of corn (*Zea mays*) bran and corn fiber in the production of food components // *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2010. V. 90. No. 6. P. 915–924. DOI: 10.1002/jsfa.3915.

52. Kuan Y.H., Liong M.T. Chemical and physicochemical characterization of agrowaste fibrous materials and residues // *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2008. V. 56. No. 19. P. 9252–9257.

53. Viroli S.L.M., Silva L.G. da S., Vaz A.V., Viroli S.G., Carvalho N.P., Duarte H.A., Sousa A.S., Leite L.T., Veloso C., Gomes N.B., Costa F.A., Sales P.V.G. Caracterização da farinha do sabugo de milho e sua utilização como alternativa para enriquecimento de produtos alimentícios // *Research, Society and Development*. 2022. V. 11. No. 2. P. 1–11. DOI: 10.33448/rsd-v11i2.25783 (на португальском).

54. Lee C.M., Gan Y.L., Chan Y.L., Yap K.L., Tang T.K., Tan C.P., Lai O.M. Physicochemical and sensory analyses of high fibre bread incorporated with corn cob powder // *International Food Research Journal*. 2019. V. 26. No. 5. P. 1609–1616.

55. Hamzah Y., Lian W.F. Physicochemical properties and acceptance of high fibre bread incorporated with

- corn cob flour // Asian Journal of Food and Agro-Industry. 2012. V. 5. No. 6. P. 547–553.
56. Ali Z., Anjum F.M., Zahoor T. Sensory characteristics of bread prepared from lactic acid obtained from corn cobs, an agricultural waste // Pakistan Journal of Agricultural Science. 2007. V. 44. No. 3. P. 539–548.
57. Gaikwad P.S., Oswal M., Malini S.H., Supreetha S. Fiber-Enriched Pasta // Advances in Pasta Technology. 2025. P. 175–196. DOI: 10.1007/978-3-031-84497-3.
58. Nguyen T.Q.N., Tran T.T.T., Mai V.X.H., Nguyen T.B., Ton N.M.N., Le V.V.M. Corn cob powder and transglutaminase addition in pasta: Effects on proximate composition, physical and cooking properties, and overall acceptability of the product // Cereal Chemistry. 2023. V. 100. No. 2. P. 346–359. DOI: 10.1002/cche.10615.
59. Njideka B.E., Chijioke M.B., Chioma O.N., Nnenaya A.N., Iheduzaju P.I.A. Maize cob as dietary fiber source for high-fiber biscuit // GSC Biological and Pharmaceutical Sciences. 2020. V. 12. No. 1. P. 138–144. DOI: 10.30574/gscbps.2020.12.1.0203.
60. Hoang N.H., Do H.H., Dang T.H.Y., Ton N.M.N., Tran T.T.T., Le V.V.M. Fiber-enriched biscuits prepared with enzyme-treated corn cob powder: Nutritional composition, physical properties, and sensory acceptability // Journal of Food Processing and Preservation. 2022. V. 46. No. 8. P. 1–10. DOI: 10.1111/jfpp.16784.
61. Putra E.D.L., Yuliasmi S., Prasetyo B.E., Zebua N.F. The utilization of corn cob's cracker as anticipation of harvest failure for economic improvement for farmer in Narigunung 1 village, Karo regency // Abdimas talenta: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat. 2018. V. 3. No. 2. P. 238–241.
62. dos Santos T.M., Andressa I., Nascimento G.K.S., Neves N. de A., Schmieke M. Corn cob flour as an alternative ingredient for muffins: technological and nutritional perspectives // Revista Principia. 2025. V. 62. P. 1–17. DOI: 10.18265/2447-9187a2025id8695.
63. Lau T., Clayton T., Harbourne N., Rodriguez-Garcia J., Oruna-Concha M.J. Sweet corn cob as a functional ingredient in bakery products // Food Chemistry. 2022. V. 13. P. 1–7. DOI: 10.1016/j.foodchem.2021.100180.
64. Lau T. Recovery of functional ingredients from sweet corn (*Zea mays*) cobs. Thesis submitted for the requirement for the degree of Doctor of Philosophy in Food and Nutritional Science. University of Reading, Reading, Great Britain, 2018. 172 p.
65. Nordin R., Mazlan M.I., Mohsin A.Z., Madzuki I.N. Characterization of dietary fibers from corn cobs as a potential functional ingredient in muffin // Malaysian Applied Biology. 2025. V. 54. No. 1. P. 64–75. DOI: 10.55230/mabjournal.v54i1.3176.
66. Kamaruzaman M.Y.B., Ab Karim S., Ishak F.A.B.C., Arshad M.M.B. The diversity of traditional Malay kuih in Malaysia and its potentials // Journal of Ethnic Foods. 2020. V. 7. No. 1. 22. DOI: 10.1186/s42779-020-00056-2.
67. Kumar N.E., Ahmad F. Effect incorporation of corn cob powder on the Physicochemical Properties and sensory acceptability of kuih kaswi // Journal of Biochemistry, Microbiology and Biotechnology. 2024. V. 12. No. SP1. P. 25–26. DOI: 10.54987/jobimb.v12iSP1.929.
68. Maker gardener. Putu Piring Snack – Homemade Recipe [Электронный ресурс] // <https://www.makergardener.com/recipes/putu-piring-snack-homemade-recipe>. Дата доступа: 27.12.2025.
69. Ahmad F., Ismail N.E., Chalek T.Z.T., Zamri A.I., Zainol M.K., Wahab R.A., Hamid M.A. Effect incorporated of oat and corn cob powder on physicochemical and sensory properties of Putu Piring // Bulletin of Culinary Art and Hospitality. 2021. V. 1. No. 1. P. 7–12. DOI: 10.17977/um069v1i12021p7-12.
70. Harmayani E., Anal A.K., Wichienchot S., Bhat R., Gardito M., Santoso U., Siripongvuticorn S., Puri-paatanavong J., Payyappallimana U. Healthy food traditions of Asia: exploratory case studies from Indonesia, Thailand, Malaysia, and Nepal // Journal of Ethnic Foods. 2019. V. 6. 1. P. 1–18. DOI: 10.1186/s42779-019-0002-x.
71. Ahmad F., Sapiee M.H. The Effect of corn cob powder and oat fibre incorporation in physicochemical properties and sensory acceptance of otak-otak // The Eurasia Proceedings of Health, Environment and Life Sciences. 2024. V. 13. P. 32–39.
72. Colombo R., Ferron L., Papetti A. Colored corn: An up-date on metabolites extraction, health implication, and potential use // Molecules. 2021. V. 26. No. 1. P. 1–42. DOI: 10.3390/molecules26010199.
73. Velit J.M., Puma-Isuiza G., Liñan-Pérez J., Salvá-Ruiz B.K., Silva-Jaimes M.I. Use of purple corn (*Zea mays* L.) cob in the formulation of functional teas developed using Flash Profile and CATA methods // Scientia Agropecuaria. 2025. V. 16. No. 4. P. 577–590. DOI: <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2025.044>.
74. Díaz-García A., Salvá-Ruiz B., Bautista-Cruz N., Condezo-Hoyos L. Optimization of a natural low-calorie antioxidant tea prepared from purple corn (*Zea mays* L.) and stevia (*Stevia rebaudiana* Bert.) // LWT – Food Science and Technology. 2021. V. 150. P. 1–9. DOI: 10.1016/j.lwt.2021.111952.
75. Wattanathorn J., Kirisattayakul W., Somboonporn W. A randomized controlled trial on the safety and cognitive benefits of a novel functional drink from a purple waxy corn byproduct in peri- and postmenopausal women // Antioxidants. 2025. V. 14. No. 10. P. 1–25. DOI: 10.3390/antiox14101262.
76. Rojas M.L., Ramirez K., Linares G. Biocompounds recovery from purple corn cob by-product: extraction kinetics, thermal and physicochemical stability of liquid and powdered anthocyanin-rich extract // Food and Bioprocess Processing. 2025. V. 149. P. 25–35. DOI: 10.1016/j.fbp.2024.11.010.
77. Hernández M., Ventura J., Castro C., Boone V., Rojas R., Ascacio-Valdés J., Martínez-Ávila G. UPLC-ESI-QTOF-MS2-Based identification and antioxidant activity assessment of phenolic compounds from red corn cob (*Zea mays* L.) // Molecules. 2018. V. 23. No. 6. P. 1–10. DOI: 10.3390/molecules23061425.
78. Rolandelli G., Favre L. C., Aguirre-Calvo T.R., Farroni A.E., del Pilar Buera M., dos Santos Ferreira C. An optimized purple corn cob extract as an ingredient for the development of maize-based extrudates with novel characteristics // Journal of Cereal Science. 2023. V. 114, 103809. DOI: 10.1016/j.jcs.2023.103809.
79. Sultana B., Anwar F., Przybylski R. Antioxidant potential of corn cob extracts for stabilization of corn oil subjected to microwave heating // Food Chemistry. 2007. V. 104. No. 3. P. 997–1005. DOI: 10.1016/j.foodchem.2006.12.061.
80. Fardani R.A., Hadiatun N., Febriana Y. Antioxidant of bulk cooking oil from corn cob extract // Jurnal Penelitian Pendidikan IPA. 2025. V. 11. No. 1. P. 193–197. DOI: 10.29303/jppipa.v11i1.9699.
81. Sanchez J.S.G., Siche R. Incorporation of sonicated purple corn cob extracts into food emulsions: effects on physicochemical properties, antioxidant activity, and shelf life // Journal of Food Measurement and Characterization. 2025. V. 19. P. 7034–7051. DOI: 10.1007/s11694-025-03440-1.
82. Swastawati F. Liquid smoke performance of lamtoro wood and corn cob // Journal of Coastal Development. 2007. V. 10. No. 3. P. 189–196.

Информация об авторах

К. И. Шайхиева – кандидат технических наук, доцент кафедры инженерной экологии Казанского национального исследовательского технологического университета.

С. В. Борисова – кандидат технических наук, доцент кафедры технологии пищевых производств

ПОЛЗУНОВСКИЙ ВЕСТНИК № 2 2026

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СТЕРЖНЕЙ ПОЧАТКОВ КУКУРУЗЫ В РЕЦЕПТУРАХ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

Казанского национального исследовательского технологического университета.

REFERENCES

1. Lesmana, D., Vianney, Y.M., Goenawan, Y.A., Natalie, K., Sukweenadhi, J., Buschle-Diller, G., Mukti, Y.P., Erawati, C.M., Purwanto, M.G. (2021). Valorization of peel-based agro-waste flour for food products: a systematic review on proximate composition and functional properties. *ACS Food Science and Technology*, 2 (1), 3-20. DOI: 10.1021/acsfoodscitech.1c00353.
2. Kumar, H., Bhardwaj, K., Sharma, R., Nepovimova, E., Kuča, K., Dhanjal, D.S., Verma, R., Bhardwaj, P., Sharma, S., Kumar, D. (2020). Fruit and vegetable peels: utilization of high value horticultural waste in novel industrial applications. *Molecules*, 25, 1-21. DOI: 10.3390/molecules2.
3. Gowe, C. (2015). Review on potential use of fruit and vegetables by-products as a valuable source of natural food additives. *Food Science and Quality Management*, 45 (1), 47-61.
4. Zhu, Y., Luan, Y., Zhao, Y., Liu, J., Duan, Z., Ruan, R. (2023). Current technologies and uses for fruit and vegetable wastes in a sustainable system: A review. *Foods*, 12, 1-17. DOI: 10.3390/foods12101949.
5. Ganesh, K.S., Sridhar, A., Vishali, S. (2022). Utilization of fruit and vegetable waste to produce value-added products: Conventional utilization and emerging opportunities - A review. *Chemosphere*, 287, 1-14. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2021.132221.
6. Augustin, M.A., Sanguansri, L., Fox, E.M., Cobiac, L., Cole, M.B. (2020). Recovery of wasted fruit and vegetables for improving sustainable diets. *Trends in Food Science & Technology*, 95, 75-85. DOI: 10.1016/j.tifs.2019.11.010.
7. Răpă, M., Darie-Niță, R.N., Coman, G. (2024). Valorization of fruit and vegetable waste into sustainable and value-added materials. *Waste*, 2 (3), 258-278. DOI: 10.3390/waste2030015.
8. Ueda, J.M., Pedrosa, M.C., Heleno, S.A., Carrocho, M., Ferreira, I.C., Barros, L. (2022). Food additives from fruit and vegetable by-products and bio-residues: a comprehensive review focused on sustainability. *Sustainability*, 14 (9), 1-18. DOI: 10.3390/su14095212.
9. Dilucia, F., Lacivita, V., Conte, A., del Nobile, M.A. (2020). Sustainable use of fruit and vegetable by-products to enhance food packaging performance. *Foods*, 9 (7), 1-19. DOI: 10.3390/foods9070857.
10. Ratu, R.N., Velescu, I.D., Stoica, F., Usturoi, A., Arsenoia, V.N., Crivei, I.C., Postolache, A.N., Lipsa, F.D., Filipov, F., Florea, A.M., Chitea, M.A., Bruma, I.S. (2023). Application of agri-food by-products in the food industry. *Agriculture*, 13, 1-25. DOI: 10.3390/agriculture13081559.
11. Ronie, M.E., Aziz, A.H.A., Kobun, R., Pindi, W., Roslan, J., Putra, N.R., Mamat, H. (2024). Unveiling the potential applications of plant by-products in food - a review. *Waste Management Bulletin*, 2, 183-203. DOI: 10.1016/j.wmb.2024.07.008.
12. Marcillo-Parra, V., Tupuna-Yerovi, D.S., González, Z., Ruales, J. (2021). Encapsulation of bioactive compounds from fruit and vegetable by-products for food application - a review. *Trends in Food Science & Technology*, 116, 11-23. DOI: 10.1016/j.tifs.2021.07.009.
13. Kornen, N.N., Pershakova, T.V., Shakhrai, T.A., Fedoseeva, O.V. (2016). Food and biologically active additives from secondary plant resources. *Scientific journal of KubSAU*, 121 (07), 1-17. (in Russian).
14. Shaikhieva, K.I., Stepanova, S.V., Borisova, S.V., Shaikhiev, I.G. (2025). Use of waste from processing peas (*Pisum sativum*) in food products. *Food Industry*, (9), 56-65. (in Russian).
15. Nartea, A., Kuhalskaya, A., Fanesi, B., Orhoto-wo, O.L., Susek, K., Rocchetti, L., Di Vittori, V., Bitocchi, E., Pacetti, D., Papa, R. (2023). Legume byproducts as ingredients for food applications: Preparation, nutrition, bioactivity, and techno-functional properties. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 22, 1953-1985. DOI: 10.1111/1541-4337.13137.
16. O'Shea, N., Arendt, E.K., Gallagher, E. (2012). Dietary fibre and phytochemical characteristics of fruit and vegetable by-products and their recent applications as novel ingredients in food products. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 16, 1-10.
17. Igathinathane, C., Womac, A.R., Sokhansanj, S., Pordesimo, L.O. (2004). Vertical mass and moisture distribution in standing corn stalks. *2004 ASAE Annual Meeting*, 1-20.
18. Medeiros, J.C., Zavala, J., Shahrokhi, M., Minyo, R., Geyer, A., Lindsey, A., Thomison, P., Ortez, O. (2025). Historical changes and yield in the Ohio corn performance test: A 50-year summary. *Agronomy Journal*, 117 (1), 1-19. DOI: 10.1002/agj2.21746.
19. Miranda, M.T., Sepúlveda, F.J., Arranz, J.I., Montero, I., Rojas, C.V. (2018). Analysis of pelletizing from corn cob waste. *Journal of Environmental Management*, 228, 303-311. DOI: 10.1016/j.jenvman.2018.08.105.
20. Cao, Q., Xie, K.C., Bao, W.R., Shen, S.G. (2004). Pyrolytic behavior of waste corn cob. *Bioresource Technology*, 94 (1), 83-89. DOI: 10.1016/j.biortech.2003.10.031.
21. Arumugam, A., Malolan, V.V., Ponnusami, V. (2021). Contemporary pretreatment strategies for bioethanol production from corncobs: a comprehensive review. *Waste and Biomass Valorization*, 12 (2), 577-612. DOI: 10.1007/s12649-020-00983-w.
22. Lamido, S.I., Alhassan, A.U., Lawal, S. (2021). Effect of process parameter on the production of bioethanol from corn cob and rice husk. *International Journal of Engineering Development and Research*, 9 (4), P. 14-17.
23. Okeke, F.O., Ahmed, A., Imam, A., Hassanin, H. (2024). A review of corncob-based building materials as a sustainable solution for the building and construction industry. *Hybrid Advances*, 6, 1-16. DOI: 10.1016/j.hybadv.2024.100269.
24. Pinto, J., Cruz, D., Paiva, A., Pereira, S., Tavares, P., Fernandes, L., Varum, H. (2012). Characterization of corn cob as a possible raw building material. *Construction and Building Materials*, 34, 28-33. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2012.02.014.
25. Mohammed, A.A., Hasan, Z., Omran, A.A.B., Kumar, V.V., Elfaghi, A.M., Ilyas, R. A., Sapuan, S.M. (2022). Corn: its structure, polymer, fiber, composite, properties, and applications. *Polymers*, 14 (20), 1-25. DOI: 10.3390/polym14204396.
26. Louis, A.C.F., Venkatachalam, S. (2024). Corn-cob waste for food packaging. *Agro-Waste Derived Biopolymers and Biocomposites: Innovations and Sustainability in Food Packaging*, 3, 69-90. DOI: 10.1002/9781394175161.ch3.
27. Wakudkar, H., Jain, S. (2022). A holistic overview on corn cob biochar: A mini-review. *Waste Management & Research*, 40 (8), 1143-1155. DOI: 10.1177/0734242X211069741.
28. Radenković, M., Kovačević, M., Radojičić, V., Tošić, M., Momčilović, M., Živković, S. (2025). Corn residue-based activated carbon for heavy metal removal: A review of adsorptive performance and properties. *Processes*, 13 (11), 1-30. DOI: 10.3390/pr13113406.
29. Iwuozor, K.O., Umeh, C.T., Emmanuel, S.S., Emenike, E.C., Egbemhenge, A.U., Ore, O.T., Michael, T.T., Omoarukhe, F.O., Sagboye, P.A., Ojukwu, V.E., Adeniyi, A.G. (2023). A comprehensive review on the sequestration of dyes from aqueous media using maize/corn-based adsorbents. *Water Practice & Technology*, 18 (12), 3065-3108. DOI: 10.2166/wpt.2023.214.
30. Sharma, A., Tomer, A., Singh, J., Chhikara, B.S. (2019). Biosorption of metal toxicants and other water pollutants by Corn (Maize) plant: A comprehensive review. *Journal of Integrated Science and Technology*, 7 (2), 19-28.
31. Enawgaw, H., Tesfaye, T., Yilma, K.T., Li-

- meneh, D.Y. (2023). Multiple utilization ways of corn by-products for biomaterial production with bio-refinery concept: a review. *Materials Circular Economy*, 5 (1), 1-14. DOI: 10.1007/s42824-023-00078-6.
32. Hang, Y.D., Woodams, E.E. (2001). Enzymatic enhancement of citric acid production by *Aspergillus niger* from corn cobs. *LWT-Food Science and Technology*, 34 (7), 484-486. DOI: 10.1006/fstl.2001.0784.
33. Sánchez, C., Egüés, I., García, A., Llano-Ponte, R., Labidi, J. (2012). Lactic acid production by alkaline hydrothermal treatment of corn cobs. *Chemical Engineering Journal*, 181, 655-660. DOI: 10.1016/j.cej.2011.12.033.
34. Wang, Y., Du, J., Li, Q., Tao, Y., Cheng, Y., Lu, J., Wang, H. (2023). Bioconversion of cellulose and hemicellulose in corn cob into L-lactic acid and xylooligosaccharides. *International Journal of Biological Macromolecules*, 253, 126775. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2023.126775.
35. Lau, T., Harbourne, N., Oruña-Concha, M.J. (2020). Optimization of enzyme-assisted extraction of ferulic acid from sweet corn cob by response surface methodology. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 100, (4), 1479-1485. DOI: 10.1002/jsfa.10155.
36. Cheng, L., Liu, H., Cui, Y., Xue, N., Ding, W. (2014). Direct conversion of corn cob to formic and acetic acids over nano oxide catalysts. *Journal of Energy Chemistry*, 23 (1), 43-49. DOI: 10.1016/S2095-4956(14)60116-9.
37. Ariyanti, D., Rimantho, D., Leonardus, M., Ardyan, T., Fiviyanti, S., Sarwana, W., Hanifa, Y., Agustyan, E., Meliana, Y., Susparini, N.T., Fansuri, M.H., Putra, O.A., Simanungkalit, S. (2025). Valorization of corn cob waste for furfural production: A circular economy approach. *Biomass and Bioenergy*, 194, 107665. DOI: 10.1016/j.biombioe.2025.107665.
38. Hromádková, Z., Kováčiková, J., Ebringerová, A. (1999). Study of the classical and ultrasound-assisted extraction of the corn cob xylan. *Industrial Crops and Products*, 9 (2), 101-109. DOI: 10.1016/S0926-6690(98)00020-X.
39. Melo-Silveira, R.F., Fidelis, G.P., Costa, M.S.S.P., Telles, C.B.S., Dantas-Santos, N., Elias, S.O., Ribeiro, V.B., Barth, A.L., Macedo, A.J., Leite, E.L., Rocha, H.A.O. (2011). In vitro antioxidant, anticoagulant and antimicrobial activity and in inhibition of cancer cell proliferation by xylan extracted from corn cobs. *International Journal of Molecular Sciences*, 13 (1), 409-426. DOI: 10.3390/ijms13010409.
40. Ismail, S.A., Nour, S.A., Hassan, A.A. (2022). Valorization of corn cobs for xylanase production by *Aspergillus flavus* AW1 and its application in the production of antioxidant oligosaccharides and removal of food stain. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 41, 102311. DOI: 10.1016/j.bcab.2022.102311.
41. Zhu, Y., Kim, T.H., Lee, Y.Y., Chen, R., Elander, R.T. (2006). Enzymatic production of xylooligosaccharides from corn stover and corn cobs treated with aqueous ammonia. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 129-132 (1), 586-598.
42. Samanta, A.K., Jayapal, N., Kolte, A.P., Senani, S., Sridhar, M., Dhali, A., Suresh, K.P., Jayaram, C., Prasad, C.S. (2015). Process for enzymatic production of xylooligosaccharides from the xylan of corn cobs. *Journal of Food Processing and Preservation*, 39 (6), 729-736. DOI: 10.1111/jfpp.12282.
43. Yu, X., Yin, J., Li, L., Luan, C., Zhang, J., Zhao, C., Li, S. (2015). Prebiotic potential of xylooligosaccharides derived from corn cobs and their in vitro antioxidant activity when combined with *Lactobacillus*. *Journal of Microbiology and Biotechnology*, 25 (7), 1084-1092. DOI: 10.4014/jmb.1501.01022.
44. Aniola, J., Gawęcki, J., Czarnocinska, J., Galinski, G. (2009). Corn cobs as a source of dietary fiber. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 59 (3), 247-249.
45. Sanabria, A.F.G. Producción y uso del olote del maíz (*Zea mays*). Trabajo monográfico de actualización para obtener el título de químico de alimentos. Ciudad Universitaria, Mexico, 2024. 142 p. (in Spain).
46. Lau, T., Harbourne, N., Concha, M.J.O. (2019). Valorization of sweet corn (*Zea mays*) cob by extraction of valuable compounds. *International Journal of Food Science and Technology*, 54 (4), 1240-1246. DOI: 10.1111/ijfs.14092.
47. Zhou, Y., Sun, Q., Teng, C., Zhou, M., Fan, G., Qu, P. (2023). Preparation and improvement of physicochemical and functional properties of dietary fiber from corn cob fermented by *Aspergillus niger*. *Journal of Microbiology and Biotechnology*, 34 (2), 330-339. DOI: 10.4014/jmb.2308.08010.
48. Delgado, L.V.B., de la Rosa Millán, J., Flores, D.G. (2023). Comprehensive physical and chemical characterization of corn cob and Nopal fibers: exploring sustainable alternatives for high-value applications. *ACS Food Science & Technology*, 3 (12), 2132-2143. DOI: 10.1021/acsfoodscitech.3c00298.
49. Hernández-García, Y.R., Luzardo-Ocampo, I., Gaytán-Martínez, M., Loarca-Piña, G., Vázquez-Barrios, E., Campos-Vega, R. (2024). Corn cob and corn silk-based ingredients possess bioaccessible and antioxidant phenolic compounds displaying anti-inflammatory effects in vitro. *Food & Function*, 15 (24), 12069-12082. DOI: 10.1039/D4FO02968B.
50. Xu, M., Wang, C., Lyu, G., Zhong, L., Yang, L., Wang, Z., Qin, C., Ji, X., Yang, G., Chen, J., Xu, F. (2019). Structural characterization and antioxidant activity of milled wood lignin from xylose residue and corn cob. *Polymers*, 11 (12), 1-9. DOI: 10.3390/polym11122092.
51. Rose, D.J., Inglett, G.E., Liu, S.X. (2010). Utilization of corn (*Zea mays*) bran and corn fiber in the production of food components. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 90 (6), 915-924. DOI: 10.1002/jsfa.3915.
52. Kuan, Y.H., Liong, M.T. (2008). Chemical and physicochemical characterization of agrowaste fibrous materials and residues. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56 (19), 9252-9257.
53. Viroli, S.L.M., Silva, L.G. da S., Vaz, A.V., Viroli, S.G., Carvalho, N.P., Duarte, H.A., Sousa, A.S., Leite, L.T., Veloso, C., Gomes, N.B., Costa, F.A., Sales, P.V.G. (2022). Caracterização da farinha do sabugo de milho e sua utilização como alternativa para enriquecimento de produtos alimentícios. *Research, Society and Development*, 11 (2), 1-11. DOI: 10.33448/rsd-v11i2.25783. (in Portugal).
54. Lee, C.M., Gan, Y.L., Chan, Y.L., Yap, K.L., Tang, T.K., Tan, C.P., Lai, O.M. (2019). Physicochemical and sensory analyses of high fibre bread incorporated with corn cob powder. *International Food Research Journal*, 26 (5), 1609-1616.
55. Hamzah, Y., Lian, W.F. (2012). Physicochemical properties and acceptance of high fibre bread incorporated with corn cob flour. *Asian Journal of Food and Agro-Industry*, 5 (6), 547-553.
56. Ali, Z., Anjum, F.M., Zahoor, T. (2007). Sensory characteristics of bread prepared from lactic acid obtained from corn cobs, an agricultural waste. *Pakistan Journal of Agricultural Science*, 44 (3), 539-548.
57. Gaikwad, P.S., Oswal, M., Malini, S.H., Supreetha, S. (2025). Fiber-Enriched Pasta. *Advances in Pasta Technology*, 175-196. DOI: 10.1007/978-3-031-84497-3.
58. Nguyen, T.Q.N., Tran, T.T.T., Mai, V.X.H., Nguyen, T.B., Ton, N.M.N., Le, V.V.M. (2023). Corn cob powder and transglutaminase addition in pasta: Effects on proximate composition, physical and cooking properties, and overall acceptability of the product. *Cereal Chemistry*, 100 (2), 346-359. DOI: 10.1002/cche.10615.
59. Njideka, B.E., Chijioke, M.B., Chioma, O.N., Nnennaya, A.N., Iheduzaju, P.I.A. (2020). Maize cob as dietary fiber source for high-fiber biscuit. *GSC Biological and Pharmaceutical Sciences*, 12 (1), 138-144. DOI: 10.30574/gscbps.2020.12.1.0203.
60. Hoang, N.H., Do, H.H., Dang, T.H.Y.,

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СТЕРЖНЕЙ ПОЧАТКОВ КУКУРУЗЫ В РЕЦЕПТУРАХ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

- Ton, N.M.N., Tran, T.T.T., Le, V.V.M. (2022). Fiber-enriched biscuits prepared with enzyme-treated corn cob powder: Nutritional composition, physical properties, and sensory acceptability. *Journal of Food Processing and Preservation*, 46 (8), 1-10. DOI: 10.1111/jfpp.16784.
61. Putra, E.D.L., Yuliasmi, S., Prasetyo, B.E., Zebua, N.F. (2018). The utilization of corn cob's cracker as anticipation of harvest failure for economic improvement for farmer in Narigunung 1 village, Karo regency. *Abdimas Talenta: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 3 (2), 238-241.
62. dos Santos, T.M., Andressa, I., Nascimento, G.K.S., Neves, N. de A., Schmieles, M. (2025). Corn cob flour as an alternative ingredient for muffins: technological and nutritional perspectives. *Revista Principia*, 62, 1-17. DOI: 10.18265/2447-9187a2025id8695.
63. Lau, T., Clayton, T., Harbourne, N., Rodriguez-Garcia, J., Oruna-Concha, M.J. (2022). Sweet corn cob as a functional ingredient in bakery products. *Food Chemistry*, 13, 1-7. DOI: 10.1016/j.fochx.2021.100180.
64. Lau, T. Recovery of functional ingredients from sweet corn (*Zea mays*) cobs. Thesis submitted for the requirement for the degree of Doctor of Philosophy in Food and Nutritional Science. University of Reading, Reading, Great Britain, 2018. 172 p.
65. Nordin, R., Mazlan, M.I., Mohsin, A.Z., Madzuki, I.N. (2025). Characterization of dietary fibers from corn cobs as a potential functional ingredient in muffin. *Malaysian Applied Biology*, 54 (1), 64-75. DOI: 10.55230/mabjournal.v54i1.3176.
66. Kamaruzaman, M.Y.B., Ab Karim, S., Ishak, F.A.B.C., Arshad, M.M.B. (2020). The diversity of traditional Malay kuih in Malaysia and its potentials. *Journal of Ethnic Foods*, 7 (1), 22. DOI: 10.1186/s42779-020-00056-2.
67. Kumar, N.E., Ahmad, F. (2024). Effect incorporation of corn cob powder on the Physicochemical Properties and sensory acceptability of kuih kaswi. *Journal of Biochemistry, Microbiology and Biotechnology*, 12 (SP1), 25-26. DOI: 10.54987/jobimb.v12iSP1.929.
68. Maker Gardener. (n.d.). Putu piring snack – homemade recipe. Retrieved December 25, 2025, from <https://www.makergardener.com/recipes/putu-piring-snack-homemade-recipe>
69. Ahmad, F., Ismail, N.E., Chilik, T.Z.T., Zamri, A.I., Zainol, M.K., Wahab, R.A., Hamid, M.A. (2021). Effect incorporated of oat and corn cob powder on physicochemical and sensory properties of Putu Piring. *Bulletin of Culinary Art and Hospitality*, 1 (1), 7-12. DOI: 10.17977/um069v1i12021p7-12.
70. Harmayani, E., Anal, A.K., Wichienchot, S., Bhat, R., Gardjito, M., Santoso, U., Siripongvuticorn, S., Puripatanavong, J., Payyapallimana, U. (2019). Healthy food traditions of Asia: exploratory case studies from Indonesia, Thailand, Malaysia, and Nepal. *Journal of Ethnic Foods*, 6 (1), 1-18. DOI: 10.1186/s42779-019-0002-x.
71. Ahmad, F., Sapiee, M.H. (2024). The effect of corn cob powder and oat fibre incorporation in physicochemical properties and sensory acceptance of otak-otak. *The Eurasia Proceedings of Health, Environment and Life Sciences*, 13, 32-39.
72. Colombo, R., Ferron, L., Papetti, A. (2021). Colored corn: An up-date on metabolites extraction, health implication, and potential use. *Molecules*, 26 (1), 1-42. DOI: 10.3390/molecules26010199.
73. Velit, J.M., Puma-Izuiza, G., Liñan-Pérez, J., Salvá-Ruiz, B.K., Silva-Jaimes, M.I. (2025). Use of purple corn (*Zea mays* L.) cob in the formulation of functional teas developed using Flash Profile and CATA methods. *Scientia Agropecuaria*, 16 (4), 577-590. DOI: <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2025.044>.
74. Díaz-García, A., Salvá-Ruiz, B., Bautista-Cruz, N., Condezo-Hoyos, L. (2021). Optimization of a natural low-calorie antioxidant tea prepared from purple corn (*Zea mays* L.) and stevia (*Stevia rebaudiana* Bert.). *LWT - Food Science and Technology*, 150, 1-9. DOI: 10.1016/j.lwt.2021.111952.
75. Wattanathorn, J., Kirisattayakul, W., Somboonporn, W. (2025). A randomized controlled trial on the safety and cognitive benefits of a novel functional drink from a purple waxy corn byproduct in peri- and postmenopausal women. *Antioxidants*, 14 (10), 1-25. DOI: 10.3390/antiox14101262.
76. Rojas, M.L., Ramirez, K., Linares, G. (2025). Biocompounds recovery from purple corn cob by-product: extraction kinetics, thermal and physicochemical stability of liquid and powdered anthocyanin-rich extract. *Food and Bioprocess Technology*, 149, 25-35. DOI: 10.1016/j.fbp.2024.11.010.
77. Hernández, M., Ventura, J., Castro, C., Boone, V., Rojas, R., Ascacio-Valdés, J., Martínez-Ávila, G. (2018). UPLC-ESI-QTOF-MS2-Based identification and antioxidant activity assessment of phenolic compounds from red corn cob (*Zea mays* L.). *Molecules*, 23 (6), 1-10. DOI: 10.3390/molecules23061425.
78. Rolandelli, G., Favre, L. C., Aguirre-Calvo, T.R., Farroni, A.E., del Pilar Buera, M., dos Santos Ferreira, C. (2023). An optimized purple corn cob extract as an ingredient for the development of maize-based extrudates with novel characteristics. *Journal of Cereal Science*, 114, 103809. DOI: 10.1016/j.jcs.2023.103809.
79. Sultana, B., Anwar, F., Przybylski, R. (2007). Antioxidant potential of corn cob extracts for stabilization of corn oil subjected to microwave heating. *Food Chemistry*, 104 (3), 997-1005. DOI: 10.1016/j.foodchem.2006.12.061.
80. Fardani, R.A., Hadiatun, N., Febriana, Y. (2025). Antioxidant of bulk cooking oil from corn cob extract. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 11 (1), 193-197. DOI: 10.29303/jppipa.v11i1.9699.
81. Sanchez, J.S.G., Siche, R. (2025). Incorporation of sonicated purple corn cob extracts into food emulsions: effects on physicochemical properties, antioxidant activity, and shelf life. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 19, 7034-7051. DOI: 10.1007/s11694-025-03440-1.
82. Swastawati, F. (2007). Liquid smoke performance of lamtoro wood and corn cob. *Journal of Coastal Development*, 10 (3), 189-196.

Information about the authors

K. I. Shaykhieva - Candidate of technical sciences, associate professor at the Department of Environmental Engineering, Kazan National Research Technological University.

S.V. Borisova - Candidate of technical sciences, associate professor at the Department of Food Technology, Kazan National Research Technological University.

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.