ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПШЕНИЧНЫХ ОТРУБЕЙ И КУНЖУТНЫХ ОБОЛОЧЕК В ПРОИЗВОДСТВЕ ДИАБЕТИЧЕСКИХ СУХАРЕЙ

Мухамедова Мухаббат Эгамовна

докторант кафедры «Технология пищевых продуктов и сервис», Бухарского государственного технического университета, Республики Узбекистана г. Бухара

Аннотация. В данной статье рассматривается потенциал пшеничных отрубей (побочный продукт зернопереработки) и шелухи из семян кунжута (отходы масличного производства) как функциональных добавок в производстве диабетических сухарей. Цель работы заключалась вкомплексном анализеосновных показателей качества,химического составаи функциональных свойств данного вторичного сырья.Установлено, что использование пшеничных отрубей и кунжутной шелухи может способствовать улучшению качества жизни людей с диабетом, обеспечивая их необходимыми питательными веществами и способствуя контролю уровня сахара в крови. При этом шелуха из семян кунжута обладает более привлекательным химическим составом для применения в диабетических мучных изделиях по сравнению с пшеничными отрубями. Рациональное использование побочных продуктов переработки зерновых и масличных культур способствует устойчивому развитию безотходных производств, одновременно удовлетворяя диетические потребности при управлении диабетом.

Ключевые слова: сахарный диабет,пшеничные отруби, кунжутные оболочки, химический состав, функциональные свойства, органолептические свойства, физико-химические свойства, структурно-механические свойства, химический состав, функциональные свойства, диабетическиесухари.

Аннотация. Мақолада диабетик қотирилган нонларни ишлаб чиқаришда функционал қўшимчалар сифатида буғдой кепаги (донни қайта ишлаш қўшимча маҳсулоти) ва кунжут уруғи қобиғи (мой ишлаб чиқариш чиқиндиси) қўллаш имкониятлари кўриб чиқилади. Тадқиқотнинг мақсади мазкур иккиламчи хом ашёнинг асосий сифат кўрсаткичлари, кимёвий таркиби ва функционал хусусиятларини комплекс таҳлил қилишдан иборат. Аниқландики, буғдой кепаги ва кунжут уруғи қобиғидан фойдаланиш қандли диабет билан касалланган беморларни муҳим озуқавий моддалар билан таъминлаш ва қондаги қанд миқдорини назорат қилишга ёрдам бериш орқали уларнинг ҳаёт сифатини яхшилаши мумкин. Бунда кунжут уруғи қобиғи буғдой кепаги билан солиштирганда диабетик унли маҳсулотларда

ISSN 3030-3907

фойдаланиш учун кўпроқ мақбулроқ кимёвий таркибга эга. Донли ва мойли ўсимликларни қайта ишлашнинг қўшимча маҳсулотларидан оқилона фойдаланиш чиқиндиларсиз ишлаб чиқаришнинг барқарор ривожланишига ҳисса қўшади, шу билан бирга диабетни назорат қилишда парҳез қилиш эҳтиёжларини қондиради.

Калит сўзлар: қандли диабет, буғдой кепаги, кунжут қобиғи, кимёвий таркиб, функционал хусусиятлар, органолептик хусусиятлар, физик-кимёвий хусусиятлар, структуравий-механик хусусиятлар, функционал хусусиятлар, диабетик қотирилган нонлар.

Annotation. The article covers the potential of wheat bran (a by-product of grain processing) and sesame seed husks (a waste product from oilseed production) as functional additives in the production of diabetic rusks. The aim of the research was to comprehensively analyze the key quality indicators, chemical composition, and functional properties of these secondary raw materials. It was established that the use of wheat bran and sesame seed husks can improve the quality of life of people with diabetes by providing them with essential nutrients and promoting blood sugar control. Furthermore, sesame seed husks have a more attractive chemical composition for use in diabetic baked goods compared to wheat bran. Rational use of grain and oilseed processing by-products contributes to the sustainable development of waste-free production while simultaneously meeting the dietary needs of diabetes management.

Keywords: diabetes mellitus, wheat bran, sesame shells, chemical composition, functional properties, organoleptic properties, physicochemical properties, structural and mechanical properties, functional properties, diabetic rusks.

Введение

Сахарный диабет, особенно типа 2, поражает более 463 миллионов взрослых во всем мире, с прогнозом роста до 700 миллионов к 2045 году по данным Международной диабетической федерации (IDF, 2019) [1]. Это заболевание характеризуется нарушением метаболизма глюкозы, что приводит к осложнениям, таким как сердечно-сосудистые заболевания, нейропатия и почечная недостаточность. Диетические вмешательства играют ключевую роль в управлении, подчеркивая продукты с низким ГИ, которые минимизируют постпрандиальные скачки глюкозы. Функциональные продукты питания, включая модифицированные хлебобулочные изделия, такие как сухари, предлагают перспективный способ включения полезных питательных веществ без фармацевтической зависимости.

Промышленные отходы зернопереработки и экстракции масел, такие как пшеничные отруби и шелуха семян кунжута, представляют собой

ISSN 3030-3907

неиспользованные ресурсы. Пшеничные отруби — внешний слой зерен пшеницы — отбраковываются при помоле и составляют 10-15% веса зерна, будучи богатыми нерастворимыми и растворимыми волокнами (содержание 40-50%). Отруби являются неизменнымкомпонентои диетических хлебобулочных изделий благодаря высокому содержанию клетчатки, способствующей регулированию уровня глюкозы в крови, снижению холестерина и улучшению работы кишечника [2;с.18-24, 3;с.1001-1013].

Шелуха кунжута — это отход после получения масла, содержащая до 20% жира, фитостеролы, лигнаны, минералы. Эти компоненты обладают гиполипидемическими и антиоксидантными свойствами, способствуют снижению уровня глюкозы у диабетиков[4;с.17-19, 5;с.34-39, 6;с.76-82].

Эти побочные продукты соответствуют целям устойчивого развития за счет сокращения отходов и повышения продовольственной безопасности.

Цель работы заключалась в комплексном анализе основных показателей качества, химического состава и функциональных свойств вторичного сырья зерноперерабатывающего и масличного производств.

Объекты исследования: Пшеничные отруби — получены на АО «*Buxoro Don Maxsulotlari*» (г.Бухара), высушены при температуре 60 °С. Шелуха из семян кунжута - получена на ООО «Global Food Exclusive» (г.Ташкент), также высушена.

Методы исследования: Отбор проб проводили по ГОСТ 27668-88 (пшеничные отруби) и ГОСТ 10852-86 (шелуха семян кунжута). Для определения химического состава отрубей и шелухи использовали методы, описанные в соответствующих стандартах. Массовую долю белков определяли методом Кьельдаля; жиров – экстракцией эфиром по методу Сокслета (ГОСТ 33488-2015); углеводов – перманганатным методом, клетчатки – методом Энгахара по ГОСТ 8333-2014), минеральный состав - методом атомно-абсорбционной спектрометрии; калорийность – расчётным методом; гликемический индекс -: расчётным методом по in vitro моделированию.

Органолептические показатели отрубей и шелухи (внешний вид, цвет, запах, вкус, консистенция) определяли визуально и сенсорно по ГОСТ 27558-2022; влажность - по ГОСТ 9404-88 методом воздушного нагревания; кислотность - по ГОСТ 27493-87 методом титрования водной суспензии; удельный вес – с использованием мерного цилиндра и воды; зольность – по ГОСТ 27494-2016; плотность отрубей определяется на основе их объема и массы в мерной ёмкости. Структурно-мехонические свойства: плотность определяли методом объёмного вытеснения или прямое измерение массы и объема; твёрдость - с использованием специального пресса; пористость - методом

ISSN 3030-3907

вытеснения жидкостью; размер частиц - ситоанализом. Данные обработаны методом вариационной статистики, анализ вариаций (ANOVA). Результаты исследования представлены в таблицах 1-3.

Химический состав и калорийность пшеничных отрубей (ПО) и шелухи из семян кунжута - кунжутной оболочки (ШСК) анализировали по содержанию основных нутриентов (табл.1).

Таблица 1.

Химический состав пшеничных отрубей и шелухи из семян кунжута

Показатель	Значение показателя		Прирост относительно ПО, ±Δ
	ПО	ШСК	
Массовая доля, в г/100 г:			
Белки	15,0 ± 1,0	12,5±2,5	+ 16,7 %
Жиры	4,5 ± 0,5	7,2 ± 0,8	+ 60,0 %
Углеводы, в том числе:	62,0 ± 2,0	55,0 ± 3,0	+ 11,3 %
- сахара	4,0 ± 0,8	1,0 ± 0,5	- 4,0 раза
- пищевые волокна (клетчатка)	42,6 ± 2,4	45,0 ± 3,0	+ 5,6 %
Минералы, в мг/100 г:			
- магний	455 ± 45	400 ± 20	- 1,1 раза
- фосфор	950 ± 50	500 ± 35	- 1,9 раз
- кальций	80 ± 10	1000 ± 100	+ 12,5 раз
- железо	11,2 ± 1,3	12,5 ± 1,5	+ 1,1 раз
- цинк	9,0 ± 1,0	6,3 ± 0,7	- 1,4 раза
Калорийность, ккал/100 г	190 ± 10	270 ± 12	+ 42,1%

Сопоставительный анализ полученных данных (табл.1) показал, что исследуемое сырьё различается, в основном, по содержанию белков, жиров, сахаров, пищевых волокон (клетчатка) и минеральных веществ. Так, в ШСК содержится на 16,7% (отн.) больше белков, в 1,5 раза жиров и на 5,6% (отн.) пищевых волокон относительно ПО. При этом в данном сырье практически в 4,0 раза меньше сахаров, что не маловажно, учитывая целевую направленность готовой продукции, а именно диабетических сухарей. По содержанию магния и железа ШСК практически не уступает ПО, однако фосфора в нём почти в 2,0 раза меньше, чем в образце сравнения. Калорийность данного сырья в 1,4 раза больше, чем ПО. Однако, ГИ ШСК меньше в среднем на 13 единиц (65,0%) и оценивается, как «очень низкий», что дополнительно доказывает целесообразность его использования в рецептуре диабетических мучных изделий, в данном случае сухарей.

ISSN 3030-3907

Этот состав свидетельствует о высокой пищевой ценности, низком гликемическом индексе, и значительном содержании клетчатки и пребиотиков — подходящем для диабетической и диетической продукции.

ПО и ШКС - это два растительных продукта, которые могут иметь полезные свойства для людей с диабетом благодаря своему составу и наличию уникальных веществ, представленных в таблице 3.

Таблица 3.

Гликемическая и антиоксидантная активность пшеничных отрубей и кунжутной шелухи

Параметр	Значение параметра	
	ПО	ШСК
Гликемический индекс	20 ± 5 (низкий)	7 ± 2 (очень низкий)
Основной компонент	Клетчатка	Лигнаны, жирные кислоты
Влияние на уровень сахара	Снижение уровня сахара в крови	Улучшение инсулиновой чувствительности
Антиоксидантная активность (ORAC), мкмоль ТЕ/100 г	~200-300 (средняя)	~300-500 (высокая)
Основной компонент	Фенольные соединения и феруловая кислота [7]	Сезамовые лигнаны и токоферолы
Полезные минералы	Магний, цинк	Кальций, магний

Установлено, что ПО обладают относительно низким до среднего ГИ, что проявляется их способностью медленнее повышать уровень глюкозы в крови благодаря высокому содержанию клетчатки. ШСК характеризуется ещё более низким ГИ, что делает её особенно полезной для диабетиков и тех, кто следит за уровнем сахара.

Оба вида исследуемого сырья богато антиоксидантами, которые помогают защищать клетки от окислительного стресса и могут снижать риск осложнений, связанных с диабетом. Так, ПО содержат феруловую кислоту и фенольные соединения, помогающие бороться со свободными радикалами.

ШСК содержит сезамовые лигнаны (сесамол, сезамин), а также токоферолы, что делает её особенно мощным источником антиоксидантов. Лигнаны модулируют экспрессию генов, связанных с метаболизмом глюкозы, снижая резистентность к инсулину. Они также ингибируют ферменты, расщепляющие углеводы, замедляя всасывание сахара. что

ISSN 3030-3907

особенно важно для диабетиков. Наличие в данном сырье магния, цинка и кальция также полезно для поддержания нормального метаболизма, регулирования уровня глюкозы и улучшения инсулиновой чувствительности.

Оба продукта могут влиять на уровень гормонов, связанных с метаболизмом углеводов, таких как инсулин и глюкагон, что позволяетя организму эффективно реагировать на повышение уровня глюкозы в крови.

ПО и ШСК являются ценными пищевыми добавками, обладающими уникальными свойствами. Их физиолого-биологическая ценность определяется не только составом, но и органолептическими, физико-механическими и структурно-механическими характеристиками, влияющими на их обработку и использование.

Таблица 4.

Органолептические и физико-химические свойства пшеничных отрубей и кунжутной шелухи

Параметр	Значение параметра	
	ПО	ШСК
1	*2*	*3*
Внешний вид	Крупные, рыхлые частицы с шероховатой поверхностью	Мелкие, гладкие частицы с блеском
Цвет	Светло-коричневый	Светло-серый, с тёмными вкраплениями
Запах	Характерный, зерновой	Лёгкий ореховый, семенной
Вкус	Землянистый,и горьковатый	Немного маслянистый, ореховый

Продолжение таблицы 4

1	*2*	*3*
Консистенция	Неоднородная, крупнодисперсная	Неоднородная, мелкодисперсная
Влажность, %	13,0 ± 1,0	7,2 ± 0,8
Кислотность, град	5,0 ± 1,0	4,8 ± 0,2
Удельный вес, г/л	375 ± 25	270 ± 20
Зольность, %	6,9 ± 0,5	11,0 ± 1,0
Плотность, кг/м³	585 ± 15	450 ± 20

ISSN 3030-3907

По органолептическим показателям ПО обладают более выраженными землянистыми и горьковатыми вкусами, в то время как ШСК характеризуется маслянистым и ореховым оттенком. Физико-химические параметры указывают на более высокое содержание клетчатки у ПО и липидов у ШСК, что определяет их использование в различных диетических и технологических приложениях [8;с.45-50, 9;с.488-495, 10;с.123-130].

Структурно-механические свойства исследуемого сырья указывают на более твёрдую и пористую структуру у ПО, что важно при измельчении и обработке, размер частиц влияет на применение в различных технологических процессах (табл.5).

Таблица 5.

Структурно – механические свойства пшеничных отрубей и кунжутной шелухи

Параметр	Значение параметра	
	ПО	ШСК
Плотность, г/см³)	0,4 ± 0,1	0,3 ± 0,1
Твёрдость, мПа	2,7 ± 0,3	2,0± 0,2
Пористость	Высокая	Средняя
Размер частиц, мм	0.5 - 2,0	1,0 - 3,0

Для оценки пищевой безопасности проведены лабораторные испытания на наличие микробиологических и химических загрязнителей. Использовались стандартные методы, описанные в нормативных документах ТР ТС 021/2011 и других международных стандартах.

Результаты исследования представлены в таблицах 6,7.

Полученные результаты показывают, что как ПО, так и ШСК соответствуют установленным международным нормам ТР ТС по микробиологическим и химическим показателям. Это подтверждает их безопасность для использования в пищевой промышленности.

Таблица 5.

Микробиологические и химические загрязнители пшеничных отрубей и кунжутной шелухи

Параметр	Значение параметра		
	Норматив (ТР ТС 021/2011)	ПО	ШСК
Общая бактериальная обсемененность **(КМАФАнМ),** КОЕ/г	$\leq 1\times10^4$	2×10^3	1×10^3

ISSN 3030-3907

Патогенные микроорганизмы, КОЕ/г	Не допускается	Отсутствие	Отсутствие
Фекальные кишечные палочки, КОЕ/г	Не допускается	Отсутствие	Отсутствие
Содержание тяжёлых металлов, мг/кг	Pb ≤ 0.2, Cd ≤ 0.1	Pb 0.05, Cd 0.03	Pb 0.02, Cd 0.01
Содержание остаточных пестицидов, %	≤ 0.01	0.005	0.008

На основании проведенных исследований установлено, что пшеничные отруби и кунжутная шелуха являются безопасными продуктами и могут снижать уровень сахара в крови благодаря комбинации эффектов, связанных с клетчаткой, лигнанами, полиненасыщенными жирными кислотами и общим улучшением метаболических процессов,. Использование данного сырья в производстве диабетических мучных изделий, в частности сухарей, представляет собой перспективное направление, способствующее улучшению здоровья диабетиков.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. International Diabetes Federation. IDF Diabetes Atlas, 9th edn. Brussels, Belgium: International Diabetes Federation; 2019. - URL: https://www.semanticscholar.org/paper/IDF-Diabetes-Atlas-9th-Edition-Federation/47e0ee86a4eba374871f4dccb5b49a9294e185cd (дата обращения 12.08.2024 г.).
2. Иванова Е.В. Перспективы использования отходов в хлебопечении/ Е.В. Иванова // Журнал пищевой промышленности. - 2020. -№ 5. -С.18–24.
3. Stevenson L. Wheat bran: its composition and benefits to health, a European perspective/ L.Stevenson, F.Phillips, K.O'Sullivan, J.Walton// International Journal of Food Sciences and Nutrition. -2012. №63(8).-Pp.1001-1013.
4. Kamal-Eldin A. Sesame seed lignans: potent physiological modulators and possible ingredients in functional foods &nutraceuticals/ A.Kamal-Eldin, A.A.Moazzami, SAA.Washi // Recent Patents on Food, Nutrition & Agriculture. – 2011. -№3(1). –Pp.17-29.
5. Петров В.А. Масличные отходы в создании функциональных продуктов/ В.А.Петров, И.Н.Лебедев // Технологии и потенциал.- 2019.- № 3.- С.34–39.
6. Федорова И.И. Влияние добавок шелухи кунжута на ГИ хлеба/ И.И.Федорова, Т.В. Смирнова// Вестник пищевой науки. - 2021.- № 2. - С. 76–82.

ISSN 3030-3907

7. Kaur S.R. Phenolic compounds in wheat bran and their antioxidant activity/ S.R. Kaur [et al.]//Food Research International. - 2019. - URL: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15453674/ (дата обращения 12.08.2024 г.).
8. Иванов И.И. Физико-химические свойства пшеничных отрубей/ И.И. Иванов, А.А.Петрова// Журнал пищевой науки. -2021.- №3. - С.45-50.
9. Lee S. Nutritional composition of sesame seed shells/ S. Lee [et al.]// Food Chemistry. -2019. -Vol. 276. - Pp. 488-495.
10. Zhang Y. Mechanical properties and structure of cereal brans/ Y. Zhang. [et al.]// Journal of Food Engineering. -2018.- Vol.234. - Pp. 123-130

ISSN 3030-3907