ISSN 2074-9414 (Print)
ISSN 2313-1748 (Online)

https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-3-397-405
УДК 664.68.664:684

Оригинальная статья
http://fptt.ru/

К вопросу оценки факторов сохранности пряников с фруктовой начинкой

Н. Б. Кондратьев*, К. В. Федорко, Э. Н. Крылова, М. А. Пестерев, М. В. Осипов

Всероссийский научно-исследовательский институт кондитерской промышленности,
107023, Россия, г. Москва, ул. Электрозаводская, 20

**e-mail: conditerprom@mail.ru*

Дата поступления в редакцию: 07.05.2019
Дата принятия в печать: 30.08.2019

© Н. Б. Кондратьев, К. В. Федорко, Э. Н. Крылова, М. А. Пестерев, М. В. Осипов, 2019

Аннотация. Пряники с фруктовой начинкой являются типичным представителем мучных кондитерских изделий с промежуточной влажностью, для которых при хранении характерны процессы влагопереноса. Температура, относительная влажность окружающего воздуха, освещенность, механическое воздействие и давление относятся к факторам окружающей среды, влияющим на скорость процессов порчи кондитерских изделий. Увеличение срока годности сырцовых пряников от 10–20 суток до двух месяцев и более привело к появлению проблемы микробиологической порчи в процессе их хранения. Проведены исследования изменений массовой доли влаги и активности воды отдельных частей сырцовых пряников с фруктовой начинкой в процессе хранения при различной температуре и относительной влажности окружающего воздуха. Установлено увеличение активности воды от 0,71 до 0,79 поверхностного слоя пряников после 6 недель хранения при температуре 30 °С и равновесной относительной влажности окружающего воздуха 40 %. Исследования микробиологических показателей установили отсутствие плесеней в свежеприготовленных пряниках, а после одного месяца хранения их содержание увеличилось до 10 КОЕ/г. Содержание КМАФАнМ в различных частях выпеченного полуфабриката за этот период хранения пряников с фруктовой начинкой увеличилось от 3×10 до 9×10^2 КОЕ/г, а в начинке от 1×10 до $2{,}3\times10^3$ КОЕ/г. После двух месяцев хранения содержание плесеней увеличилось и составило более 10^3 КОЕ/г, что значительно превышает их безопасный допустимый уровень. При повышении относительной влажности окружающего воздуха от 30 % до 40 % произошло уменьшение скорости влагопереноса между изделиями и окружающей средой приблизительно в два раза, что привело к уменьшению срока годности на 1–2 недели. Полученные результаты могут быть использованы при разработке технологии и прогнозирование срока годности мучных кондитерских изделий с промежуточной влажностью, состоящих из двух и более полуфабрикатов.

Ключевые слова. Пряники, плесневение, температура, влажность, влагоперенос, градиент, активность воды, хранение, срок годности

Для цитирования: К вопросу оценки факторов сохранности пряников с фруктовой начинкой / Н. Б. Кондратьев, К. В. Федорко, Э. Н. Крылова [и др.] // Техника и технология пищевых производств. – 2019. – Т. 49, № 3. – С. 397–405. DOI: https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-3-397-405.

Original article

Available online at http://fptt.ru/eng

Gingerbread with Fruit Filling: Preservation Factor Assessment

N.B. Kondratyev*, K.V. Fedorko, E.N. Krylova, M.A. Pesterev, M.V. Osipov

All-Russia Research Institute of the confectionery industry,
20, Electrozavodskaya Str., Moscow, Russia, 107023

**e-mail: conditerprom@mail.ru*

Received: May 07, 2019
Accepted: August 30, 2019

© N.B. Kondratyev, K.V. Fedorko, E.N. Krylova, M.A. Pesterev, M.V. Osipov, 2019

Abstract. The ratio of ‘bound’ and ‘free’ water plays an important role in the studies of staling of various baked confectionery products. Gingerbread with fruit filling is a traditional flour confectionery product with intermediate moisture, which causes transfer processes during storage. Temperature, relative humidity, light exposure, mechanical stress, and pressure affect the staling speed of such confectionery products. The shelf life of raw gingerbread was increased from 10–20 days to more than two months, which caused microbiological deterioration during storage. Moisture transfer between the filling and the crumb increases water activity and ruins the capillary structure of gingerbread during storage, thus significantly increasing the risk of microbiological damage. The present research featured the changes in the mass fraction of moisture and water activity of individual parts of raw gingerbread with fruit filling during storage at different temperatures and relative air humidity. The samples were packed in a 40-micron polypropylene

film. During storage, the mass fraction of moisture and water activity may change in various parts of the product, which can lead to their molding. In this case, starch degradation processes led to the destruction of the structure and a decrease in the content of mechanically-bound moisture, as well as to the release of 'free' water and an increase in water activity. As a result, the risk of molding increased significantly. The water activity increased from 0.71 to 0.79 on the sample surface after six weeks of storage at 30°C and a 40% of equilibrium relative humidity. A set of experiments in microbiological indicators revealed no signs of molding in the freshly prepared samples. After one month of storage, the amount of mold reached 10 CFU/g. The quantity of mesophilic aerobic and facultative anaerobic microorganisms in different parts of the crumb increased from 3×10 to 9×10^2 CFU/g and in the filling – from 1×10 to 2.3×10^3 CFU/g. After two months of storage, the amount of mold reached more than 10^3 COE/g, which greatly exceeds safety norms. As the relative air humidity increased from 30% to 40%, the moisture transfer rate between the products and the environment was reduced by half. As a result, the shelf life decreased by 1–2 weeks. The research also studied the patterns of moisture transfer processes in summer and winter conditions. The research results contribute to the development of technology and shelf life forecasting for complex flour confectionery products with intermediate moisture.

Keywords. Gingerbread, molding, temperature, humidity, moisture transfer, gradient, water activity, storage, shelf life

For citation: Kondratyev NB, Fedorko KV, Krylova EN, Pesterev MA, Osipov MV. Gingerbread with Fruit Filling: Preservation Factor Assessment. Food Processing: Techniques and Technology. 2019;49(3):397–405. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-3-397-405.

Введение

Решение задачи обоснования оптимальных сроков годности пряников с фруктовой начинкой требует изучения совокупности процессов, протекающих в сырье, полуфабрикатах и изделиях при их хранении. Выявление сущности этих процессов позволит воздействовать на определенные стадии технологических процессов для повышения сохранности кондитерских изделий. Известно, что все процессы, происходящие с кондитерскими изделиями при их длительном хранении, связаны с окислительными, микробиологическими и физическими изменениями. Пряники относятся к кондитерским изделиям с промежуточной влажностью (10–20 %), которые при хранении подвержены черствению [1]. Черствение пряников обусловлено уменьшением массовой доли влаги, соотношением «свободной» и «связанной» влаги.

При хранении пряников содержание плесеней увеличивается из-за изменения соотношения «свободной» и «связанной» воды [2]. Такие изменения зависят от многих факторов, среди которых наибольшее влияние имеют массовая для влаги, наличие влагоудерживающих добавок, внутренняя структура, характеризующаяся, в соответствии с ГОСТ 15810-2014, показателями «плотность» и «намокаемость», которые зависят от размеров пор и влажности, обусловленных технологическими параметрами производства [3]. Молекулы влаги удерживаются в пряниках химическими, физико-химическими и механическими связями. Это приводит к уменьшению активности воды. Риск микробиологической порчи изделий уменьшается.

Активность воды – термодинамическое свойство, определяемое как отношение давления пара воды в пищевой системе к давлению пара чистой воды при той же самой температуре, или как равновесная относительная влажность воздуха, окружающего систему при той же самой температуре.

К факторам окружающей среды, влияющим на скорость процессов порчи изделий, относятся температура, относительная влажность, освещенность, механическое напряжение и давление [4].

Нами установлено, что при повышении температуры хранения с 20 °C до 30 °C скорость влагопереноса увеличивается в несколько раз. За 7 суток хранения сахарного печенья при температуре 20 °C массовая доля влаги уменьшилась с 7,5 % до 7,4 %, то есть всего на 0,1 %. Увеличение температуры хранения до 30 °C привело к уменьшению массовой доли влаги печенья до 5,9 %, то есть на 1,6 % [5].

Направление процессов влагопереноса зависит от активности воды и содержания влаги в отдельных частях изделия, свойств упаковки и относительной влажности окружающей среды [6–8]. Показано, что при обеспечении содержания влаги в пряниках ниже 12–15 % (что соответствует 60–64 % относительной влажности окружающего воздуха) можно обеспечить длительный срок хранения этих продуктов при температуре 15–20 °C [9–11]. При такой относительной влажности окружающего воздуха можно прогнозировать низкую скорость процессов влагопереноса и высокий срок годности пряников с учетом понижения микробиологических факторов риска.

В соответствии с ранее действовавшим ГОСТ 15810-96 «Изделия кондитерские пряничные. Общие технические условия» пряничные изделия должны храниться в сухих, чистых, хорошо проветриваемых складах, не зараженных вредителями хлебных запасов, при температуре 18 ± 5 °C и относительной влажности воздуха не более 75 %. При этом массовая доля влаги не регламентировалась. Сроки хранения пряничных изделий при указанных условиях хранения и транспортирования со дня изготовления устанавливали не более: 20 суток – для сырцовых неглазированных (кроме мятных) пряников и коврижек; 10 суток – для сырцовых и заварных пряников типа мятных в летнее время; 15 суток – для сырцовых и заварных пряников типа мятных в зимнее время.

Такие сроки годности не удовлетворяют требованиям торговых сетей. Поэтому производятся пряники со сроками годности 30, 60, 90 и более суток. Увеличение срока годности достигается различными способами, в том числе использованием соответствующей упаковки, изменением рецептурного состава, повышением требований к используемому сырью, изменением условий хранения [12, 13].

Действующий в настоящее время ГОСТ 15810-2014 «Изделия кондитерские. Изделия пряничные.

Общие технические условия» регламентирует диапазон массовой доли влаги сырцовых пряников от 11,0 до 16,0 %. Срок годности и условия хранения пряничных изделий устанавливает изготовитель.

В соответствии с классификацией П. А. Ребиндера существуют три основные формы связи молекул воды: химическая, физико-химическая и механическая. Каждая форма связи характеризуется энергий связи обезвоживания.

Химически связанная влага наиболее прочная и представляет собой воду гидратов в составе гидроксильных групп и воду молекулярных соединений в виде кристаллогидратов. Молекулы воды взаимодействуют с определенными участками молекул различных пищевых систем. Возможно сильное «связывание» молекул воды и растворенного вещества (сахар, глюкоза, фруктоза, глицерин и др.) [14].

Физико-химические связи имеют несколько форм. Адсорбционно-связанная влага обусловлена взаимодействием молекул адсорбента и молекул воды и удерживается у поверхности раздела коллоидных частиц с окружающей средой. Обладая большой поверхностью, коллоидные структуры имеют высокую адсорбционную способность [15]. Основная масса влаги удерживается адсорбционными связями воды, вызванными гидратацией белковых веществ, крахмалом, сахарами. Осмотически связанная влага диффундирует внутрь тела в виде жидкости через стенки клеток благодаря разности концентраций внутри и вне клеток. Ей соответствует малая энергия связи. Влага присоединяется без выделения теплоты и сжатия пищевой системы. Осмотическое поглощение воды характерно для белковых веществ и пептозанов, а при температуре свыше 65 °С также и для крахмала [16, 17].

К механической (капиллярно-связанной) влаге относится влага микрокапилляров, средний радиус которых составляет 0,1 мкм и менее. Молекулы воды, находящиеся в крупных капиллярах пищевых продуктов, доступны в качестве реагента и растворителя для физико-химических и биохимических реакций. При уменьшении размеров капилляров активность воды уменьшается.

Соотношение «связанной» и «свободной» воды играет важную роль в исследованиях процесса черствения различных групп мучных кондитерских изделий. «Свободная» вода принимает активное участие в разрушении витаминов, денатурации белка, в процессах желатинизации и ретроградации крахмала.

Зависимость массовой доли влаги от активности воды характеризуется изотермой сорбции с тремя характерными участками:

– мономолекулярный слой влаги и соответствует части изотермы a_w от 0 до 0,3–0,5 (продукты с низкой массовой долей влаги и активностью воды, такие как сахар, сухое молоко, пасты, мука, какао порошок);

– средняя часть кривой характеризует продукты с промежуточной влажностью и некоторые рецептуры изделий с низкой влажностью (джемы, конфеты, шоколад, печенье, пряники, крекер и т.д.); молекулы воды присутствуют в малых капиллярах,

– для продуктов с высокой массовой долей влаги и активностью воды $a_w > 0,7–0,8$, молекулы воды находятся свободно в больших капиллярах.

Большая часть молекул воды удерживается адсорбционными связями воды, вызванными гидратацией белковых веществ и крахмала. Осмотическое связывание воды характерно при определенных условиях для крахмала.

Связанная влага не доступна для развития микроорганизмов. Однако известны некоторые виды плесневых грибов и осмофильных дрожжей, способных развиваться при значениях $a_w = 0,62$ [18].

Плесени и дрожжи относятся к микробиологическим показателям, определяющим стабильность органолептических характеристик изделий при хранении. В соответствии с ТР ТС 021/2011 содержание плесеней должно быть не более 50 КОЕ/г, содержание дрожжей – не более 50 КОЕ/г. Такие показатели безопасности пряников и должны быть обеспечены в течение всего срока годности.

Для каждой группы микроорганизмов существует минимальная активность воды, ниже которой не происходит развитие этих микроорганизмов. Это означает, что при обеспечении заданной активности воды кондитерских изделий можно гарантировать отсутствие их микробиологической порчи в процессе хранения (табл. 1).

На разных стадиях приготовления пряников испарение воды оказывает значительное влияние на качество конечного продукта. Движение воздуха через поверхность теста при выпечке и через поверхность готовых пряников приводит к изменению массовой доли влаги и активности воды пряников. Такие изменения происходят в различной степени в отдельных слоях целого изделия [19].

Интенсивность испарения зависит от соотношения между относительной влажностью среды и

Таблица 1. Минимальная активность воды, необходимая для развития микроорганизмов [18]

Table 1. Minimum water activity required for the growth of microorganisms [18]

Микроорганизмы	Минимальная активность воды для развития микроорганизмов
БГКП, *Klebsiela*, *Citobacter*, *Enterobacter*, *Escherichia*, *Salmonella*	0,95–0,96
Staphylococcus aureus	0,83
Плесневые грибы	0,70–0,84
Осмофильные дрожжи	0,62
Дрожжи	0,81–0,88

относительной влажности у поверхности продукта (активности воды), т. е. определяется скоростью выравнивания равновесного влагосодержания продукта относительно влагосодержания [20].

Для кондитерских изделий с промежуточной влажностью (ориентировочно от 10 % до 20 %) характерны физические изменения, а процессы микробиологической и окислительной порчи протекают с небольшой скоростью. Поэтому для таких изделий трудно прогнозировать срок годности и основную причину их порчи.

Целью данной работы была оценка влияния условий хранения на сохранность сырцовых пряников с фруктовой начинкой.

Объекты и методы исследования

В качестве объектов исследования использованы пряники сырцовые с фруктовыми начинками, покрытые сахарным (тираженным) сиропом. Сырцовые пряники являются типичным представителем мучных кондитерских изделий с промежуточной влажностью. Сырцовые пряники быстрее теряют влагу при хранении, по сравнению с заварными пряниками, и относительно недорогие при изготовлении.

В составе начинки сырцовых пряников использованы яблочное пюре, пектин и модифицированный крахмал, обуславливающие стабильность органолептических свойств изделий при длительном хранении. Пряники упакованы в полипропиленовую пленку с толщиной 40 мкм [21]. Изготовленные образцы сырцовых пряников с фруктовыми начинками хранили в климатической камере «Climacell 404» при заданной температуре и относительной влажности окружающего воздуха.

Для изготовления пряников использовано 20 % начинки с составом: 40 % яблочного пюре, 24 % модифицированного крахмала E1422 (сшитый оксипропилированный дикрахмалфосфат) и 1 % пектина [22].

Термостабильность начинок определена по изменению их «растекаемости» после выпечки. Для этого образцы начинок помещали в пластиковые формы с заданной высотой и диаметром. После этого помещали начинки в термостат при температуре 200 °С на 10 минут. Термостабильность начинки определена по соотношению диаметров образца начинки до и после термообработки. Измеряли диаметр начинки после термообработки и по соотношению диаметров рассчитывали их коэффициент термостабильности.

Для контроля направления и скорости процессов влагопереноса использованы показатели: массовая доля влаги и активность воды. Определение массовой доли влаги осуществлялось по ГОСТ 5900-2014 «Изделия кондитерские. Методы определения массовой доли влаги и сухих веществ». Активность воды определена по ГОСТ Р ИСО 21807-2012 «Микробиология пищевых продуктов и кормов для животных. Определение активности воды».

Соотношение равновесной относительной влажности РОВ и активности воды a_w определяется следующей формулой: РОВ = $a_w \times 100$. Оно может быть использовано для расчета градиента относительной влажности между изделием и окружающей средой. Изготовленные сырцовые пряники обладали высокими органолептическими характеристиками, имели правильную форму без трещин и следов фруктовой начинки на поверхности.

Структурно-механические свойства готовых фруктовых начинок усиливаются благодаря синергизму использованных гидроколлоидов, что приводит к уменьшению скорости влагопереноса между частями целого изделия, изделием и окружающей средой и повышению сохранности кондитерских изделий с начинками. Фруктовые начинки обладали оптимальной термостабильностью, которая обусловлена ее рецептурным составом.

Хранение пряников при температуре 20 °С и относительной влажности окружающего воздуха 30 % приближено к хранению в «зимних» условиях, при которых риск «плесневения» минимальный. Риск «плесневения» пряников повышается при увеличении температуры и относительной влажности окружающего воздуха, т. е. в «летних» условиях. Микробиологические показатели количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов (КМАФАнМ) определяли по ГОСТ 10444.15-94, количество плесеней (ПГ) и дрожжей (Др) – по ГОСТ 10444.12-88.

Исследованы показатели влагопереноса в пряниках с фруктовой начинкой в процессе хранения при температурах 20 °С и 30 °С, относительной влажности окружающего воздуха 30 % и 40 % в различных частях целого изделия: в верхнем и нижнем слоях выпеченного полуфабриката (ориентировочно 2–3 мм толщиной) и начинке.

В соответствии с ГОСТ 15810-2014 «Изделия кондитерские. Изделия пряничные. Общие технические условия» массовая доля влаги в сырцовых пряниках должна быть в диапазоне от 11,0 до 16,0 %. Массовая доля влаги средней пробы выпеченных образцов пряников (без учета фруктовой начинки) после выпечки и охлаждения составила 15–16 %, что соответствует требованиям ГОСТ 15810-2014.

Использование только одного показателя (массовая доля влаги, регламентированная ГОСТ 15810-2014) не позволяет сделать прогноз скорости процессов микробиологической порчи и других изменений. Поэтому для оценки риска микробиологических процессов использован показатель активность воды.

Результаты и их обсуждение

Известно, что при хранении пряники либо черствеют, либо увлажняются и «плесневеют». Направление порчи при хранении зависит от относительной влажности окружающего воздуха, температуры хранения, характеристик упаковки.

Процессы влагопереноса в кондитерских изделиях характеризуются показателями массовой доли влаги и активностью воды. При хранении пряников с фруктовой начинкой в их различных частях происходят изменения данных показателей. Скорость таких процессов зависит не только от характеристик

окружающей среды, но и от технологических факторов изготовления, в том числе от порядка загрузки и состава рецептурных компонентов, длительности и температуры различных режимов выпечки, условий выстойки и относительной влажности окружающего воздуха и т. д.

Технологические факторы влияют на формы связи молекул воды в изделии, которые характеризуются показателем активности воды. При хранении изделий между отдельными его частями происходит движение молекул влаги. Градиент относительной влажности между частями пряников прогнозирует миграцию влаги из центра к внешней части для достижения равновесия активности воды по всему объему изделий. Скорость миграции влаги зависит от активности воды частей изделий. Скорость миграции влаги через упаковку изделий зависит от толщины пленки и градиента относительной влажности между окружающей средой и атмосферой внутри упаковки.

В зимний период хранения пряников относительная влажность воздуха составляет 20–30 %. Равновесная относительная влажность воздуха внутри упаковки составляет 70–80 %. Градиент влажности воздуха составляет 40–60 %. Это обуславливает относительно быстрое уменьшение массовой доли влаги пряников в процессе их хранения.

При увеличении относительной влажности воздуха в летний период хранения до 40–50 % градиент влажности воздуха уменьшается до 20–40 %. Таким образом, повышение относительной влажности окружающего воздуха способствует снижению скорости влагопереноса между пряником и окружающей средой.

Для уменьшения скорости потери влаги нужно обеспечить минимальное различие между относительной влажностью воздуха над поверхностью упакованных изделий и окружающей атмосферой.

Активность воды средней пробы пряника с начинкой составила 0,801. Это соответствует равновесной относительной влажности воздуха над изделием 80,1 %. Относительная влажность окружающего воздуха составила 30,0 %. Градиент относительной влажности между окружающей средой и воздухом внутри упаковки составил 50,1 (0,501 единиц активности воды), что позволяет прогнозировать высокую скорость влагопереноса через полипропиленовую упаковку при хранении пряников. Активность воды различных частей выпеченного пряника не превышала 0,802. Понижение активности воды и массовой доли влаги в процессе хранения пряников прогнозирует низкую скорость микробиологических процессов порчи.

Неравномерное распределение влаги по объему пряников после выпечки пряников обуславливает процессы влагопереноса между частями целого изделия в процессе дальнейшего хранения. Градиент активности воды между верхним слоем выпеченного полуфабриката пряника (a_w = 0,771) и начинкой (a_w = 0,802) составил 0,031, что обуславливает движение влаги от начинки к поверхности пряников (табл. 2).

Таблица 2. Массовая доля влаги и активность воды в различных частях пряников с фруктовой начинкой

Table 2. Moisture content and water activity in various parts of gingerbread with fruit filling

	Активность воды	Массовая доля влаги, %
Верхний слой выпеченного полуфабриката	0,771	14,7
Слой выпеченного полуфабриката над начинкой	0,775	15,1
Нижний слой выпеченного полуфабриката	0,762	19,3
Слой выпеченного полуфабриката под начинкой	0,717	15,6
Фруктовая начинка	0,802	25,1

Исследованы процессы влагопереноса при температуре хранения 20 °С и относительной влажности окружающего воздуха 30 %.

Уменьшение массовой доли влаги начинки после 1 недели хранения пряников с 28,0 % до 24,3 % привело к увеличению массовой доли влаги верхнего и нижнего поверхностного слоя выпеченного полуфабриката пряников с 14,9 % и 16,0 % до 15,3 % и 17,5 % соответственно (рис. 1).

После двух недель хранения массовая доля влаги выпеченного полуфабриката практически не изменяется.

Массовая доля влаги верхнего слоя выпеченного полуфабриката пряников, хранившихся 6 недель, составила всего 10 %. Активность воды начинки уменьшилась с 0,802 до 0,731 при одновременном увеличении этого показателя для других частей пряника (рис. 2).

Таким образом, низкая относительная влажность окружающего воздуха способствует уменьшению влажности поверхностного слоя пряников и снижению риска микробиологической порчи.

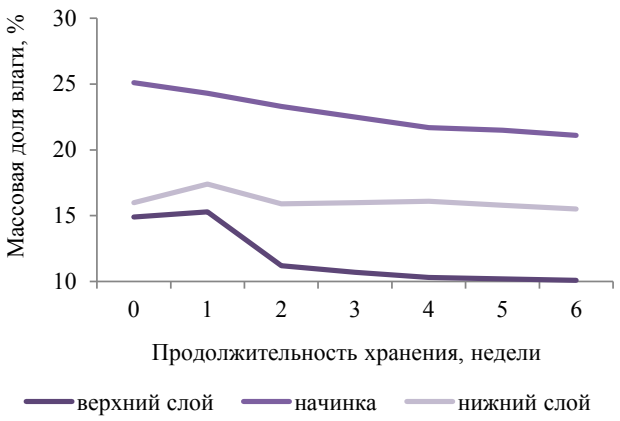

Рисунок 1. Массовая доля влаги в различных частях пряников в процессе хранения при температуре 20 °С и равновесной относительной влажности окружающего воздуха 30 %

Figure 1. Mass fraction of moisture in various parts of gingerbread during storage at 20°C and 30% of equilibrium relative humidity

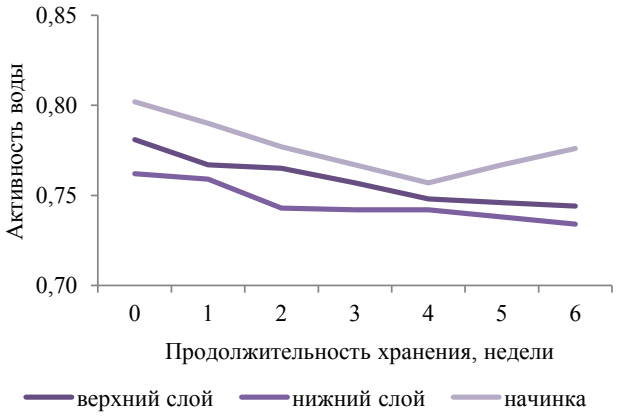

Рисунок 2. Активность воды в различных частях пряников в процессе хранения при температуре 20 °С и равновесной относительной влажности окружающего воздуха 30 %

Figure 2. Water activity in various parts of gingerbread during storage at 20°C and 30% of equilibrium relative humidity

Изготовленные пряники также были исследованы в процессе хранения при температуре 30 °С и равновесной относительной влажности окружающего воздуха 40 %.

Массовая доля влаги выпеченного полуфабриката на поверхности пряника также уменьшилась и составила после 6 недель хранения 13 %, а начинки – около 20 % (рис. 3).

Повышение равновесной относительной влажности окружающего воздуха при хранении от 30 % до 40 % привело к уменьшению потерь влаги. Массовая доля влаги верхнего поверхностного слоя пряников после 6 недель хранения составила 10,1 % и 12,4 % соответственно.

При этом градиент относительной влажности между окружающей средой и атмосферой над изделием понижается на 10 %. Результат – скорость процессов влагопереноса уменьшается. Поэтому активность воды выпеченного полуфабриката поверхности пряников при хранении пряников понижается с 0,762–0,771 до 0,71–0,74, что выше уровня на 0,7.

Градиент относительной влажности воздуха между атмосферой помещения и воздухом внутри упаковки над верхним слоем выпеченного полуфабриката пряников составил 37,1 %. Градиент относительной влажности после 6 недель хранения уменьшился на 25 %, что обуславливает уменьшение скорости процесса влагопереноса в частях пряника.

Различные плесени характеризуются широким диапазоном порога развития: от 0,70 до 0,84 [18].

При хранении пряников в результате процессов деградации крахмала возможно увеличении активности воды, что при наличии споровых микроорганизмов в выпеченном полуфабрикате вызывает рост плесеней и приводит к микробиологической порче изделий.

Установлено, что активность воды наружных частей пряника после 4–6 недель хранения увеличилась до 0,73–0,79. Это соответствует благоприятным условиям развития некоторых плесеней. Риск «плесневения» поверхности пряников повышается (рис. 4).

Повышение активности воды при хранении мучных кондитерских изделий с промежуточной влажностью вызвано процессами ретроградации крахмала. Происходит изменение коллоидной структуры изделий; адсорбционные связи молекул воды, обусловленные гидратацией белковых веществ, крахмалом и сахарами, разрушаются. Капиллярно-связанная влага переходит в свободное состояние. Это подтверждается увеличением активности воды на определенном этапе хранения пряников.

При изменении структуры изделий изменяется соотношение «свободной» и «связанной» влаги. Появляется влага, доступная для активного роста различных микроорганизмов, риск ухудшения органолептических показателей и «плесневения» пряников существенно повышается. Это подтверждается изменениями микробиологических показателей. Срок годности пряников ограничен такими изменениями.

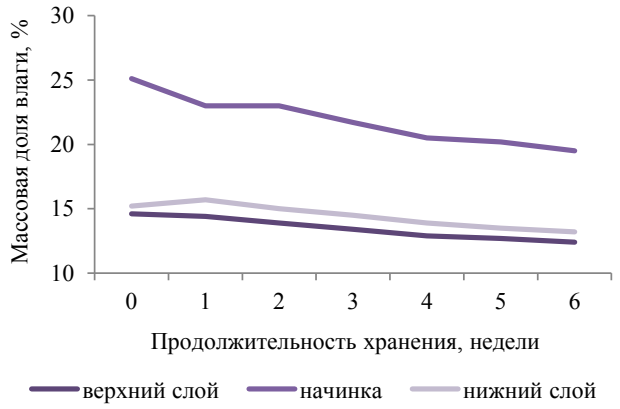

Рисунок 3. Массовая доля влаги в различных частях пряников в процессе хранения при температуре 30 °С и равновесной относительной влажности окружающего воздуха 40 %

Figure 3. Moisture content in various parts of gingerbread during storage at 30°C and 40% of equilibrium relative humidity

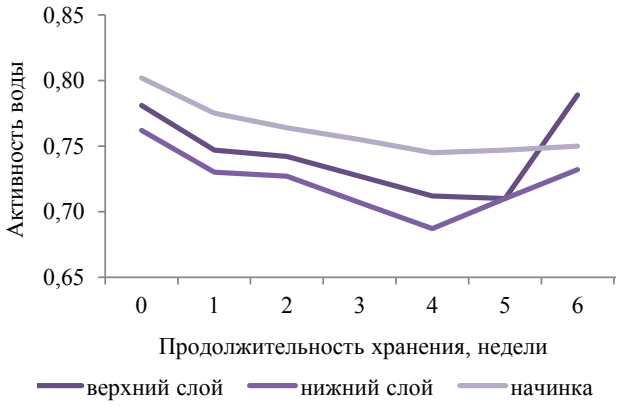

Рисунок 4. Активность воды в различных частях пряников в процессе хранения при температуре 30 °С и равновесной относительной влажности окружающего воздуха 40 %

Figure 4. Water activity in various parts of gingerbread during storage at 30°C and 40% of equilibrium relative humidity

Исследование микробиологических показателей подтвердило увеличение содержания плесеней от 0 КОЕ/г у свежеприготовленных пряников до 10 КОЕ/г после одного месяца хранения.

Содержание КМАФАнМ в различных частях выпеченного полуфабриката за 4 недели хранения пряников с фруктовой начинкой увеличилось с 3×10 до 9×10^2 КОЕ/г, а в начинке с 1×10 до $2{,}3\times10^3$ КОЕ/г.

При дальнейшем хранении пряников содержание плесеней увеличивается. Процессы разрушения крахмала муки способствуют высвобождению «свободной» влаги и повышению риска микробиологической порчи.

Понижение активности воды ниже уровня 0,7 возможно при использовании влагоудерживающих добавок, уменьшении массовой доли влаги до уровня, близкого к нижнему пределу 11 %, замене сахара на мед или инвертный сироп. Это не противоречит действующему ГОСТ 15810-2014, но может значительно увеличить срок годности. Однако такие изменения приводят к существенным изменениям органолептических показателей, структура пряников становится менее крошливой и более затяжистой.

Выводы

Химический состав начинок обуславливает сохранность органолептических показателей при хранении пряников. Дрожжи и плесени в начинке после 4 недель хранения пряников практически отсутствуют. Это объясняется уменьшением массовой доли влаги и активности воды при хранении. При дальнейшем хранении пряников на их поверхности появляются признаки «плесневения».

Повышение относительной влажности окружающего воздуха на 10 % (от 30 % до 40 %) приводит к уменьшению скорости влагопереноса в два раза и понижению срока годности пряников на 1–2 недели. Закономерности изменений соотношения массовой доли влаги и активности воды при хранении сырцовых пряников с фруктовой начинкой использованы для создания методологии повышения сохранности мучных кондитерских изделий с промежуточной влажностью.

Конфликт интересов

Авторы статьи заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы

1. Мошканова, И. А. Современное производство пряников / И. А. Мошканова, Е. С. Новожилова, В. А. Васькина // Кондитерское и хлебопекарное производство – 2017. – № 1–2. – С. 44–47.

2. Ефремова, Е. Н. Влияние нетрадиционного сырья на качество пряников / Е. Н. Ефремова, Е. А. Зенина // Эколого-мелиоративные аспекты рационального природопользования : Материалы Международной научно-практической конференции / Волгоградский государственный аграрный университет. – Волгоград, 2017. – С. 319–325.

3. ГОСТ 15810-2014. Изделия кондитерские. Изделия пряничные. Общие технические условия. – М. : Стандартинформ, 2015. – 8 с.

4. Стеле, Р. Срок годности пищевых продуктов. Расчет и испытание / Р. Стеле. – СПб. : Профессия. 2008. – 480 с.

5. Кондратьев, Н. Б. Влияние упаковки на скорость влагопереноса при хранении сахарного печенья / Н. Б. Кондратьев, Е. В. Казанцев, Т. В. Савенкова // Кондитерское и хлебопекарное производство. – 2018. – № 5–6. – С. 12–13.

6. Effects of Some Sweeteners on Gingerbread Properties – Water Sorption / A. T. Dorina, M. Ognean, C. F. Ognean [et al.] // Journal of Agroalimentary Processes and Technologies. – 2014. – Vol. 20, № 1. – P. 21–25.

7. Cropotova, J. Influence of different hydrocolloids on physicochemical and heat-stable properties of fruit fillings / J. Cropotova, S. Popel // Annals of the University Dunarea de Jos of Galati, Fascicle VI: Food Technology. – 2013. – Vol. 37, № 2. – P. 59–67.

8. Processing and Characterization of PET Composites Reinforced With Geopolymer Concrete Waste / A. P. Dos Santos Pereira, M. H. P. Da Silva, É. P. Lima [et al.] // Materials Research. – 2017. – Vol. 20, № 3. – P. 411–420. DOI: https://doi.org/10.1590/1980-5373-MR-2017-0734.

9. Кондратьев, Н. Б. Оценка качества кондитерских изделий. Повышение сохранности кондитерских изделий / Н. Б. Кондратьев. – М. : Издательство «Перо», 2015. – 250 с.

10. Аксенова, Л. М. Повышение сохранности пряничных изделий / Л. М. Аксенова, Н. Б. Кондратьев // Хлебопродукты. – 2016. – № 8. – С. 42–43.

11. Cervenka, L. Moisture adsorption characteristics of gingerbread, a traditional bakery product in Pardubice Czech Republic / L. Cervenka, S. Rezkova, J. Kralovsky // Journal of Food Engineering. – 2008. – Vol. 84, № 4. – P. 601–607. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2007.07.006.

12. Босенко, О. А. Использование местного растительного сырья в производстве пряников / О. А. Босенко, А. С. Захарова // Технологии и оборудование химической, биотехнологической и пищевой промышленности : Материалы XI Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых с международным участием / Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова. – Барнаул, 2018. – С. 479–480.

13. Наумова, Н. Л. Изучение сохранности обогащающих компонентов в процессе производства и хранения модельных образцов заварных пряников / Н. Л. Наумова // Техника и технология пищевых производств. – 2015. – Т. 39, № 4. – С. 57–62.

14. Effects of different types and concentration of hydrocolloids on mango filling / R. A. Razak, R. Karim, R. Sulaiman [et al.] // International Food Research Journal. – 2018. – Vol. 25, № 3. – P. 1109–1119.

15. Урьев, Н. Б. Физико-химическая механика и интенсификация образования пищевых масс / Н. Б. Урьев, М. А. Талейсник. – М. : Пищевая промышленность, 1976. – 362 с.

16. Зубченко, А. В. Физико-химические основы технологии кондитерских изделий / А. В. Зубченко. – Воронеж : Воронежская государственная технологическая академия, 1997. – 416 с.

17. Caurie, M. A single layer moisture absorption theory as a basis for the stability and availability of moisture in dehydrated foods / M. Caurie // International Journal of Food Science and Technology. – 1971. – Vol. 6, № 2. – P. 193–201. DOI: https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1971.tb01608.x.

18. Лурье, И. С. Технохимический и микробиологический контроль в кондитерском производстве: Справочник / И. С. Лурье, Л. Е. Скокан, А. П. Цитович. – М. : КолосС, 2003. – 416 с.

19. Иоргачева, Е. Г. Стабилизация качества сырцовых пряников при хранении / Е. Г. Иоргачева, О. В. Макарова, Е. В. Хвостенко // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2014. – Т. 12, № 12 (68). – С. 138–143.

20. Rockland, L. B. Water Activity: Theory and Application to Food / L. B. Rockland, L. R. Beuchat. – New York : Marcel Decker, 1987. – 404 p.

21. Использование обогащенных съедобных пленочных покрытий для хлебобулочных и кондитерских изделий / А. И. Черная, О. С. Шульга, Л. Ю. Арсеньева [и др.] // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. – 2016. – Т. 38, № 3. – С. 39–44.

22. Соломин, Д. А. Инновации в производстве и применении модифицированных крахмалов / Д. А. Соломин, Л. С. Соломина // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2014. – № 3. – С. 19–22.

References

1. Moshkanova IA, Novozhilova ES, Vas′kina VA. Sovremennoe proizvodstvo pryanikov [Modern gingerbread production]. Confectionery and Baking Industry. 2017;(1–2):44–47. (In Russ.).

2. Efremova EN, Zenina EA. Vliyanie netraditsionnogo syr′ya na kachestvo pryanikov [The impact of non-traditional raw materials on the quality of gingerbread]. Ehkologo-meliorativnye aspekty ratsional′nogo prirodopol′zovaniya: Materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii [Environmental and Reclamation Aspects of Environmental Management: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference]; 2017; Volgograd. Volgograd: Volgograd State Agricultural University; 2017. pp. 319–325. (In Russ.).

3. State Standard 15810-2014. Confectionery. Gingerbread confectionery. General specifications. Moscow: Standartinform; 2015. 8 p.

4. Stele R. Srok godnosti pishchevykh produktov. Raschet i ispytanie [Shelf life of food products. Calculation and testing]. St. Petersburg: Professiya; 2008. 480 p. (In Russ.).

5. Kondrat′ev NB, Kazantsev EV, Savenkova TV. Vliyanie upakovki na skorost′ vlagoperenosa pri khranenii sakharnogo pechen′ya [The effect of packaging on the speed of moisture transfer during storage of sugar cookies]. Confectionery and Baking Industry. 2017;(5–6):12–13. (In Russ.).

6. Dorina AT, Ognean M, Ognean CF, Danciu I. Effects of Some Sweeteners on Gingerbread Properties – Water Sorption. Journal of Agroalimentary Processes and Technologies. 2014;20(1):21–25.

7. Cropotova J, Popel S. Influence of different hydrocolloids on physicochemical and heat-stable properties of fruit fillings. Annals of the University Dunarea de Jos of Galati, Fascicle VI: Food Technology. 2013;37(2):59–67.

8. Dos Santos Pereira AP, Da Silva MHP, Lima ÉP, Dos Santos Paula A, Tommasini FJ. Processing and Characterization of PET Composites Reinforced With Geopolymer Concrete Waste. Materials Research. 2017;20(3):411–420. DOI: https://doi.org/10.1590/1980-5373-MR-2017-0734.

9. Kondrat′ev NB. Otsenka kachestva konditerskikh izdeliy. Povyshenie sokhrannosti konditerskikh izdeliy [Quality assessment of confectionery. Improving the safety of confectionary products]. Moscow: ‘Pero’ Publishing House; 2015. 250 p. (In Russ.).

10. Aksenova LM, Kondrat’ev NB. Improving the safety of gingerbread products. Bread products. 2016;(8):42–43. (In Russ.).

11. Cervenka L, Rezkova S, Kralovsky J. Moisture adsorption characteristics of gingerbread, a traditional bakery product in Pardubice Czech Republic. Journal of Food Engineering. 2008;84(4):601–607. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2007.07.006.

12. Bosenko OA, Zakharova AS. Ispol′zovanie mestnogo rastitel′nogo syr′ya v proizvodstve pryanikov [The use of local plant materials in gingerbread production]. Tekhnologii i oborudovanie khimicheskoy, biotekhnologicheskoy i pishchevoy promyshlennosti: Materialy XI Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii studentov, aspirantov i molodykh uchenykh s mezhdunarodnym uchastiem [Technologies and Equipment for Chemical, Biotechnology, and Food Industry: Proceedings of the XI All-Russian Scientific and Practical Conference of Students, Postgraduates, and Young Scientists with International Participation]; 2018; Barnaul. Barnaul: Polzunov Altai State Technical University; 2018. pp. 479–480. (In Russ.).

13. Naumova NL. Preservation of enriching components during production and storage of choux gingerbread model samples. Food Processing: Techniques and Technology. 2015;39(4):57–62. (In Russ.).

14. Razak RA, Karim R, Sulaiman R, Hussain N. Effects of different types and concentration of hydrocolloids on mango filling. International Food Research Journal. 2018;25(3):1109–1119.

15. Ur′ev NB, Taleysnik MA. Fiziko-khimicheskaya mekhanika i intensifikatsiya obrazovaniya pishchevykhmass [Physical and chemical mechanics and intensification of food mass formation]. Moscow: Pishchevaya Promyshlennost; 1976. 362 p. (In Russ.).

16. Zubchenko AV. Fiziko-khimicheskie osnovy tekhnologii konditerskikh izdeliy [Physical and chemical bases of confectionery technology]. Voronezh: Voronezh State Technological Academy; 1997. 416 p. (In Russ.).

17. Caurie M. A single layer moisture absorption theory as a basis for the stability and availability of moisture in dehydrated foods. International Journal of Food Science and Technology. 1971;6(2):193–201. DOI: https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1971.tb01608.x.

18. Lur′e IS, Skokan LE, Tsitovich AP. Tekhnokhimicheskiy i mikrobiologicheskiy kontrol′ v konditerskom proizvodstve: Spravochnik [Technochemical and microbiological control in the confectionery industry: Manual]. Moscow: ColosS; 2003. 416 p. (In Russ.).

19. Iorgachova EG, Makarova OV, Khvostenko EV. Stabilisation of gummy gingerbread quality during storage. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2014;2(12)(68):138–143. (In Russ.).

20. Rockland LB, Beuchat LR. Water Activity: Theory and Application to Food. New York: Marcel Decker; 1987. 404 p.

21. Chernaya AI, Shulga OS, Arsenieva LYu, Petrenko ED. Bakery and confectionery products with enriched food coating. Technology and merchandising of the innovative foodstuff. 2016;38(3):39–44. (In Russ.).

22. Solomin DA, Solomina LS. Innovations in the Production and Use of Modified Starches. Storage and processing of farm products. 2014;(3):19–22. (In Russ.).

Сведения об авторах

Кондратьев Николай Борисович
д-р техн. наук, главный научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт кондитерской промышленности, 107023, Россия, г. Москва, ул. Электрозаводская, 20, тел.: +7 (495) 963-54-75, e-mail: conditerprom_lab@mail.ru
https://orcid.org/0000-0003-3322-9621

Федорко Ксения Викторовна
младший научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт кондитерской промышленности, 107023, Россия, г. Москва, ул. Электрозаводская, 20, тел.: +7 (495) 963-54-75, e-mail: conditerprom_lab@mail.ru
https://orcid.org/0000-0002-4439-5572

Крылова Эмилия Николаевна
канд. техн. наук, ведущий научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт кондитерской промышленности, 107023, Россия, г. Москва, ул. Электрозаводская, 20, тел.: +7 (495) 963-54-75, e-mail: confect@mail.ru
https://orcid.org/0000-0003-1724-0783

Пестерев Михаил Алексеевич
младший научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт кондитерской промышленности, 107023, Россия, г. Москва, ул. Электрозаводская, 20, тел.: +7 (495) 962-17-34, e-mail: conditerprom_lab@mail.ru
https://orcid.org/0000-0002-0980-1862

Осипов Максим Владимирович
канд. техн. наук, ведущий научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт кондитерской промышленности, 107023, Россия, г. Москва, ул. Электрозаводская, 20, тел.: +7 (495) 963-54-75, e-mail: conditerprom_lab@mail.ru
https://orcid.org/0000-0002-8981-5606

Information about the authors

Nikolay B. Kondratev
Dr.Sci.(Eng.), Chief Researcher, All-Russia Research Institute of the confectionery industry, 20, Electrozavodskaya Str., Moscow, Russia, 107023, phone: +7 (495) 963-54-75, e-mail: conditerprom_lab@mail.ru
https://orcid.org/0000-0003-3322-9621

Ksenia V. Fedorko
Junior Researcher, All-Russian Research Institute of the confectionery industry, 20, Electrozavodskaya Str., Moscow, Russia, 107023, phone: +7 (495) 963-54-75, e-mail: conditerprom_lab@mail.ru
https://orcid.org/0000-0002-4439-5572

Emilia N. Krylova
Cand.Sci.(Eng.), Leading Researcher, All-Russian Research Institute of the confectionery industry, 20, Electrozavodskaya Str., Moscow, Russia, 107023, phone: +7 (495) 963-54-75, e-mail: confect@mail.ru
https://orcid.org/0000-0003-1724-0783

Mikhail A. Pesterev
Junior Researcher, All-Russian Research Institute of the confectionery industry, 20, Electrozavodskaya Str., Moscow, Russia, 107023, phone: +7 (495) 962-17-34, e-mail: conditerprom_lab@mail.ru
https://orcid.org/0000-0002-0980-1862

Maxim V. Osipov
Cand.Sci.(Eng.), Leading Researcher, All-Russian Research Institute of the confectionery industry, 20, Electrozavodskaya Str., Moscow, Russia, 107023, phone: +7 (495) 963-54-75, e-mail: conditerprom_lab@mail.ru
https://orcid.org/0000-0002-8981-5606