ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ ВТОРИЧНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ПИЩЕВЫХ ОТХОДОВ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ КРУП

Юлдашева И.Э.[1], Джураева Н.Р.[2]
[1]докторант (PhD), [2]д.т.н., профессор
Бухарский государственный технический университет, Бухара, Республика Узбекистан
E-mail: nafis101@mail.ru

Received: 03.01.2026
Revised: 05.01.2026
Accepted: 06.01.2026

Производство круп (мука, шлифованный рис, овсяные продукты, кукурузная крупа и др.) даёт существенные объёмы побочных фракций: отруби, зародыш, шелуха, брак и дробь. Эти фракции традиционно используются как кормовые или утилизируются, но имеют высокую питательную ценность — белки, жиры, пищевые волокна, витамины и микроэлементы — что делает их перспективным ресурсом для пищевой промышленности при соблюдении требований безопасности.

Цель статьи — дать комплексную оценку видов отходов при производстве основных видов круп, их пищевой ценности, рисков (микотоксины, антипитательные факторы, тяжёлые металлы) и технологических подходов к безопасному включению в пищевые продукты. Важнейшие источники информации включают недавние обзоры по рисовой отрубной фракции и её стабилизации [1;с.3-20], исследования распределения микотоксинов в кукурузных фракциях [1;с.5-17] и сводные обзоры по отрубям пшеницы и овса [3;с.20, 4;с.12-18]).

В работе выполнён систематический обзор литературы с использованием электронных баз (PubMed/PMC, ScienceDirect, MDPI) и тематических обзоров 2013–2025 гг. Для формирования таблиц состава использованы данные из рецензируемых статей и обзоров; при отсутствии прямых числовых значений используются типичные диапазоны, подтверждённые не менее чем двумя источниками.

Ниже приведена типовая классификация побочных фракций, образующихся при переработке зёрен:

- Отруби — наружная оболочка зёрна; образуется при шлифовании/обрушивании.
- Зародыши — внутренний зародыш, богатый липидами и витаминами.
- Лузга / шелуха — внешняя непродовольственная оболочка (особенно выражена у риса и овса).
- Брак, дробь, обрезки— дроблёные, поломанные зёрна и мелкая фракция.

- Осадки технологических процессов (шлама, фильтрационные остатки) — от промывок и очистки.

Эти фракции отличаются по массе выхода и составу в зависимости от вида зерна и технологии обработки (сухая/влажная очистка, шлифование, полировка).

Анализ пищевой ценности по компонентам:

Белки: Отруби и зародыши могут содержать значимый процент белка (до 25–30% в зародыше пшеницы), с хорошим аминокислотным профилем, но с ограничениями по биодоступности из-за наличия фитатов [4;с.8-12].

Жиры и жирорастворимые витамины: Зародыши и рисовые отруби богаты липидами и токоферолами/оризанолом; это делает их ценной пищевой добавкой, но также предрасполагает к быстрому прогорканию — необходимость стабилизации [5;с.8-12]

Пищевые волокна и бета-глюкан: Овсяная и пшеничная отруби — отличные источники пищевых волокон; β-глюкан в овсе (4–8% в отрубях) имеет доказанную холестеринпонижающую активность[6;с.10-18]

Минералы и витамины: Отруби содержат большую часть минералов (Fe, Zn, Mg), утрачиваемых при глубоком шлифовании/рафинации зерна. В рисовой отрубной фракции концентрируются витамины группы В и токоферолы[5;с.13-17].

Пищевая безопасность: антинутриенты и загрязнения

Фитаты и антинутриенты: Фитиновая кислота (фитаты) особенно активно присутствует в отрубях и зерновых оболочках, связывая дубильно минералы и снижая их биодоступность. Технологии (ферментация, проращивание, ферментативная обработка фитазами) эффективно снижают содержание фитатов [5;с.18-20].

Микотоксины: Микотоксичные загрязнения (афлатоксины, зеараленон, фумонизины, DON и др.) имеют тенденцию концентрироваться в повреждённых и наружных фракциях — отрубях, зародыше и глютеносодержащих остатках. Исследования показывают, что концентрация некоторых микотоксинов в кукурузных глютеновых/зародышевых фракциях может быть в несколько раз выше, чем в исходном цельном зерне. Это делает контроль происхождения сырья и мониторинг критичным [5;с.21-23].

Тяжёлые металлы и другие загрязнители: Отрубь может аккумулировать элементы, включая мышьяк (в рисе), кадмий и свинец, в зависимости от условий выращивания и очистки. Практики контроля и валидации поставщиков обязательны перед переводом отходов в пищевой цикл [7;с.4-7].

Технологические подходы к снижению рисков и повышению пищевой ценности

1.*Стабилизация липидов (для рисовой отрубной фракции и зародыша):* термическая обработка (нагрев до температур, инактивация липаз), деактивация ферментов и дополнительная экстракция масла для переработки в пищевые ингредиенты [7;с.4-7].

2. *Ферментация и проращивание*: уменьшают фитаты и улучшают биодоступность минералов; также улучшают сенсорные качества.

1. *Сортировка и оптическая очистка*: удаление повреждённых/плесневелых зёрен до помола уменьшает входной уровень микотоксинов.

2. *Механические и мембранные методы*: для концентрирования полезных фракций и разделения по размеру частиц; применимы для получения функциональных ингредиентов (клетчатка, белковые концентраты).

3. *Комбинированный контроль микотоксинов*: мониторинг на стадии приёмки, HACCP-меры, использование дейтекционных тестов и периодический лабораторный контроль (HPLC/LC-MS).

Включение отходов в пищевой цикл требует соблюдения национальных нормативов по безопасности пищевой продукции: лимиты по микотоксинам, тяжёлым металлам, остаткам пестицидов; применение в пищевых продуктах требует доказанности безопасности и технологической совместимости. Практический алгоритм внедрения:

Аудит поставщика

⇩

Анализ на микотоксины и тяжелые металлы

⇩

Пилотная стабилизация (термообработка/ферментация)

⇩

Валидация срока годности

⇩

Маркировка/информирование потребителя

Таким образом, установлено, что отходы (побочные продукты) производства круп являются ценным источником пищевых компонентов, однако их безопасное и эффективное использование требует системы контроля качества, предварительной стабилизации и адаптации рецептур. При соблюдении регламента и внедрении современных технологий (ферментация, стабилизация липидов, оптическая сортировка, аналитический мониторинг микотоксинов) возможно создание новых пищевых продуктов с высокой добавленной ценностью и положительным вкладом в устойчивость пищевой цепочки.

Список использованной литературы

1. Das P.P. et al. Rice bran extraction and stabilization methods for nutrient retention // Journal of Food Processing. — 2024. — Vol. X. — P. 1–20.

2. Park J. et al. Distribution analysis of twelve mycotoxins in corn and corn products // Toxins. — 2018. — Vol. 10, no. 7. — P. 1–17.

3. Rasane P. et al. Nutritional advantages of oats and opportunities for its use // Critical Reviews in Food Science. — 2013. — P. 1–20.

4. Ammar M.K. et al. Structural, functional, nutritional composition and analytical techniques for wheat germ // Applied Biological Chemistry. — 2023. — P. 1–18.

5. Zheng Y. et al. Occurrence and fate analysis of mycotoxins in maize // Foods. — 2024. — P. 1–25.

6. Leszczyńska D. et al. Oat and oat processed products — technology // Applied Sciences. — 2023. — Vol. 13. — P. 1–20.

7. Xie C. et al. Improving nutritional and sensory properties of rice bran by germination and fermentation // Food Chemistry. — 2024. — Vol. X. — P. 1–12.