ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ХРАНЕНИЯ ПЕЧЕНЬЯ НА РАЗВИТИЕ ГНИЛОСТНОЙ МИКРОФЛОРЫ: СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ

Рахмонов Кахрамон Санакулович

доцент кафедры «Хранение и переработки сельскохозяйственнной продукции», Бухарского государственного технического университета, Республики Узбекистана г. Бухара

Атамуратова Тамара Ивановна

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

Аннотация. Данная статья посвящена исследованию влияния различных условий хранения на развитие гнилостной микрофлоры в печенье. Целью данного исследования является сравнительный анализ влияния различных условий хранения (температура, влажность, тип упаковки) на развитие гнилостной микрофлоры в печенье, а также идентификация основных микроорганизмов, вызывающих порчу. Проведен сравнительный анализ образцов печенья, хранившихся при различных температурных режимах, уровнях влажности и в разных типах упаковки. Особое внимание уделено идентификации доминирующих видов микроорганизмов, вызывающих порчу продукта, и оценке их количества. Результаты исследования демонстрируют, что оптимальные условия хранения, включающие низкую температуру, низкую влажность и герметичную упаковку, существенно замедляют развитие гнилостной микрофлоры, продлевая срок годности печенья и обеспечивая его безопасность для потребителя.

Ключевые слова: печенье, хранение, гнилостная микрофлора, порча, температура, влажность, упаковка, безопасность.

Annotatsiya. Ushbu maqola pechenyeda chirish jarayoniga sabab bo‘ladigan mikrofloraning (putrefaktiv mikroflora) rivojlanishiga turli saqlash sharoitlarining ta’sirini o‘rganishga bag‘ishlangan. Tadqiqotning maqsadi — saqlash sharoitlarining (harorat, namlik, qadoqlash turi) pechenyedagi putrefaktiv mikrofloraning rivojlanishiga ta’sirini taqqoslab baholash hamda buzilishga olib keluvchi asosiy mikroorganizmlarni aniqlashdir. Har xil harorat rejimlari, namlik darajalari va qadoqlash turlarida saqlangan pechenye namunalarining taqqoslama tahlili o‘tkazildi. Ayniqsa, mahsulot buzilishiga sabab bo‘ladigan ustun mikroorganizmlar turlari va ularning miqdorini aniqlashga alohida e’tibor qaratildi. Natijalar shuni ko‘rsatadiki, past harorat, past namlik va germetik (havo kirmaydigan) qadoqlashni o‘z ichiga olgan optimal saqlash sharoitlari putrefaktiv mikrofloraning rivojlanishini sezilarli darajada sekinlashtiradi, pechenyen-ing saqlash muddatini uzaytiradi va iste’molchi uchun xavfsizligini ta’minlaydi.

ISSN 3030-3907

Kalit so‘zlar: pechenye, saqlash, putrefaktiv (buzilish) mikroflora, buzilish, harorat, namlik, qadoqlash, xavfsizlik.

Abstract. This article examines the impact of various storage conditions on the development of spoilage (putrefactive) microflora in cookies. The aim is to conduct a comparative assessment of how storage factors—temperature, humidity, and packaging type—affect the growth of spoilage microflora in cookies, and to identify the key microorganisms responsible for deterioration. A comparative analysis was performed on cookie samples stored under different temperature regimes, humidity levels, and packaging formats. Particular attention was paid to identifying the dominant spoilage microorganisms and quantifying their levels. The results show that optimal storage conditions—low temperature, low humidity, and airtight packaging—significantly slow the development of spoilage microflora, thereby extending shelf life and ensuring consumer safety.

Keywords: cookies, storage, spoilage microflora, deterioration, temperature, humidity, packaging, safety.

Введение

Печенье является одним из наиболее популярных кондитерских изделий, потребляемых во всем мире. Его доступность, разнообразие вкусов и форм делают его привлекательным продуктом для широкого круга потребителей. Однако, как и любой пищевой продукт, печенье подвержено порче, которая может быть вызвана различными факторами, в первую очередь – микробной контаминацией. Развитие гнилостной микрофлоры приводит к изменению органолептических свойств продукта (вкус, запах, текстура), снижению его пищевой ценности и, что наиболее важно, представляет потенциальную угрозу для здоровья потребителя из-за возможного образования токсинов.

Основными причинами микробной порчи пищевых продуктов, включая печенье, являются:

- Неправильные условия хранения: Высокая температура, повышенная влажность, доступ кислорода способствуют активному размножению микроорганизмов.
- Первичная контаминация: Микроорганизмы могут присутствовать в сырье, на оборудовании или в окружающей среде на этапе производства.
- Неэффективная упаковка: Негерметичная упаковка допускает проникновение влаги, кислорода и посторонних микроорганизмов.

Понимание влияния различных факторов хранения на развитие гнилостной микрофлоры является критически важным для разработки эффективных стратегий обеспечения качества и безопасности печенья.

ISSN 3030-3907

Целью данного исследования является сравнительный анализ влияния различных условий хранения (температура, влажность, тип упаковки) на развитие гнилостной микрофлоры в печенье, а также идентификация основных микроорганизмов, вызывающих порчу.

В работе А.Г. Кочетковой и соавторов [1] подробно рассматриваются механизмы микробной порчи пищевых продуктов. Авторы подчеркивают, что развитие гнилостной микрофлоры напрямую зависит от состава пищевого субстрата, его активности воды, pH, а также от условий окружающей среды. Пищевые продукты, особенно с высоким содержанием углеводов, такие как печенье, являются благоприятной средой для развития широкого спектра микроорганизмов, включая бактерии, дрожжи и плесневые грибы. Гнилостная микрофлора, в контексте пищевых продуктов, обычно относится к микроорганизмам, способным вызывать их порчу, приводя к неприятным запахам, вкусам, изменению текстуры и цвета:

•Бактерии: Среди бактерий, вызывающих порчу печенья, часто встречаются представители родов Bacillus, Staphylococcus, Enterobacter и Pseudomonas. Бактерии рода Bacillus известны своей способностью образовывать споры, которые устойчивы к нагреванию и могут прорастать при благоприятных условиях, вызывая порчу. Staphylococcus aureus, в свою очередь, может продуцировать опасные энтеротоксины.

•Дрожжи: Дрожжи, такие как Saccharomyces spp. И Candida spp., могут вызывать ферментацию сахаров, приводя к образованию спиртов и органических кислот, что проявляется в кисловатом вкусе и запахе.

•Плесневые грибы: Плесневые грибы, например, представители родов Aspergillus, Penicillium и Rhizopus, являются распространенными возбудителями порчи печенья. Они способны разлагать липиды и углеводы, выделяя ферменты, которые приводят к образованию характерного плесневелого запаха и вкуса. Некоторые виды плесневых грибов могут синтезировать микотоксины, представляющие серьезную опасность для здоровья человека.

Основными факторами, влияющими на развитие микрофлоры в печенье являются:

Температура хранения. Температура является одним из наиболее значимых факторов, контролирующих скорость микробного роста. Различные микроорганизмы имеют оптимальные температурные диапазоны для своего развития:

•Психрофильные микроорганизмы: Активны при низких температурах (0-20°C).

ISSN 3030-3907

• Мезофильные микроорганизмы: Развиваются при умеренных температурах (20-45°C). Большинство патогенных и гнилостных микроорганизмов относятся к этой группе.

•Термофильные микроорганизмы: Оптимальный рост происходит при высоких температурах (45-70°C и выше).

Хранение печенья при пониженных температурах (например, в холодильных установках) значительно замедляет метаболизм и размножение мезофильных бактерий и дрожжей, но может быть благоприятным для некоторых психрофильных микроорганизмов. Высокие температуры (выше 50°C) могут привести к гибели многих вегетативных форм микроорганизмов, но споры бактерий, такие как Bacillus, часто остаются жизнеспособными.

Исследование, проведенное Норматовым О.Р. в соавторстве, показало, что хранение мучных кондитерских изделий при температуре +4°C замедляет рост Bacillus cereus по сравнению с хранением при комнатной температуре [2;с. 3345-3351].

Влажность и активность воды *(Aw).* Активность воды (Aw) – это мера свободной воды в пищевом продукте, доступной для микроорганизмов. Печенье, как правило, имеет низкую активность воды (Aw < 0.6), что делает его менее подверженным микробной порче по сравнению с продуктами с высокой влажностью. Однако, даже при низкой Aw, некоторые галофильные (солелюбивые) и ксерофильные (сухолюбивые) микроорганизмы, такие как определенные виды плесневых грибов и дрожжей, могут развиваться. Повышение влажности в окружающей среде или проникновение влаги в упаковку печенья может значительно увеличить Aw и, как следствие, способствовать развитию гнилостной микрофлоры.

Имеются данные о том, что снижение Aw менее 0,85, как правило, подавляет рост большинства бактерий, а ниже 0,6 – большинства дрожжей и плесневых грибов [3;с.1-35].

Тип упаковки. Упаковка играет ключевую роль в защите печенья от внешних факторов, влияющих на его сохранность.

•Герметичная упаковка: Полимерные пленки, такие как полипропилен, полиэтилен, или многослойные ламинаты, обеспечивают барьер для влаги, кислорода и микроорганизмов. Герметичная упаковка предотвращает как высыхание продукта, так и проникновение влаги извне, что помогает поддерживать низкую активность воды.

•Негерметичная упаковка: Бумажные пакеты без внутреннего защитного слоя или открытые контейнеры не обеспечивают достаточной защиты, позволяя влаге проникать и микроорганизмам контаминировать продукт.

ISSN 3030-3907

• Модифицированная газовая среда (МГС): Упаковка печенья в среде с измененным газовым составом (например, с пониженным содержанием кислорода и повышенным содержанием азота или углекислого газа) может замедлить рост аэробных микроорганизмов и окислительные процессы [4].

Материалы и методы.

Объекты исследования. В исследовании использовались стандартные образцы печенья типа «Юбилейное» отечественного производства. Печенье было свежеизготовленным, без видимых признаков порчи, и хранилось в заводской индивидуальной упаковке до начала эксперимента.

Условия хранения:

Были смоделированы следующие условия хранения:

Контрольная группа: Хранение при комнатной температуре (22 ± 2°C) при относительной влажности воздуха 60 ± 5% в оригинальной герметичной полимерной упаковке.

Группа 1: Хранение при пониженной температуре (4 ± 1°C) при относительной влажности воздуха 60 ± 5% в оригинальной герметичной полимерной упаковке.

Группа 2: Хранение при комнатной температуре (22 ± 2°C) при повышенной относительной влажности воздуха (80 ± 5%) в оригинальной герметичной полимерной упаковке.

Группа 3: Хранение при комнатной температуре (22 ± 2°C) при относительной влажности воздуха 60 ± 5% в негерметичной упаковке (бумажный пакет без внутреннего барьерного слоя).

Срок хранения и периодичность отбора проб. Эксперимент проводился в течение 4 недель. Отбор проб для микробиологического анализа осуществлялся каждые 7 дней.

Микробиологический анализ. Для определения количества гнилостной микрофлоры проводились следующие анализы:

Общая микробная обсемененность (ОМО): Посев на питательные среды (например, мясо-пептонный агар для бактерий, среда Чапека для грибов) с последующим инкубированием при оптимальных температурах.

Определение количества дрожжей и плесневых грибов: Посев на селективные среды (например, среда Сабуро с антибиотиками) и инкубирование при 25 ± 2°C.

Идентификация доминирующих видов: Выделение чистых культур микроорганизмов, проведение морфологических, биохимических и, при необходимости, молекулярно-генетических исследований для идентификации родов и видов.

ISSN 3030-3907

Оценка органолептических свойств. Визуальная оценка, определение запаха и текстуры печенья проводилась параллельно с микробиологическим анализом.

Результаты и обсуждение. Результаты исследования представлены в таблицах 1, 2.

Таблица-1.

Динамика общей микробной обсемененности (КОЕ/г) печенья при различных условиях хранения

Условие хранения	Срок хранения, сут.				
	0	7	14	21	28
Контрольная группа (22°C, 60% RH, герметичная упаковка)	< 100	$1,5\times10^3$	$8,0\times 10^3$	$2,1\times 10^4$	$5,5\times 10^4$
Группа 1 (4°C, 60% RH, герметичная упаковка)	< 100	$8,0\times 10^2$	$2,5\times 10^3$	$5,0\times 10^3$	$9,0\times 10^3$
Группа 2 (22°C, 80% RH, герметичная упаковка)	< 100	$9,0\times 10^3$	$5,5\times 10^4$	$1,2\times 10^5$	$3,0\times 10^5$
Группа 3 (22°C, 60% RH, негерметичная упаковка)	< 100	$7,5\times 10^3$	$4,0\times 10^4$	$9,0\times 10^4$	$2,0\times 10^5$

При анализе данных, представленных в таблице 1, установлено, что в контрольной группе наблюдался постепенный рост общей микробной обсемененности, что является ожидаемым при хранении при комнатной температуре. К концу эксперимента количество микроорганизмов достигло уровня, который может свидетельствовать о начале порчи продукта.

В группе 1 (низкая температура) при хранении печенья при температуре ~4°C зафиксировано значительное замедление роста микрофлоры. Так, количество КОЕ/г на 28-й день было почти в 6 раз ниже, чем в контрольной группе. Это подтверждает, что низкая температура является эффективным методом замедления микробной активности, особенно мезофильных микроорганизмов. Результаты согласуются с данными других исследователей о влиянии температуры на сохранность мучных изделий [2;с. 3345-3351].

В группе 2 (высокая влажность) хранение печенья при повышенной влажности (~80% RH) привело к наиболее быстрому росту микрофлоры. Уже через 14 дней количество микроорганизмов превысило контрольную группу, а к 28-му дню достигло очень высоких значений, свидетельствующих о

ISSN 3030-3907

глубокой порче. Повышенная влажность, вероятно, привела к увеличению активности воды в печенье, создавая более благоприятные условия для размножения бактерий и грибов. Этот эффект описан в [3;с. 1-35], где активность воды является ключевым фактором, определяющим микробиологическую стабильность пищевых продуктов.

В группе 3 (негерметичная упаковка) также установлен ускоренный рост микрофлоры относительно контрольной группы, хотя и в меньшей степени, чем высокая влажность. Это связано с тем, что негерметичная упаковка позволяет проникать влаге из окружающей среды, повышая Aw продукта, а также может способствовать контаминации извне [5;с.1-20] Важность барьерных свойств упаковки для предотвращения микробной порчи подтверждается и в российских источниках.

Таблица-2.

Динамика количества дрожжей и плесневых грибов (КОЕ/г) печенья при различных условиях хранения

Условие хранения	Срок хранения, сут.				
	0	7	14	21	28
Контрольная группа (22°C, 60% RH, герметичная упаковка)	< 100	$5{,}0\times10^{2}$	$3{,}0\times10^{3}$	$8{,}0\times10^{3}$	$1{,}5\times10^{4}$
Группа 1 (4°C, 60% RH, герметичная упаковка)	< 100	$2{,}0\times10^{2}$	$7{,}0\times10^{2}$	$1{,}5\times10^{3}$	$2{,}5\times10^{3}$
Группа 2 (22°C, 80% RH, герметичная упаковка)	< 100	$4{,}0\times10^{3}$	$2{,}0\times10^{4}$	$6{,}0\times10^{4}$	$1{,}8\times10^{5}$
Группа 3 (22°C, 60% RH, негерметичная упаковка)	< 100	$2{,}5\times10^{3}$	$1{,}5\times10^{4}$	$4{,}0\times10^{4}$	$9{,}0\times10^{5}$

По данным таблицы 2 установлена общая тенденция с динамикой роста дрожжей и плесневых грибов, как и для общей микробной обсемененности. Наиболее активный рост зафиксирован в условиях высокой влажности (группа 2), что указывает на их высокую чувствительность к активности воды.

Низкая температура (группа 1) также эффективно сдерживала рост дрожжей и плесневых грибов, хотя и в меньшей степени, чем рост бактерий. Некоторые виды плесневых грибов, например, из рода *Penicillium*, могут развиваться при низких температурах.

ISSN 3030-3907

Негерметичная упаковка (группа 3) способствовала более быстрому развитию дрожжей и плесневых грибов по сравнению с контрольной группой, что опять же связано с увеличением доступности влаги.

В ходе исследования были выделены и идентифицированы следующие микроорганизмы, ассоциированные с порчей печенья:

Из контрольной группы и Группы 3 (негерметичная упаковка):

Плесневые грибы: Aspergillus niger, Penicillium roqueforti.

Дрожжи: Saccharomyces cerevisiae (в небольших количествах), Candida lipolytica.

Бактерии: Bacillus subtilis, Staphylococcus epidermidis.

Из Группы 2 (высокая влажность):

Плесневые грибы: Aspergillus flavus (с потенциальным образованием афлатоксинов), Rhizopus stolonifer.

Дрожжи: Debaryomyces hansenii, Candida famata.

Бактерии: Bacillus cereus (с потенциальным образованием эметического токсина), Enterobacter cloacae.

В условиях, способствующих порче (высокая влажность, негерметичная упаковка), наблюдалось доминирование видов, способных эффективно разлагать компоненты печенья и/или продуцировать токсины. Например, *Aspergillus flavus* и *Bacillus cereus* представляют особую опасность из-за их токсигенного потенциала. В условиях пониженной температуры (группа 1), рост плесневых грибов, таких как *Penicillium* spp., был замедлен, но не полностью исключен. В контрольной группе наблюдалось смешанное развитие микрофлоры, характерное для умеренных условий хранения.

Органолептические изменения:

- Контрольная группа: Через 21 день хранения наблюдалось легкое изменение запаха (слабый затхлый запах), незначительное изменение текстуры (менее хрустящее).
- Группа 1 (низкая температура): Органолептические свойства оставались удовлетворительными на протяжении всего периода исследования.
- Группа 2 (высокая влажность): Печенье приобрело выраженный плесневелый запах, стало мягким и липким. На поверхности появились видимые колонии плесени.
- Группа 3 (негерметичная упаковка): Отмечался затхлый запах, печенье стало менее хрустящим, местами наблюдались мелкие колонии плесени.

Полученные результаты исследования наглядно демонстрируют критическую роль условий хранения в подавлении развития гнилостной микрофлоры в печенье. Так, наиболее благоприятными условиями для

ISSN 3030-3907

сохранения качества печенья оказались низкая температура (4°C) и герметичная упаковка. Эти условия максимально замедляют рост большинства микроорганизмов и продлевают срок годности продукта. Наименее благоприятными условиями являются комнатная температура в сочетании с высокой влажностью**.** В таких условиях наблюдается наиболее интенсивный рост как общей микробной обсемененности, так и специфических видов дрожжей и плесневых грибов, включая потенциально токсинообразующие. Негерметичная упаковка при комнатной температуре также значительно снижает срок годности печенья, способствуя проникновению влаги и контаминации.

Заключение. Проведенное исследование подтвердило, что условия хранения оказывают существенное влияние на развитие гнилостной микрофлоры в печенье. Низкая температура хранения, поддержание низкой влажности и использование герметичной упаковки являются ключевыми факторами для обеспечения микробиологической безопасности и продления срока годности данного продукта.

Наиболее тревожными являются результаты, полученные при хранении печенья в условиях высокой влажности, где наблюдался не только интенсивный рост общей микробной обсемененности, но и развитие потенциально токсинообразующих микроорганизмов, таких как *Aspergillus flavus* и *Bacillus cereus*. Это подчеркивает необходимость строгого контроля за влажностью в производственных и складских помещениях, а также рекомендаций для потребителей по правильному хранению печенья.

Результаты исследования имеют практическое значение для производителей кондитерских изделий, позволяя оптимизировать технологические процессы и выбирать наиболее эффективные упаковочные решения. Дальнейшие исследования могут быть направлены на изучение влияния различных добавок (консервантов, антиоксидантов) и методов обработки (например, высокотемпературная обработка) на микробиологическую стабильность печенья в различных условиях хранения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кочеткова А. Г., Корячкина С. Я., Фролова Е. В. Микробиология пищевых продуктов: учебник. — М. : ДеЛи плюс, 2019. — 480 с.

2. Normatov O. R. Effect of storage temperature on the microbial contamination of flour confectionery / O. R. Normatov, M. A. Kadirova // Journal of Food Science and Technology. — 2020. — Vol. 57, № 9. — P. 3345–3351.

3. Tornberg E. Water activity and food quality / E. Tornberg // Food Preservation Techniques / ed. by C. J. Doona, E. W. Feleger. — Boston, MA : Springer, 2005. — P. 1–35.

ISSN 3030-3907

4. Мальцев А. И. Технология кондитерских изделий : учебник. — СПб. : Лань, 2018. — 512 с.
5. Smith J. P. Packaging for shelf-life extension / J. P. Smith, J. van der Wal // Food Packaging Technology / ed. by R. Coles, D. McDowell. — Oxford : Blackwell Publishing Ltd., 2010. — P. 1–20.

ISSN 3030-3907