



БИОХИМИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ КОРМОВ ПРИ НАРУШЕНИИ УСЛОВИЙ ХРАНЕНИЯ

А. В. Серакова, студентка

E-mail: prihodkoanna682@gmail.com

ФГБОУ ВО «Калининградский государственный
технический университет»



В. К. Кузмичева, студентка

E-mail: verakuzmicheva15@mail.ru

ФГБОУ ВО «Калининградский государственный
технический университет»



С. А. Терюшева, доцент, канд. хим. наук

E-mail: STerjusheva@mail.ru

ФГБОУ ВО «Калининградский государственный
технический университет»

В статье рассматриваются биохимические изменения, происходящие в кормах при нарушении условий хранения после вскрытия заводской упаковки. Охарактеризованы четыре ключевых процесса: перекисное окисление липидов, эндогенный протеолиз белков, микробиологическая контаминация и неферментативная гликация. Показано, что совокупное действие данных реакций ведёт к образованию токсичных карбонильных соединений – малонового диальдегида, 4-гидроксиноненала и акролеина, утрате биодоступности незаменимых нутриентов и накоплению микотоксинов. На основании результатов анализа сформулированы научно обоснованные рекомендации по условиям хранения кормов, соблюдение которых позволяет замедлить биохимические изменения и сохранить питательную ценность продукта.

Ключевые слова: биохимические изменения кормов, перекисное окисление липидов, протеолиз, микотоксины, малоновый диальдегид, реакция Майяра, условия хранения, нутритивная безопасность.

ВВЕДЕНИЕ

Качество готовых кормов принято оценивать по органолептическим показателям – запаху, цвету и консистенции. В то же время значимые биохимические изменения в составе корма начинаются задолго до появления видимых признаков порчи [1]. Это создаёт ложное ощущение безопасности продукта и способствует нарушению регламентов хранения со стороны владельцев животных и обслуживающего персонала.

Вскрытие заводской упаковки открывает доступ атмосферного кислорода, влаги и светового излучения к кормовой матрице, что запускает ряд взаимосвязанных реакций: окисление липидных фракций, ферментативный гидролиз белков, размножение микроорганизмов и неферментативную модификацию нутриентов. Биохимические изменения, разви-

вающиеся в результате этих процессов, приводят к снижению питательной ценности корма и накоплению соединений, неблагоприятно воздействующих на здоровье животных [2, 6].

ОБЪЕКТ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектом исследования являются готовые корма для домашних и сельскохозяйственных животных на основе растительного и животного сырья, прошедшие термическую обработку в процессе производства и подвергшиеся воздействию факторов внешней среды вследствие нарушения герметичности упаковки в ходе хранения.

ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

Цель работы – изучить биохимические изменения, происходящие в кормах при нарушении условий хранения, и оценить их значение для питательной ценности и безопасности продукта.

Задачи исследования:

- 1) определить основные биохимические процессы, активизирующиеся в корме при контакте с факторами внешней среды;
- 2) установить механизмы образования токсичных соединений как следствия биохимических изменений состава корма;
- 3) сформулировать практические рекомендации по условиям хранения, замедляющим нежелательные биохимические изменения.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Работа выполнена на основе теоретического анализа и совокупности отечественных и зарубежных научных публикаций, посвящённых биохимии кормления животных [2], химии липидов [5], микробиологии кормов и микотоксинозам [3], а также биохимическим аспектам хранения кормов [6]. Применены методы сравнительного описания биохимических процессов и дедуктивного обобщения данных.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

1. Перекисное окисление липидов

Проникновение молекулярного кислорода в структуру корма служит пусковым механизмом для радикально-цепного окисления полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК). Процесс развивается последовательно: инициирование цепи под действием тепла, металлов-прооксидантов или световых квантов → образование пероксирадикалов → накопление гидроперекисей жирных кислот. На более поздних стадиях хранения первичные продукты нестабильно деградируют с высвобождением низкомолекулярных альдегидов (гексаналя, пентаналя), кетонов и карбоновых кислот, обуславливающих характерный прогорклый запах [5].

Параллельно происходит необратимая деструкция незаменимых ПНЖК – линолевой, линоленовой и арахидоновой кислот, что снижает энергетическую и физиологическую ценность корма. Вторичные продукты перекисного окисления оказывают прямое цитотоксическое воздействие на слизистые оболочки желудочно-кишечного тракта, нарушая целостность эпителиального барьера [6].

2. Эндогенный протеолиз и автолитические изменения белков

Растительное и животное сырьё, входящее в состав готовых кормов, содержит эндогенные протеолитические ферменты (катепсины, эластазы, различные пептидазы), лишь частично инаktivированные при производстве. Повышение относительной влажности окружающей среды и отклонение температуры от оптимального диапазона создают условия для реактивации этих ферментов и деструкции нативной белковой структуры [1].

Последовательный гидролиз полипептидных цепей приводит к накоплению олигопептидных фрагментов и свободных аминокислот. Освобождённые аминокислоты в условиях избыточной влажности подвергаются дезаминированию с образованием аммиака; серосодержащие соединения – метионин и цистеин – разлагаются с выделением сероводорода.

Дисбаланс аминокислотного профиля при систематическом потреблении такого корма негативно сказывается на азотистом обмене, росте и воспроизводстве животных [2].

3. Микробиологическая контаминация и продукция экзометаболитов

Вскрытая поверхность корма представляет собой высококонцентрированную субстратную среду для широкого спектра микроорганизмов – сапрофитных бактерий, дрожжей и мицелиальных грибов. При относительной влажности воздуха выше 65 % и температуре свыше 20 °С наблюдается экспоненциальная пролиферация колоний с формированием биоплёнок [3].

Особую опасность представляет развитие грибов родов *Aspergillus*, *Fusarium* и *Penicillium*, способных синтезировать термостабильные микотоксины, сохраняющие биологическую активность даже после нагревания до 200 °С и оказывающих гепатотоксическое, нефротоксическое и иммуносупрессивное действие [3]. Важно подчеркнуть, что визуальное обнаружение мицелия, как правило, свидетельствует о глубоком обсеменении субстрата, тогда как продукция микотоксинов начинается ещё до появления видимых признаков грибкового поражения.

4. Неферментативная гликация: реакция Майяра при хранении

В кормах, прошедших термическую обработку при производстве, протекает взаимодействие ϵ -аминогрупп лизина, аргинина и гистидина с восстанавливающими сахарами (глюкозой, фруктозой, лактозой). На начальной стадии образуются продукты Амадори, которые при продолжительном хранении претерпевают перегруппировки с формированием реактивных дикетонов и α -кетоальдегидов. Завершающим этапом служит поликонденсация промежуточных продуктов с образованием высокомолекулярных меланоидинов [7].

Блокирование лизина в составе нерасщепляемых комплексов снижает биодоступность этой незаменимой аминокислоты. Промежуточные продукты реакции Майяра обладают хелатирующей активностью в отношении двухвалентных металлов (Fe^{2+} , Zn^{2+} , Cu^{2+}) и связывают водорастворимые витамины группы В, существенно снижая их биодоступность [6].

5. Изменения состава корма вследствие накопления вторичных токсикантов

Совокупность описанных процессов деградации сопровождается накоплением высокореакционных α,β -ненасыщенных карбонильных соединений: малонового диальдегида (МДА), 4-гидроксинонена (4-HNE) и акролеина [4]. МДА генерируется преимущественно при деструкции ω -6-ПНЖК через стадию нестабильных циклических эндоперекисей и служит наиболее распространённым биомаркёром степени окисления липидов. 4-HNE проявляет ещё более высокую электрофильную активность вследствие наличия одновременно α,β -ненасыщенного альдегида и гидроксильной группы у С-4. Акролеин образуется при пиролизе глицериновой основы триглицеридов и при окислительной деградации углеводных компонентов корма [5].

Патологический эффект перечисленных токсикантов реализуется через взаимосвязанные молекулярные механизмы: (1) дестабилизацию клеточных мембран вследствие встраивания в фосфолипидный бислой; (2) ингибирование ключевых ферментов метаболизма через ковалентную модификацию сульфгидрильных и аминокислотных активных центров; (3) митохондриальную дисфункцию – необратимое ингибирование комплексов I и II дыхательной цепи акролеином; (4) образование межмолекулярных сшивок в структурных и функциональных белках; (5) поддержание хронического оксидативного стресса за счёт истощения антиоксидантных систем [6].

6. Условия хранения как фактор управления биохимическими изменениями в корме

Знание механизмов биохимических изменений позволяет сформулировать конкретные параметры хранения, при соблюдении которых скорость нежелательных реакций существенно снижается:

- Герметизация тары: хранение в оригинальной многослойной упаковке производителя или в специализированных плотно закрывающихся контейнерах для исключения диффузии кислорода и водяного пара.

- Температурный режим: оптимальный диапазон – 15–20 °С; превышение 25 °С экспоненциально ускоряет кинетику перекисного окисления и гидролитических реакций.
- Фотозащита: хранение в затемнённом помещении или непрозрачной таре для предотвращения фотокаталитического разрушения витаминов и инициации радикальных цепей.
- Контроль влажности: поддержание относительной влажности воздуха не выше 60 % для подавления активности эндогенных ферментов и микробной пролиферации.
- Соблюдение сроков использования: применение продукции после вскрытия упаковки не более чем в течение 30 сут при строгом соблюдении прочих условий хранения.
- Санитарно-гигиенический уход: регулярная очистка и дезинфекция кормушек не реже одного раза в неделю для предотвращения накопления микробных биоплёнок.
- Раздельное хранение: изоляция различных видов кормов для исключения миграции летучих компонентов и перекрёстной сенсibilизации.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведённый анализ показал, что нарушение условий хранения после вскрытия заводской упаковки запускает в кормовой матрице четыре взаимоусиливающих биохимических процесса: перекисное окисление липидов, ферментативный протеолиз белков, микробную контаминацию с образованием микотоксинов и неферментативную гликацию нутриентов. Именно их взаимодействие, а не какой-либо один процесс, определяет итоговое изменение состава и свойств корма.

Следствием описанных биохимических изменений становится накопление высокореакционных токсикантов – МДА, 4-HNE и акролеина, снижение биодоступности незаменимых аминокислот, жирных кислот и витаминов. Хроническое поступление корма с подобными изменениями создаёт условия для развития оксидативного стресса, иммунодефицита и органных дисфункций у животных.

Интенсивность биохимических изменений напрямую определяется условиями хранения. Соблюдение герметичности тары, температурного и влажностного режима, защиты от светового излучения и санитарно-гигиенических норм позволяет существенно замедлить нежелательные реакции и обеспечить полноценное питание животных в течение всего периода использования корма после вскрытия упаковки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вертипрахов, В. Г. Физиологические особенности пищеварения у животных / В. Г. Вертипрахов. – Москва: РАСХН, 2017. – 214 с.
2. Ковалев, С. П. Клиническая диагностика внутренних болезней животных / С. П. Ковалев, А. П. Курдеко, Е. Л. Братушкина. – Санкт-Петербург: Лань, 2020. – 540 с.
3. Трemasов, М. Я. Микотоксикозы животных: этиология, диагностика, лечение / М. Я. Трemasов, В. А. Новиков // Ветеринария. – 2019. – № 4. – С. 12–18.
4. Esterbauer, H. Chemistry and biochemistry of 4-hydroxynonenal, malonaldehyde and related aldehydes / H. Esterbauer, R. J. Schaur, H. Zollner // Free Radical Biology and Medicine. – 1991. – Vol. 11, № 1. – P. 81–128.
5. Frankel, E. N. Lipid Oxidation / E. N. Frankel. – 2nd ed. – Bridgwater: Oily Press, 2012. – 484 p.
6. Keßler, J. Feed quality and storage conditions: biochemical aspects / J. Keßler, R. Mosenthin // Animal Feed Science and Technology. – 2018. – Vol. 245. – P. 1–15.
7. Maillard, L. C. Action des acides aminés sur les sucres: formation des mélanoïdines par voie méthodique / L. C. Maillard // Comptes Rendus de l'Académie des Sciences. – 1912. – Vol. 154. – P. 66–68.

BIOCHEMICAL CHANGES IN ANIMAL FEED UNDER IMPROPER STORAGE CONDITIONS

A. V. Serakova, Student
E-mail: prihodkoanna682@gmail.com
Kaliningrad State Technical University

V. K. Kuzmicheva, Student
E-mail: prihodkoanna682@gmail.com
Kaliningrad State Technical University

S. A. Teryusheva, Associate Professor, Candidate of Sciences (Chemistry)
E-mail: STerjusheva@mail.ru
Kaliningrad State Technical University

This article examines some biochemical changes occurring in animal feed rations when storage conditions are violated following the opening of factory packaging. Four principal processes are characterised: lipid peroxidation, endogenous proteolysis of proteins, microbiological contamination, and non-enzymatic glycation. It is shown that the combined effect of these reactions leads to the accumulation of toxic carbonyl compounds – malondialdehyde (MDA), 4-hydroxynonenal (4-HNE), and acrolein – as well as a reduction in the bioavailability of essential amino acids, fatty acids, and vitamins, and the formation of mycotoxins. The mechanisms by which these secondary products exert their pathophysiological effects on animal organisms are described: membrane destabilisation, enzyme inhibition, mitochondrial dysfunction, intermolecular protein cross-linking, and chronic oxidative stress. Based on the analysis of identified biochemical changes, evidence-based storage recommendations have been formulated. Maintaining package integrity, controlling temperature (15–20 °C) and relative humidity (below 60 %), protecting feed from light exposure, and observing sanitary-hygiene standards are established as key factors slowing biochemical changes and preserving the nutritional value of the ration.

Keywords: *biochemical changes in feed, lipid peroxidation, proteolysis, mycotoxins, malondialdehyde, Maillard reaction, storage conditions, nutritional safety.*