

УДК 664.76.03

**БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СРОКОВ ГОДНОСТИ ПИЩЕВОЙ ПРОДУКЦИИ УСКОРЕННЫМ МЕТОДОМ***Л.Е. Мелёшкина, А.В. Снегирева, А.В. Васильева, К.Р. Романцова, А.С. Стрельцова**ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», г. Барнаул, Россия*

Вопросы определения сроков годности пищевой продукции в текущей ситуации приобретают особую актуальность. В статье 33 «Стратегии национальной безопасности Российской Федерации» (Указ Президента Российской Федерации от 2 июля 2021 года № 400) в качестве одной из задач, обеспечивающих сбережение народа России, определено повышение физической и экономической доступности безопасной и качественной пищевой продукции. Новое звучание приобретает статья 52 Договора о Евразийском экономическом Союзе, устанавливающая одной из целей принятия технических регламентов обеспечение энергетической эффективности и ресурсосбережения.

Фактическая ситуация в сфере ресурсосбережения оценивается негативно. По данным Высшей школы экономики и Росстата, около 17 млн. тонн продуктов ежегодно выбрасывается, в основном по причине истекающих сроков годности, этих продуктов хватило бы, чтобы прокормить 30 млн. человек в течение года. Стоимость выбрасываемой еды оценивается более чем в 1,6 трлн. руб. [1].

Причины такого расточительства разнообразны: неправильно организованные условия хранения, несоблюдение сроков годности продукции в различных упаковочных материалах, накопление избыточного количества пищевой продукции в торговых сетях и домохозяйствах, недостоверные сроки годности и условия хранения продукции и ряд других.

Порядок определения сроков годности установлен Техническими регламентами Евразийского Экономического Союза, № 29-ФЗ «О качестве и безопасности пищевых продуктов», санитарными нормами и правилами, методическими указаниями. Анализ регламентирующих документов позволил выделить общие подходы определения сроков годности пищевой продукции:

- 1) сроки годности и условия хранения устанавливаются изготовителем;
- 2) изготовитель должен обосновать срок годности любой пищевой продукции, срок годности которой отличается от срока, установленного санитарными нормами и правилами, а также при разработке новых пищевых продуктов, новых технологических процессов их изготовления, упаковки, хранения, перевозки;
- 3) сроки годности устанавливаются с учетом коэффициента резерва;
- 4) при обосновании сроков годности многокомпонентных пищевых продуктов должны учитываться сроки годности и условия хранения используемых компонентов;
- 5) эффективность мероприятий по обоснованию сроков годности должна быть подкреплена результатами лабораторных исследований, свидетельствующими о сохранении качества и безопасности пищевых продуктов на этапах срока годности и даже после истечения срока годности [2, 3].

С учетом многообразия ассортимента пищевой продукции, ее упаковки, особенностей обогащения продукции, тенденции к пролонгации сроков годности различными способами, и множества других факторов, например климата страны-импортера продукции, установление сроков годности становится длительным и дорогостоящим процессом. Ускоренные способы определения сроков годности могли бы существенно сократить процесс вывода безопасной продукции на рынок. Так, в ГОСТ ISO 16779–2017 предлагается сокращать проведение испытаний путем повышения температуры при хранении. ГОСТ 34815–2021 распространяется на ускоренный тест на окисление с использованием окислительного испытательного реактора, но не распространяется на крупяные, макаронные изделия, другую продукцию длительного хранения. Проект стандарта «Продукты пищевые. Определение срока годности. Общие требования», разработанный НК «Ассоциация производителей и потребителей масложировой продукции», в окончательной редакции содержит определения терминов «нормальные испытания», «сокращенные испытания», «ускоренные испытания», «программа испытаний» и другие стандартизованные термины, является основополагающим, без детализации организации испытаний для различных групп продукции.

Таким образом, целью представленных в статье исследований явилась разработка ускоренного метода определения сроков годности продукции с проектируемым сроком годности более 30 суток.

Объектом исследований явились хлопья овсяные «Геркулес», соответствующие требованиям ГОСТ 21149–93. При этом свежеработанные хлопья были отобраны от трех разных партий и заложены на хранение в потребительской упаковке в термостаты в течении гарантированного срока хранения (4 месяца) и с учетом коэффициента резерва 1,15 (138 дней) при относительной влажности, не превышающей 70 %. Количество контрольных точек было увеличено из-за предположительного ускорения порчи на конец срока годности. Испытания проводили в точках, которые соответствуют 0, 25, 50, 65, 80, 90, 100 и 115 % от срока годности. Ускоренные испытания при следующих температурах: 30, 40, 50 и 60 °С (таблица 1). Результаты испытаний сравнивали с данными, полученными при хранении хлопьев в типичных для торговых сетей условиях при температуре 20±5 °С (нормальные испытания). При этом изменение температуры и влажности контролировали измерителем-регистратором (логгером) температуры и влажности Librotech.

Для расчета срока хранения при повышенных температурах использовалась модель Аррениуса и критерия Q10.

Таблица 1 – Контрольные точки программы испытаний

Процент от срока годности	25	50	65	80	90	100	115	125
Нормальные испытания, сутки	30	60	70	96	108	120	138	150
Ускоренные испытания при 30 °С, сутки	15	30	39	48	54	60	69	75
Ускоренные испытания при 40 °С, сутки	8	15	20	24	27	30	35	38
Ускоренные испытания при 50 °С, сутки	4	8	10	12	14	15	17	19
Ускоренные испытания при 60 °С, сутки	2	4	5	6	7	8	9	9

Таким образом, в процессе хранения периодически отбирались пробы для анализа изучаемых показателей и проведения дегустаций. Во всех пробах крупы определяли: влажность – по ГОСТ 26312.7–88; кислотность – по ГОСТ 26312.6–84; кислотное число жира (далее по тексту КЧЖ) – по ГОСТ 31700–2012, микробиологические показатели по ГОСТ 26972–86. Для оценки органолептических показателей была разработана столбальная шкала с учетом коэффициентов весомости. Максимальная оценка вкуса составляла 50 баллов, запаха 40 баллов и цвета 10 баллов. Комплексная оценка ниже 60 баллов была принята тем порогом, при котором употребление продукции в пищу невозможно. При этом в дегустации участвовали 9 независимых экспертов, согласованность мнений которых была 92 %. Все исследования проводились в условиях повторяемости и обрабатывались статистически. В экспериментальной части приведены средние значения показателей.

Важным и нормируемым показателем качества хлопьев овсяных «Геркулес» является кислотность, которая согласно стандарту не должна превышать 5 градусов. Результаты изменения кислотности в процессе хранения в стандартных условиях и при повышенной температуре отражены на рисунке 1.

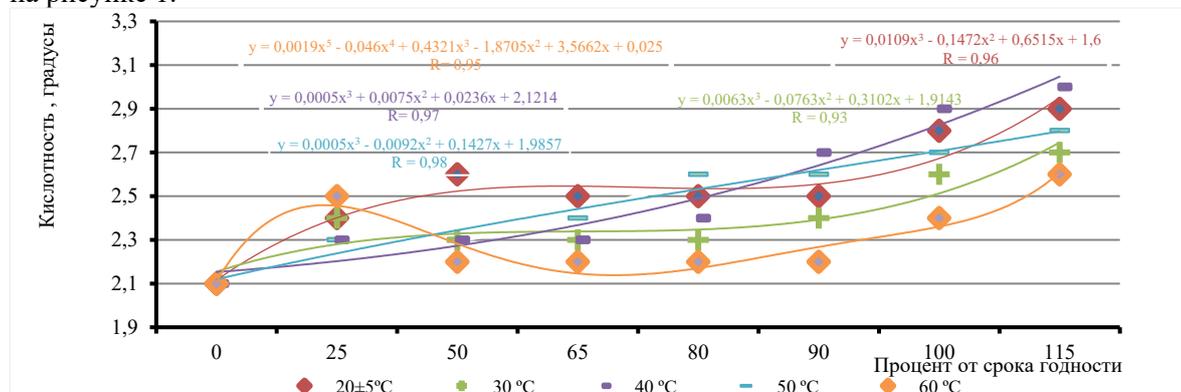


Рисунок 1 – Влияние температуры и продолжительности хранения на кислотность хлопьев овсяных «Геркулес»

Из графика видно, что на конец срока годности даже при повышенных температурах, кислотность хлопьев соответствует требованиям нормативной документации и составляет не более 3,0 град. При этом характер изменения кислотности нестабилен. На начальном этапе при всех температурах идет резкое увеличение данного показателя, что, по-видимому, связано с активностью ферментов ускоряющих гидролиз липидов и распад фитина с образованием фосфорной кислоты и кислых фосфатов в свежеработанной продукции. В связи с накоплением в процессе хранения щелочных соединений и сдвигом реакции в щелочную сторону активность ферментов может снижаться, что ведет к снижению кислотности и некоторой ее стабилизации при дальнейшем хранении. По истечении 90 % от срока годности происходит снова увеличение кислотности, что скорее всего, обусловлено уже химическими реакциями. При этом наиболее близкие значения кислотности к контрольному образцу имеют хлопья, хранившиеся при 40 °С и при 50 °С.

Поскольку кислотность является общим показателем, отражающим накопление кислых продуктов в крупяных культурах, а как известно, основная проблема порчи хлопьев овсяных – это их прогоркание с образованием свободных жирных кислот, было решено так же исследовать изменение кислотного числа жира в процессе хранения. Результаты влияния температуры и продолжительности хранения на КЧЖ хлопьев овсяных «Геркулес» отражены на рисунке 2.

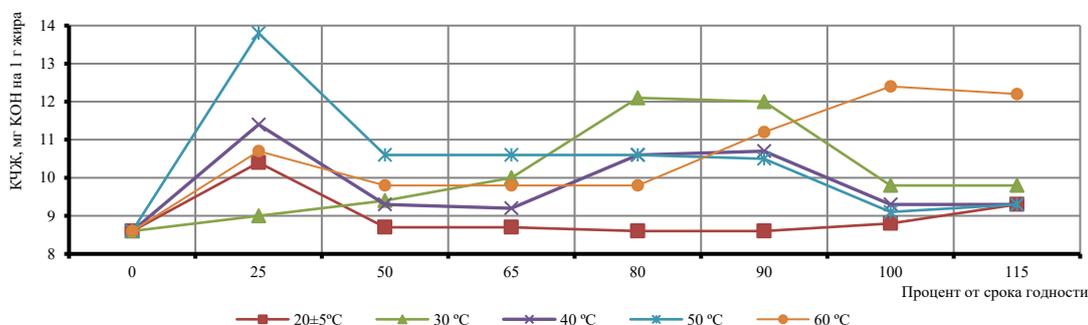


Рисунок 2 – Влияние температуры и продолжительности хранения на кислотное число жира хлопьев овсяных «Геркулес»

Данные графика показывают, что на начальных этапах хранения во всех образцах происходит интенсивный рост КЧЖ, что коррелируется с данными по кислотности и доказывает ферментативный характер реакции в свежеработанной крупе. Максимальное количество свободных жирных кислот образуется в хлопьях, хранившихся при 50 °С четверть срока, хотя дальнейшее хранение приводит к снижению данного показателя, что, возможно, связано с накоплением щелочных продуктов. Тогда как, хранение при температуре 60 °С приводит к несколько другой динамике. После первоначального роста КЧЖ идет некоторая стагнация до 80 % от срока годности и резкое повышение данного показателя при последующем хранении, что дает значительную разницу в сравнении с хлопьями, хранившимися при стандартных условиях.

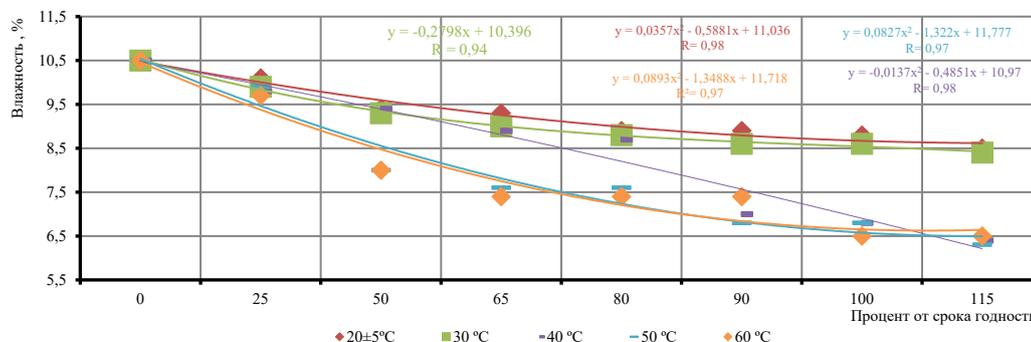


Рисунок 3 – Влияние температуры и продолжительности хранения на влажность хлопьев овсяных «Геркулес»

Как известно, все биохимические процессы протекают в присутствии воды и скорость реакций замедляется при снижении влажности продуктов. Влияние температуры и продолжительности хранения на влажность хлопьев овсяных отражено на рисунке 3.

Согласно требованиям стандарта, влажность хлопьев овсяных «Геркулес» должна составлять не более 12 %. На этапе закладки хлопьев на хранение, влажность их составила 10,5 %. Несмотря на заводскую упаковку, в процессе хранения к концу срока годности при стандартных условиях все же происходило снижение влажности на 2 %, тогда как повышение температуры хранения привело к интенсификации процесса. Так, влажность хлопьев, хранившихся при 60 °С снизилась на 4 %.

Несмотря на то, что микробиологические показатели для крупяной продукции не нормируются, нами, все же было исследовано изменение содержания плесеней, дрожжей и КМАФАнМ, поскольку развитие микрофлоры при изменении температурных условий приводит так же к ферментативным реакциям, и может сказываться на органолептических показателях крупяной продукции. Дрожжи не были обнаружены ни в одном образце на протяжении всего срока хранения. Динамика изменения содержания плесеней и КМАФАнМ отражена на рисунках 4 и 5.

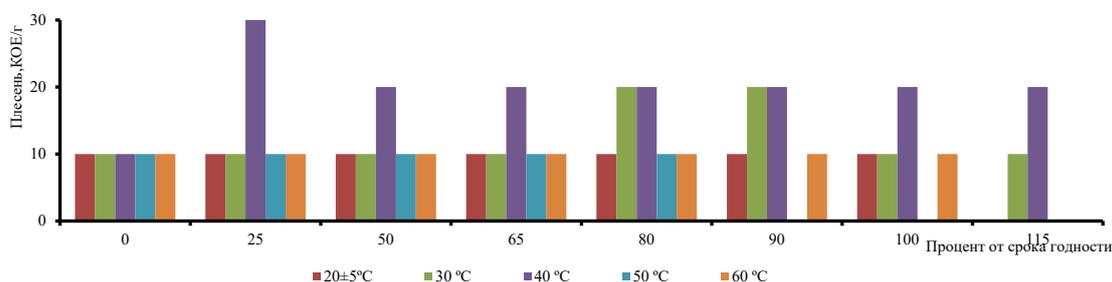


Рисунок 4 – Влияние температуры и продолжительности хранения на содержание плесеней в хлопьях овсяных «Геркулес»

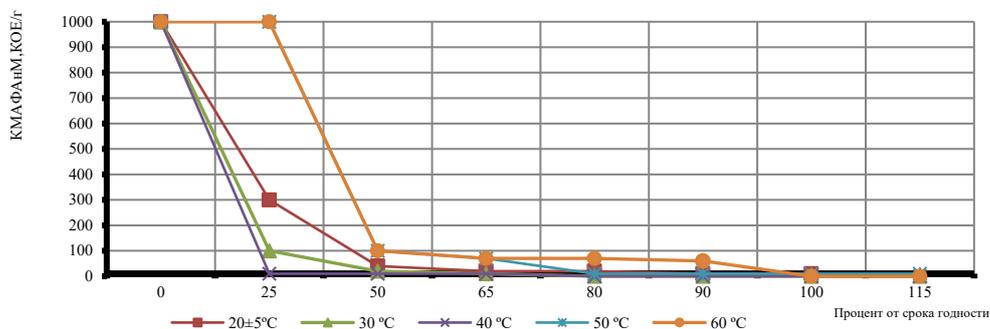


Рисунок 5 – Влияние температуры и продолжительности хранения на КМАФАнМ в хлопьях овсяных «Геркулес»

Содержание плесеней в хлопьях при закладывании на хранение составило  $1 \times 10^1$  КОЕ/г. Хранение при стандартных условиях не привело к изменению данного показателя. Тогда как, 30 и 40 °С сказываются на активизации микробиологических процессов и росте обсемененности. Вместе с тем, повышенные температуры (50 °С и 60 °С) подавляют развитие плесеней и приводят к их гибели на конец срока годности.

Другая динамика наблюдается при исследовании КМАФАнМ. Во всех образцах происходит плавное снижение обсемененности мезофильно-аэробными и факультативно-анаэробными микроорганизмами в процессе хранения. При этом наиболее близкая к стандартным условиям динамика наблюдается при хранении образцов при 50 °С.

Сопоставляя данные по КЧЖ с микробиологическими показателями можно увидеть, что хранение при температуре 30 °С в течении 80 и 90 % от срока годности приводит к повышению как содержания плесеней, так и кислотном числу жира. Что дает возможность утверждать, что плесени в первую очередь способствуют гидролизу липидов, поскольку могут самостоятельно продуцировать липазы. Похожая динамика наблюдается и при 40 °С.

Так же развитие плесеней может сказываться и на титруемой кислотности крупяной продукции, которая начинает расти в результате хранения при 30 и 40 °С в течении 80 и 90 % от срока годности. В свою очередь, повышение температуры хранения до 50 и 60 °С приводит к снижению влажности и созданию неблагоприятных условий для развития микрофлоры хлопьев овсяных.

Одним из важнейших показателей качества любой пищевой продукции являются ее органолептические показатели, на которые в первую очередь сказываются сырье и условия хранения. Влияние температуры и продолжительности хранения на органолептические показатели отражено на рисунке 6.

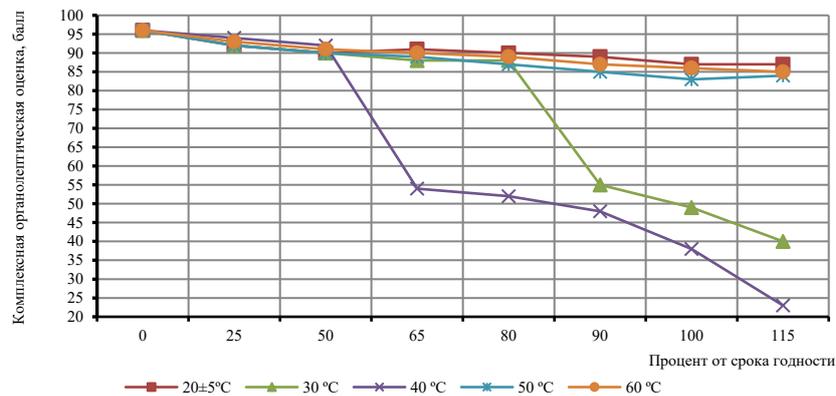


Рисунок 6 – Влияние температуры и продолжительности хранения на органолептические показатели хлопьев овсяных «Геркулес»

Как видно из графика, с увеличением продолжительности хранения органолептические показатели образцов хранившихся при стандартных условиях и при 50 и 60 °С практически одинаковые и ухудшаются незначительно только за счет легкого обесцвечивания хлопьев. Тогда как, хранение при 30 °С приводит к появлению затхлого запаха уже по истечении 90 % от срока годности. Несмотря на снижение КЧЖ в этих условиях, кислотность активно увеличивается и так же увеличено количество плесеней. При 40 °С происходит более раннее ухудшение органолептических показателей и в последней контрольной точке помимо затхлого запаха появляется отчетливый прогорклый привкус. Приемлемая комплексная органолептическая оценка хлопьев, пригодных в пищу согласно нашей шкале, должна составлять не менее 60 баллов. Такие значения имеют образцы, хранившиеся при стандартных условиях и при 50 и 60 °С.

Комплексный анализ полученных данных позволяет сделать вывод, что хранение при 30 и 40 °С не может применяться для установления сроков годности хлопьев овсяных «Геркулес» в связи с активным развитием микрофлоры, которая воздействует на белковый, липидный комплекс крупяных культур, приводит к увеличению кислотности, кислотного числа жира и ухудшению органолептических показателей. Наиболее близкие данные к показателям качества хлопьев овсяных хранившихся при стандартных условиях получены при хранении образцов при 50 °С. На конец срока годности кислотность, влажность и органолептические показатели соответствуют требованиям ГОСТ21149–93, что дает возможность сократить срок хранения хлопьев овсяных «Геркулес» для установления их срока годности до 17 дней с учетом коэффициента резерва.

*Работа выполнена в рамках госзадания Минобрнауки РФ (государственное задание № 075–00316–20–01 от 21.02.2020; мнемокод 0611–2020–013; номер темы FZMM-2020–0013).*

#### Литература

1. Сухорукова, Е. Эксперты оценили стоимость выброшенных россиянами продуктов в  $\text{₽}1,6$  трлн /Е. Сухорукова. – Текст: электронный // РБК: [сайт]. – 2019. – 4 окт. – URL: <https://www.rbc.ru/bucsiness/04/10/2019/5d94824e9a7947147992cf07?ysclid=17u7jdg7s9353270545> (дата обращения: 09.08.2022).
2. МУК 4.2.1847–04 Санитарно-эпидемиологическая оценка обоснование сроков годности и условий хранения пищевых продуктов. Методические указания: дата введения 2004–06–20. – Москва: ГУ НИИ питания Российской академии медицинских наук, 2004. – Текст: непосредственный.
3. СанПиН 2.3.2.1324–03 Гигиенические требования к срокам годности и условиям хранения пищевых продуктов. – Текст: электронный. – URL: [sanpin-2.3.2.1324\\_03.pdf](http://sanpin-2.3.2.1324_03.pdf) ([rospotrebnadzor.ru](http://rospotrebnadzor.ru)) (дата обращения 02.04.2022).