

*Г.Н. Дубцова, С.М. Пономарева, М.И. Лындина,
И.В. Протункевич, М.С. Лашманова
G.N. Dubtsova, S.M. Ponomareva, M.I. Lyndina,
I.V. Protunkevich, M.S. Lashmanova*

**ОБЗОР МЕТОДОВ УСКОРЕННОГО ТЕСТИРОВАНИЯ ДЛЯ
ОБОСНОВАНИЯ СРОКОВ ГОДНОСТИ ПИЩЕКОНЦЕНТРАТОВ
REVIEW OF ACCELERATED TESTING METHODS TO
JUSTIFY THE SHELF LIFE OF FOOD CONCENTRATES**

Аннотация:

Современные технологии в отраслях пищевой и перерабатывающей индустрии АПК направлены не только на увеличение объемов производства продукции, расширения ассортимента, но, главное, на обеспечение населения страны качественными продуктами питания. В связи с этим важной задачей является выявление закономерностей изменения качества готовых изделий в процессе их хранения с целью определения оптимальных сроков годности.

Представлен аналитический обзор результатов исследований отечественных и зарубежных авторов с использованием ресурсов поисковых систем. Сформулированы основные показатели качества при прогнозировании сроков хранения пищевых концентратов на основе экспериментов, выполненных при повышенных температурах.

Ключевые слова: продукты питания, методика прогнозирования, качество, безопасность, хранение, сроки годности.

Abstract:

Modern technologies in the branches of the food and processing industry of the agro-industrial complex are aimed not only at increasing production volumes, expanding the assortment, but most importantly at providing high-quality food products to the population of the country. In this regard, the primary task is to identify patterns of changes in the quality of finished products during their storage in order to determine the optimal shelf life.

An analytical review of the research results of domestic and foreign authors using the resources of search engines is presented. The main quality indicators for predicting the shelf life of food concentrates based on experiments performed at elevated temperatures are formulated.

Keywords: food products, forecasting methods, quality, safety, storage, shelf life.

Вопрос повышения качества продуктов питания и их безопасности остается одним из основных трендов российской пищевой индустрии. В связи с этим наиважнейшей задачей является выявление закономерностей изменения качества готовых изделий в процессе их хранения с целью определения оптимальных сроков годности.

Срок годности пищевой продукции — период времени, в течение которого данная продукция должна полностью соответствовать предъявляемым к ней требованиям безопасности, установленным ТР ТС 021/2011, а также сохранять свои потребительские свойства, заявленные в маркировке, и по истечении которого пищевая продукция не пригодна для использования по назначению⁹.

Сроки годности и условия хранения пищевой продукции устанавливаются изготовителем. Производитель должен подтвердить безопасность своей продукции в течение всего срока годности¹⁰. Для обеспечения качества и стабильности продукта в течение срока годности необходимо своевременно выявлять и контролировать факторы рисков, связанные с качеством: колебания температуры, механические воздействия, химические изменения, воздействие света, микробиологическую порчу, органолептические свойства¹¹.

В последние годы в научной литературе для оценки изменения качества пищевых продуктов длительного хранения применяется метод «ускоренного старения», который позволяет продукту пройти свой «жизненный цикл» за сравнительно короткий период времени и спрогнозировать определенные показатели качества и сроки годности пищевой продукции¹².

Для определения срока годности существует метод ускоренного тестирования ASLT (Accelerated Shelf-Life Testing), который значительно сокращает процесс получения необходимых экспериментальных данных, позволяет определить их за значительно более короткий срок по сравнению с фактическим периодом хранения, т. е. в экспресс-режи-

⁹ ТР ТС 021/2011. Технический регламент Таможенного союза «О безопасности пищевой продукции». Утвержден решением Комиссии Таможенного союза от 9 декабря 2011 г. № 880 (с изменениями на 14 июля 2021 г.).

¹⁰ Сидоренко Ю.И., Гурьева К.Б., Штерман С.В., Зверев С.В. Прогнозирование сроков хранения продовольственных товаров, выполненных при повышенных температурах. Ч. 1 // Хранение и переработка сельхозсырья. 2013. № 3. С. 27—32.

¹¹ Приезжева Л.Г. Методика определения норм свежести и годности зернопродуктов по кислотному числу жира // Хлебопродукты. 2013. № 7. С. 52—55.

¹² Приезжева Л.Г. Установление норм свежести и годности пшеничной хлебопекарной муки высшего сорта по кислотному числу жира // Хлебопродукты. 2013. № 4. С. 56—59.

ме¹³. Метод ASLT применим к любому процессу потери качества или пищевой порчи, для которого известна адекватная кинетическая модель. Уравнение Аррениуса — это кинетическая модель данного процесса, связывающая скорость химической реакции с изменениями температуры в широком интервале. Температура по отношению к сроку хранения пищевых продуктов является определяющим производственным параметром, поэтому мониторинг и контроль температуры имеют первостепенное значение¹⁴.

В соответствии с методическими рекомендациями МУК 4.2.1847-04 «Санитарно-эпидемиологическая оценка обоснования сроков годности и условий хранения пищевых продуктов», ПНСТ 826-2023 «Предварительный национальный стандарт Российской Федерации. Продукция пищевая. Определение срока годности. Общие требования» срок исследования продуктов должен превышать предполагаемый срок их годности на период времени, определяемый коэффициентом резерва. Для нескоропортящихся продуктов этот коэффициент составляет 1,15, следовательно, для продукции сроком годности 12 месяцев, например, пищевых концентратов, срок эксперимента составит 13,8 месяцев¹⁵. Для такой продукции применение метода «ускоренного старения» позволяет сократить время эксперимента и прогнозировать необходимые показатели качества. «Ускоренное старение» предполагает использование температур в диапазоне 37—50 °С. Такое повышение температуры значительно сокращает срок испытаний¹⁶.

¹³ Приезжева Л.Г. Установление норм безопасного хранения и годности овсяной крупы по кислотному числу жира // *Хлебопродукты*. 2016. № 2. С. 45—47; Приезжева Л.Г. Определение нормы свежести и годности гречневой крупы по кислотному числу жира // *Хлебопродукты*. 2015. № 12. С. 54—56; Приезжева Л.Г. Кислотное число жира — показатель безопасного хранения и годности круп // *Кондитерское и хлебопекарное производство*. 2017. № 11—12. С. 48—50; Приезжева Л.Г. Использование показателя «кислотное число жира» для установления норм безопасного хранения и годности овсяной крупы // *Кондитерское и хлебопекарное производство*. 2016. № 7—8. С. 12—14.

¹⁴ Актериан С. Способ прогнозирования сроков годности пищевых продуктов с использованием качественных характеристик и факторов окружающей среды // *Известия вузов. Пищевая технология*. 1997. № 6. С. 66—67.

¹⁵ МУК 4.2.1847-04. Методы контроля. Биологические и микробиологические факторы. Санитарно-эпидемиологическая оценка обоснования сроков годности и условий хранения пищевых продуктов.

¹⁶ МУК 4.2.1847-04. Методы контроля. Биологические и микробиологические факторы. Санитарно-эпидемиологическая оценка обоснования сроков годности и условий хранения пищевых продуктов; ПНСТ 826-2023. Предварительный национальный стандарт Российской Федерации. Продукция пищевая. Определение срока годности. Общие требования.

На протяжении ряда лет сотрудниками ФГБУ НИИ проблем хранения Росрезерва проводились исследования по прогнозированию срока годности методом ускоренного тестирования при повышенных температурах для зерна пшеницы и крупяных культур¹⁷.

В качестве объекта исследований была взята мягкая пшеница 3 класса урожая 2016 г., соответствующая стандарту по нормируемым показателям. По показателям безопасности зерно соответствовало требованиям ТР ТС 015/2011. Зерно закладывали на хранение после стадии послеуборочного дозревания. Исследуемые образцы содержались в тканевых мешочках в холодильных камерах и в термоприборах с разными температурными режимами: -25 ± 1 °С (морозильная камера), $+10 \pm 1$ °С (холодильная камера), $+30 \pm 1$ °С (климатическая камера), $+40 \pm 1$ °С (термошкаф). Диапазон температур в эксперименте был задан с учетом максимальных отрицательных и положительных сезонных пиков на элеваторах при длительном хранении, а также учитывал максимально допустимые отрицательные и положительные температуры, при которых может наблюдаться частичная денатурация белка. Температурно-влажностный режим в термоприборах контролировался при помощи термогигрометров. Эксперимент по хранению зерна при разных температурах продолжался до 20 месяцев.

Наиболее информативные и лабильные при хранении зерна пшеницы показатели — это влажность, кислотное число жира, количество и качество сырой клейковины, количество сухой клейковины, число падения, стекловидность. Из них при разработке комплексной оценки товарного зерна к показателям сохранности отнесены влажность и кислотное число жира¹⁸. В данном эксперименте в камерах хранения обеспечивалось поддержание относительной влажности воздуха, сохраняющей влажность зерна в пределах 11—13 %. Результаты моделирования воздействия неблагоприятных температурных режимов на параметры сохранности и технологические параметры зерна мягкой пшеницы показали, что интенсивность изменения всех испытанных показателей качества пшеницы зависит от температурных условий хранения. При повышении температуры хранения зерно мягкой пшеницы подвергается значительным изменениям. При температурах 30 и 40 °С отмечены наиболее существенные изменения показателей качества: снижение массо-

¹⁷ *Выродов И.П.* Способы прогнозирования сроков годности пищевых продуктов // Известия вузов. Пищевая технология. 1998. № 5—6. С. 87—88; *Гурьева К.Б., Сумелиди Ю.О., Белецкий С.Л., Сидоренко Ю.И.* Метод ускоренного тестирования срока гречневой крупы // Хлебопродукты. 2015. № 2. С. 58—61.

¹⁸ *Приезжева Л.Г.* Установление норм безопасного хранения и годности овсяной крупы по кислотному числу жира; *Приезжева Л.Г.* Определение нормы свежести и годности гречневой крупы по кислотному числу жира.

вой доли клейковины, снижение стекловидности, увеличение числа падения и кислотного числа жира. Наиболее значимые данные динамики при хранении получены по показателю «кислотное число жира»: у образцов пшеницы, хранившихся при температурах $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ и $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$, показатель «кислотное число жира» изменяется с низкой интенсивностью, а при повышении температуры до $30\text{—}40\text{ }^{\circ}\text{C}$ интенсивность увеличения кислотного числа жира намного выше.

Результаты аппроксимации экспериментальных данных с помощью линейной функции $Y = ax + b$ показали, что при всех испытанных температурных режимах хранения получены достоверные результаты (R^2 от 0,854 до 0,989). Между динамикой кислотного числа жира и длительностью хранения получена положительная корреляция: коэффициенты корреляции равны для температуры $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ — 0,994, для температуры $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ — 0,997, для температуры $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ — 0,874.

Регрессионный анализ полученных данных позволил установить зависимость этих показателей от условий хранения. Наиболее благоприятным температурным режимом определена температура $10\text{ }^{\circ}\text{C}$, при которой качество пшеницы характеризуется значениями исследованных показателей на уровне исходного зерна.

Разработанную методику прогнозирования сроков длительного хранения пищевых продуктов¹⁹ применили также для крупяных культур — гречневой и рисовой круп²⁰.

ФГБНУ ВНИИЗ разработал методику прогнозирования сроков безопасного хранения и годности зернопродуктов по результатам мониторинга показателя кислотного числа жира. Методика основана на анализе результатов мониторинга показателя кислотного числа жира (КЧЖ), который принят в качестве индикатора органолептического состояния зернопродуктов. Методика предусматривает использование установленных ранее норм безопасного хранения и годности зернопродуктов по значению КЧЖ и основывается на статистической обработке результатов НИР по длительному хранению различных зернопродуктов при переменных температурно-влажностных условиях. В методике используется математическое моделирование изменения показателя КЧЖ для прогнозирования

¹⁹ *Taoukis P.S., Giannakourou M.C.* Температурная стабильность пищевого продукта: анализ и контроль // Срок годности пищевых продуктов: расчет и испытание / Под ред. *Р. Стеле*; пер. с англ. СПб.: «Профессия», 2006. С. 62—88.

²⁰ *Приезжева Л.Г.* Кислотное число жира — показатель безопасного хранения и годности круп; *Гурьева К.Б., Хаба Н.А., Тарасова Е.А., Тарасова И.А.* Методология изучения окислительных процессов липидной фракции хлебопродуктов // Инновационные технологии производства и хранения материальных ценностей для государственных нужд. 2021. № 16. С. 13—25.

сроков безопасного хранения и годности зернопродуктов с установленными нормами свежести (безопасного хранения) и годности по результатам мониторинга КЧЖ. Методика позволяет проводить краткосрочный прогноз допустимых сроков безопасного хранения и годности зернопродуктов, закладываемых на длительное хранение, на основании математического анализа результатов мониторинга КЧЖ, а также позволяет оценить остаточный срок годности конкретной партии зернопродукта.

Следующим шагом в развитии системы прогноза сроков безопасного хранения и годности зернопродуктов с наработанными нормами является определение точности и достоверности выбранного метода модели тренда. Согласно этому принципу, для оперативного прогнозирования на основе данных мониторинга осуществляется целенаправленный перебор нескольких моделей-претендентов различной сложности, в результате которого находится оптимальная модель в виде аппроксимирующего уравнения с высокой достоверностью, которое используется при построении прогнозов, с учетом коррекции по экспериментальным данным мониторинга для зернопродукта. Привлекаемый аппарат нелинейной динамики процесса изменения КЧЖ при переменных условиях хранения позволяет произвести синтез и выборку наиболее адекватных моделей, оценить горизонт прогноза, точность оценок и пополнить банк моделей в процессе работы.

Нормы были разработаны для муки пшеничной хлебопекарной, муки ржаной обдирной, крупы рисовой, риса дробленого, крупы гречневой, продела, пшена, крупы овсяной. В Таблице 1 приведены нормы свежести и годности для перечисленных выше зернопродуктов по значению КЧЖ.

Табл. 1. Нормы свежести и годности зернопродуктов по значению КЧЖ (мг КОН на 1 г жира).

Зернопродукт	Норма свежести	Норма годности	Стандарты
Мука пшеничная хлебопекарная	50	80	Межгосударственный ГОСТ 26574-2017 ТУ
Мука ржаная обдирная	80	100	Межгосударственный ГОСТ 7045-2017
Крупа рисовая, рис шлифованный 1-го сорта	70	100	
Рис дробленый шлифованный	70	90	

Крупа гречневая ядрица 1-го сорта	13	18	ГОСТ Р 55290-2012
Продел гречневый	13	17	ГОСТ Р 55290-2012
Пшено 1-го сорта	80	100	
Крупа овсяная	18	27	

Приведенные в Таблице 1 нормы позволяют путем мониторинга КЧЖ прогнозировать сроки безопасного хранения и годности зернопродуктов. Предлагаемая методика прогнозирования основана на результатах исследований по хранению зернопродуктов с различными исходными значениями КЧЖ в переменных температурно-влажностных условиях неотопливаемого склада. Установлено, что продолжительность сроков безопасного хранения и годности зависит в первую очередь от исходного значения КЧЖ закладываемого на хранение зернопродукта, затем от температуры хранения, влажности зернопродукта и относительной влажности воздуха в хранилище²¹.

Проведенный анализ публикаций позволит обосновать выбор направления исследований по разработке методики прогнозирования ускоренных сроков хранения пищевых концентратов, которые являются продуктами длительного хранения и для которых разработанной методики в литературе не обнаружено. Основными показателями качества могут быть выбраны: показатели окислительной порчи липидного комплекса продукта; кислотное и пероксидное число жира; органолептическая (дегустационная) балльная оценка. Перечисленные показатели качества могут быть индикаторами сохранности продукта. При повышенных температурах происходит увеличение скорости естественных процессов, приводящих к порче продукта и возможному пересчету полученных результатов для реальной скорости протекания процесса порчи.

На основе полученной информации может быть произведен расчет допустимого срока хранения продукции по выбранному показателю.

Список литературы

1. *Актериан С.* Способ прогнозирования сроков годности пищевых продуктов с использованием качественных характеристик и факторов окружающей среды // Известия вузов. Пищевая технология. 1997. № 6. С. 66—67.

²¹ *Приезжева Л.Г.* Нормы свежести и годности ржаной обдирной муки по кислотному числу жира // Хлебопродукты. 2012. № 2. С. 50—53; *Приезжева Л.Г.* Кислотное число жира — показатель безопасного хранения и годности круп.

2. *Выродов И.П.* Способы прогнозирования сроков годности пищевых продуктов // Известия вузов. Пищевая технология. 1998. № 5—6. С. 87—88.

3. *Гурьева К.Б., Белецкий С.Л., Сумелиди Ю.О.* Ключевые показатели, характеризующие качество круп при установлении сроков годности // Инновационные технологии производства и хранения материальных ценностей для государственных нужд. 2017. № 7. С. 113—120.

4. *Гурьева К.Б., Белецкий С.Л., Хаба Н.А., Шилкова О.С.* Исследование влияния температурных режимов на показатели сохранности и технологические показатели пшеницы // Хранение и переработка сельхозсырья. 2020. № 2. С. 8—18.

5. *Гурьева К.Б., Когтева Е.Ф., Черенков А.А.* Кислотное число жира как показатель качества пшеничной хлебопекарной муки // Хранение и переработка сельхозсырья. 2017. № 3. С. 5—9.

6. *Гурьева К.Б., Соболева Е.В., Иванова Е.В., Белецкий С.Л.* // Комплексная оценка качества зерна пшеницы. Сборник научных трудов МПА. Выпуск X. М.: МПА, 2012. С. 231—236.

7. *Гурьева К.Б., Сумелиди Ю.О., Белецкий С.Л., Сидоренко Ю.И.* Метод ускоренного тестирования срока гречневой крупы // Хлебопродукты. 2015. № 2. С. 58—61.

8. *Гурьева К.Б., Хаба Н.А., Тарасова Е.А., Тарасова И.А.* Методология изучения окислительных процессов липидной фракции хлебопродуктов // Инновационные технологии производства и хранения материальных ценностей для государственных нужд. 2021. № 16. С. 13—25.

9. МУК 4.2.1847-04. Методы контроля. Биологические и микробиологические факторы. Санитарно-эпидемиологическая оценка обоснования сроков годности и условий хранения пищевых продуктов. М.: Минздрав РФ, 2004.

10. ПНСТ 826-2023. Предварительный национальный стандарт Российской Федерации. Продукция пищевая. Определение срока годности. Общие требования.

11. *Приезжева Л.Г.* Использование показателя «кислотное число жира» для установления норм безопасного хранения и годности овсяной крупы // Кондитерское и хлебопекарное производство. 2016. № 7—8. С. 12—14.

12. *Приезжева Л.Г.* Кислотное число жира — показатель безопасного хранения и годности круп // Кондитерское и хлебопекарное производство. 2017. № 11—12. С. 48—50.

13. *Приезжева Л.Г.* Методика определения норм свежести и годности зернопродуктов по кислотному числу жира // Хлебопродукты. 2013. № 7. С. 52—55.

14. *Приезжева Л.Г.* Нормы свежести и годности ржаной обдирной муки по кислотному числу жира // *Хлебопродукты*. 2012. № 2. С. 50—53.

15. *Приезжева Л.Г.* Определение нормы свежести и годности гречневой крупы по кислотному числу жира // *Хлебопродукты*. 2015. № 12. С. 54—56.

16. *Приезжева Л.Г.* Установление норм безопасного хранения и годности овсяной крупы по кислотному числу жира // *Хлебопродукты*. 2016. № 2. С. 45—47.

17. *Приезжева Л.Г.* Установление норм свежести и годности пшеничной хлебопекарной муки высшего сорта по кислотному числу жира // *Хлебопродукты*. 2013. № 4. С. 56—59.

18. *Сидоренко Ю.И., Гурьева К.Б., Штерман С.В., Зверев С.В.* Прогнозирование сроков хранения продовольственных товаров, выполненных при повышенных температурах. Ч. 1 // *Хранение и переработка сельхозсырья*. 2013. № 3. С. 27—32.

19. ТР ТС 021/2011. Технический регламент Таможенного союза «О безопасности пищевой продукции». Утвержден решением Комиссии Таможенного союза от 9 декабря 2011 г. № 880 (с изменениями на 14 июля 2021 г.).

20. *Kilcast D.* Combining instrumental and sensory methods in food quality control // *Sensor analysis for food and beverage quality control*. Cambridge: Woodhead publishing, 2010. P. 97—117.

21. *Taoukis P.S., Giannakourou M.C.* Температурная стабильность пищевого продукта: анализ и контроль // *Срок годности пищевых продуктов: расчет и испытание* / Под ред. *Р. Стеле*; пер. с англ. СПб.: «Профессия», 2006. С. 62—88.

Сведения об авторах

Дубцова Галина Николаевна, доктор технических наук, профессор кафедры биотехнологии и технологии продуктов биоорганического синтеза «Росбиотех», заведующая лабораторией инструментальных методов исследований НИИПП и СПТ. E-mail: doubtsova@mail.ru

Пономарева Светлана Михайловна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории инструментальных методов исследований НИИПП и СПТ. E-mail: svmponomareva@gmail.com

Лындина Марина Игоревна, кандидат технических наук, ведущий сектором информации и патентования НИИПП и СПТ. E-mail: lyndina58@mail.ru

Протункевич Ирина Викторовна, ведущий инженер лаборатории инструментальных методов исследований НИИПП и СПТ. E-mail: sprota70@gmail.com

Лашманова Марина Сергеевна, магистрант кафедры биотехнологии и технологии продуктов биоорганического синтеза «Росбиотех». E-mail: morena2509@icloud.com

Information about the authors

Dubtsova Galina Nikolayevna, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Biotechnology and Technology of Bioorganic Synthesis Products «Rosbiotech», Head of the Laboratory of Instrumental Research Methods of the Scientific Research Institute of Food Concentrate Industry and Special Food Technology. E-mail: doubtsova@mail.ru

Ponomareva Svetlana Mikhailovna, Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher at the Laboratory of Instrumental Research Methods of the Scientific Research Institute of Food Concentrate Industry and Special Food Technology. E-mail: svmponomareva@gmail.com

Lyndina Marina Igorevna, Candidate of Technical Sciences, Head of the Information and Patent Science Sector of the Scientific Research Institute of Food Concentrate Industry and Special Food Technology. E-mail: lyndina58@mail.ru

Protunkevich Irina Viktorovna, Leading Engineer of the Laboratory of Instrumental Research Methods of the Scientific Research Institute of Food Concentrate Industry and Special Food Technology. E-mail: sprota70@gmail.com

Lashmanova Marina Sergeyevna, master's student at the Department of Biotechnology and Technology of Bioorganic Synthesis Products at «Rosbiotech». E-mail: morena2509@icloud.com