

Взаимосвязь активности липазы и скорости влагопереноса в пряниках, глазированных кондитерской глазурью на основе жиров лауринового типа

Оксана С. Руденко	¹	oxana0910@mail.ru	 0000-0003-2436-4100
Николай Б. Кондратьев	¹	conditerpromnbk@mail.ru	 0000-0003-3322-9621
Михаил А. Пестерев	¹	pesterevmisha@ya.ru	 0000-0002-0980-1862
Алла Е. Баженова	¹	bajenova.a@mail.ru	 0000-0002-6994-8524
Наталия В. Линовская	¹	choclab@mail.ru	 0000-0002-9238-8991

¹ ВНИИ КП – филиал Федерального научного центра пищевых систем им. В.М. Горбатова РАН, ул. Электрозаводская, 20 стр.3, г. Москва, 107023, Россия

Аннотация. Обеспечение качества кондитерских изделий и контроля факторов, воздействующих на изменение органолептических показателей в процессе хранения, требует изучения процессов, влияющих на активность липазы, один из которых – это процесс миграции влаги. Исследована активность липазы, скорость процесса влагопереноса и изменение микробиоты в различных частях модельных образцов сырцовых пряников с фруктовой начинкой, глазированных кондитерской глазурью на основе жиров лауринового типа, упакованных в полипропиленовую пленку толщиной 40 мкм в средней пробе по слоям: верхний слой с глазурью, начинка, выпеченный полуфабрикат. Исследования показали корреляцию аналитических результатов с органолептической оценкой. При хранении в процессе влагопереноса происходит миграция влаги из начинки в выпеченный полуфабрикат и далее к верхнему слою с глазурью, при этом во всех слоях массовая доля влаги стабильно оставалась выше 5%, что выше значения, при котором сохраняется активность липазы. Скорость влагопереноса составила в верхнем слое – 1,12, в выпеченном полуфабрикате – 1,34 и в начинке – 7,03 г/м²·с (·10⁻⁴). Активность воды снижалась, но не достигала по истечении 12 недель хранения порогового значения 0,6. При этом на 6-8-й неделях хранения происходит повышение активности воды в выпеченном полуфабрикате, что свидетельствует о высвобождении свободной влаги. Органолептический анализ выявил «мыльный» привкус, начиная с 8-й недели хранения, который коррелирует с ростом активности воды. Микробиологические исследования показали значительное увеличение содержания КМАФАнМ с 8-й недели хранения, на 10-й неделе хранения наблюдался рост плесени до 410 КОЕ/г. Полученные результаты выявили корреляцию активности липазы с процессами влагопереноса и ростом микробиоты, что требует более жесткого контроля качества сырья и условий хранения для предотвращения липолитической порчи мучных кондитерских изделий, глазированных кондитерской глазурью на основе жиров лауринового типа.

Ключевые слова: активность липазы, влагоперенос, глазированные мучные кондитерские изделия, микробиологические показатели.

Correlation of lipase activity and moisture transfer rate in gingerbread glazed with confectionery glaze based on lauric type fats

Oxana S. Rudenko	¹	oxana0910@mail.ru	 0000-0003-2436-4100
Nikolay B. Kondratiev	¹	conditerpromnbk@mail.ru	 0000-0003-3322-9621
Mikhail A. Pesterev	¹	pesterevmisha@ya.ru	 0000-0002-0980-1862
Alla E. Bazhenova	¹	bajenova.a@mail.ru	 0000-0002-6994-8524
Nataliya V. Linovskaya	¹	choclab@mail.ru	 0000-0002-9238-8991

¹ All-Russian Scientific Research Institute of Confectionery Industry - Branch of V.M. Gorbатов Federal Research Center for Food System of RAS, Elektro zavodskaya, 20, Moscow, 107023, Russia

Abstract Ensuring the quality of confectionery products and controlling factors affecting changes in organoleptic characteristics during storage requires studying processes that affect lipase activity, one of which is the process of moisture migration. Lipase activity, the rate of the moisture transfer process, and the change in microbiota in various parts of the model samples of raw gingerbread with fruit filling, glazed with confectionery glaze based on lauric type fats, packed in a polypropylene film 40 μm thick in an average layer-by-layer sample were studied: top layer with glaze, filling, baked semi-finished product. Studies have shown a correlation between analytical results and organoleptic evaluation. During storage during moisture transfer, moisture migrates from the filling to the baked semi-finished product and then to the upper layer with glaze, while in all layers the mass fraction of moisture stably remains above 5%, which is higher than the value at which lipase activity is maintained. The moisture transfer rate in the top layer was 1.12, in the baked semi-finished product – 1.34 and in the filling – 7.03 g/m²·s (·10⁻⁴). Water activity decreased, but did not reach a threshold value of 0.6 after 12 weeks of storage. At the same time, at 6-8 weeks of storage, there is an increase in the activity of water in the baked semi-finished product, which indicates the release of free moisture. Organoleptic analysis revealed a “soapy” taste, starting from the 8th week of storage, which correlates with an increase in water activity. Microbiological studies showed a significant increase in the content of QMAFAnM from 8 weeks of storage, mold growth up to 410 CFU/g was observed at 10 weeks of storage. Studies have shown a correlation of lipase activity with moisture transfer processes and microbiota growth, which requires more stringent quality control of raw materials and storage conditions to prevent lipolytic damage to flour confectionery products glazed with confectionery glaze based on lauric type fats.

Keywords: activity, moisture transfer, glazed flour confectionery products, microbiological indicators

Для цитирования

Руденко О.С., Кондратьев Н.Б., Пестерев М.А., Баженова А.Е., Линовская Н.В. Взаимосвязь активности липазы и скорости влагопереноса в пряниках, глазированных кондитерской глазурью на основе жиров лауринового типа // Вестник ВГУИТ. 2019. Т. 81. № 4. С. 62–70. doi:10.20914/2310-1202-2019-4-62-70

For citation

Rudenko O.S., Kondratiev N.B., Pesterev M.A., Bazhenova A.E., Linovskaya N.V. Correlation of lipase activity and moisture transfer rate in gingerbread glazed with confectionery glaze based on lauric type fats. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2019. vol. 81. no. 4. pp. 62–70. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2019-4-62-70

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License

Введение

Мучные кондитерские изделия в глазури пользуются большим спросом у потребителей. Глазурь не только продлевает сроки годности мучных изделий, но и придает им дополнительный яркий вкус и аромат какао-продуктов. Для производства глазированных мучных кондитерских изделий, как правило, используется глазурь на основе жиров – нетемпературируемых заменителей масла какао лауринового типа, получаемых методом высокотехнологичного фракционирования. Данная группа жиров обладает рядом преимуществ – минимальное количество трансизомеров (до 1%), высокая скорость плавления и отсутствие салитости во вкусе, оптимальные параметры твердости и коэффициента усадки полуфабриката на их основе, высокая скорость кристаллизации, устойчивый блеск поверхности глазированных изделий.

Однако в процессе хранения глазированных мучных кондитерских изделий происходит ухудшение качества кондитерского полуфабриката (глазури) и готовой продукции по органолептическим показателям – вкусу и запаху. Органолептическая порча выражается в появлении постороннего запаха, мыльного привкуса, прогорклого вкуса и т. п. и вызывается гидролитическими процессами разложения жира, входящего в состав глазури, при участии фермента липазы.

Жирнокислотный состав глазури большей частью представлен кислотами с короткой и средней длиной цепи (C8–C14), которые, отщепляясь под действием липазы, обладают характерным «мыльным» вкусом [1, 2]. Он ощущается при очень низких концентрациях свободной лауриновой кислоты (C12) – от 0,1%. Накопление свободных жирных кислот, окисляющихся под воздействием различных факторов: липооксигеназа, тепловая обработка, кислород воздуха, солнечный свет и др., в свою очередь, инициирует рост кислотного числа жира, прогоркание и сокращение срока годности пищевых продуктов [1, 3, 4].

На скорость реакции гидролиза, катализируемой липазой, влияет комплекс факторов: активность воды, температура, количество и качество фермента и др. [3]. Поскольку липаза является водорастворимым ферментом, а триглицериды нерастворимы в воде липаза действует только на поверхности жира при наличии свободной воды. Чем больше суммарная поверхность, то есть чем более эмульгирован жир, тем быстрее идет гидролиз. Активность липазы определяется уже при содержании влаги в субстрате от 3% и значительно вырастает при ее повышении. Липолитические процессы требуют учета всех аспектов, связанных с межфазным характером липолиза. Большое количество исследований посвящено окислению липидов

или анализу липаз, в том числе определению липолитической активности [4–10], значительно меньше исследований по проблемам предотвращения липолиза в пищевых продуктах.

Обеспечение качества кондитерских изделий и контроля факторов, влияющих на изменение органолептических показателей в процессе хранения, требует изучения процессов, влияющих на активность липазы, один из которых – это процесс миграции влаги. Необходимо учитывать все эти факторы, прежде всего для многослойных кондитерских изделий с длительными сроками годности. В этой связи предотвращение липолитической порчи глазированных мучных кондитерских изделий является актуальной проблемой.

Цель работы – исследовать в процессе хранения пряников с фруктовой начинкой, глазированных кондитерской глазурью на основе жира лауринового типа, изменение активности липазы в разных слоях изделия, скорости и направления процессов влагопереноса для прогнозирования органолептической порчи.

Материалы и методы

Объектами исследования в качестве модельных образцов глазированных мучных кондитерских изделий, которые могут подвергаться липолитической порче с образованием неприятного «мыльного» привкуса, являлись пряники сырцовые с начинкой, глазированные кондитерской глазурью, изготовленной с использованием жира лауринового типа. Модельные образцы пряников изготавливались в лабораторных условиях с размерами: диаметр 6,5 см, высота 3 см.

Модельные образцы пряников хранились в контролируемых условиях в климатической камере «Climacell 404» при температуре 30 °С и относительной влажности окружающего воздуха 40%. Фруктовая начинка имела следующий состав: 40% яблочного пюре, 24% модифицированного крахмала гидроксипропил дикарахмал фосфат (E1442) и 1% пектина. Готовые пряники упаковывались в полипропиленовую пленку толщиной 40 мкм.

Жирнокислотный состав определяли по ГОСТ Р 51483–99 на газовом хроматографе HP 4890D с пламенно-индукционным детектором (США). Массовую долю влаги определяли по ГОСТ 5900–2014; активность воды – на приборе AquaLab фирмы Decagon Devices (США).

Содержание липолитических ферментов проводили по методу, основанному на окислении индоксила ацетата после термостатирования в эксикаторе в термостате MIR-262 фирмы Sanyo (Япония). Индоксил ацетат закуплен в Acros Organics (США). Количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов (КМАФАнМ) определяли по ГОСТ 10444.15–94, количество плесеней и дрожжей – по ГОСТ 10444.12–2013,

количество спорообразующих мезофильные анаэробные бактерий – по ГОСТ 32012–2012.

Математический анализ проводили в MS EXCEL 2010.

Результаты и обсуждение

В лабораторных условиях изготавливали сырцовые пряники по классической рецептуре

(таблица 1). Для глазирования использовали кондитерскую глазурь (с массовой долей жира 36%), полученную в лабораторной шариковой мельнице, в соответствии с рецептурой (таблица 2). Исследование жирнокислотного состава жира, входящего в рецептуру кондитерской глазури, позволило установить содержание лауриновой кислоты в полуфабрикате –53,2% (таблица 3).

Таблица 1.

Рецептура полуфабриката сырцового пряника

Table 1.

Recipe semiproduct gingerbread

Наименование сырья и полуфабрикатов Name of raw materials and semi-finished products	Содержание сухих веществ, % Solids content, %	Расход сырья на 1 кг готовой продукции, г Raw material consumption per 1 kg of finished product, g	
		в натуре actually	в сухих веществах in solids
Мука пшеничная в/с Premium wheat flour	85,50	624,14	533,64
Сахар белый кристаллический White crystalline sugar	99,85	144,11	143,90
Инвертный сироп Invert syrup	80,00	116,10	92,88
Патока Syrup	78,00	98,75	77,03
Масло подсолнечное Sunflower oil	100,00	43,75	43,75
Карбонат аммония Ammonium carbonate	0,00	4,33	0,00
Гидрокарбонат натрия Sodium bicarbonate	50,00	1,80	0,90
Корица Cinnamon	100,00	3,13	3,13
Итого Total	-	1036,10	895,21
Выход Exit	88,00	1000,00	880,00

Таблица 2.

Рецептура полуфабриката кондитерская глазурь

Table 2.

Recipe of confectionery glaze

Наименование сырья Name of raw materials	Содержание сухих веществ, % Solids content, %	Расход сырья на 1 кг полуфабриката, г Raw material consumption per 1 kg of finished product, g	
		в натуре actually	в сухих веществах in solids
Сахарная пудра Powdered sugar	99,85	499,78	499,03
Какао порошок Cocoa powder	95,00	163,21	155,05
Жир-ЗМК лауринового типа Fat-CBR lauric type	99,00	345,25	344,90
Лецитин Lecithin	97,00	4,19	4,06
Ванилин Vanillin	100,00	1,01	1,01
Итого Total	-	1013,44	1004,05
Выход Exit	98,90	1000,00	989,00

Таблица 3.

Жирнокислотный состав жировой фракции глазури

Table 3.

Fatty acid composition of the fat fraction of the glaze

Жирная кислота Fatty acid	Обозначение Designation	Жирнокислотный состав, % Fatty acid composition, %
Каприловая Caprylic	C8:0	1,8
Каприновая Capric	C10:0	2,7
Лауриновая Lauric	C12:0	53,2
Миристиновая Myristic	C14:0	19,7
Пальмитиновая Palmitic	C16:0	10,3
Стеариновая Stearic	C18:0	8,4
Олеиновая Oleic	C18:1	2,5
Линолевая Linoleic	C18:2	0,8
Арахидовая Arachidic	C20:0	0,1

Поскольку для таких жиров характерно появление «мыльного» привкуса в процессе липолитической порчи, изучали процесс влагопереноса в различных частях пряника в средней пробе по слоям: верхний слой с глазурью, начинка, выпеченный полуфабрикат (рисунок 1).

Активность воды снижалась, но не достигала по истечении 12 недель хранения порогового значения 0,6, при котором не может размножаться ни один из видов микроорганизмов [4]. При таких показателях сохраняется риск микробиологической порчи. На 6–8-й неделях хранения происходит повышение активности воды в выпеченном полуфабрикате, что свидетельствует о высвобождении свободной влаги (рисунок 2). Это связано, очевидно, с процессами ретроградации крахмала.

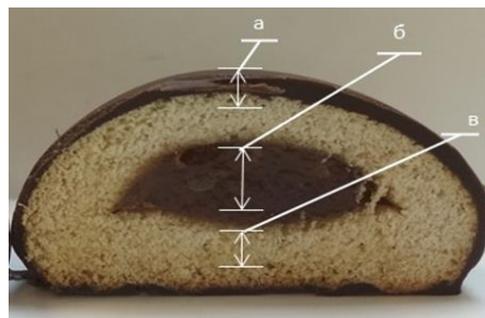


Рисунок 1. Сырцовый пряник с фруктовой начинкой, глазированный кондитерской глазурью, изготовленной с использованием жира лауринового типа: *a* – верхний слой с глазурью; *b* – начинка; *c* – выпеченный полуфабрикат

Figure 1. Gingerbread with fruit filling, glazed with confectionery glaze, made using lauric fat type: *a* – top layer with glaze; *b* – filling; *c* – baked semi-finished product

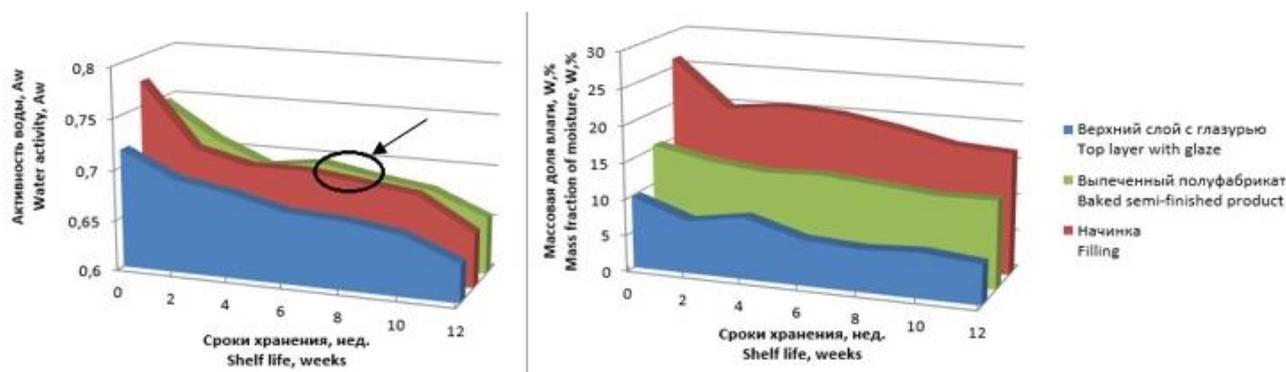


Рисунок 2. Изменение активности воды и массовой доли влаги в процессе хранения сырцового пряника с фруктовой начинкой

Figure 2. Change in the activity of water and the mass fraction of moisture in gingerbread with fruit filling in storage

При хранении в процессе влагопереноса происходит миграция влаги из начинки в выпеченный полуфабрикат и далее к верхнему слою с глазурью. Массовая доля влаги в начинке снизилась с 26,2 до 16,6%, при этом в выпеченном полуфабрикате с 15,5 до 12,1%, и в верхнем слое стабильно оставалась выше 5%, что выше значения, при котором сохраняется активность липазы.

Скорость влагопереноса F определяется количеством влаги q , перемещаемой через единицу поверхности A за время t ,

$$F = \frac{q}{A \cdot t},$$

где q – количество влаги; A – единица поверхности; t – время.

Площадь поверхности рассчитывали по формуле для шарового сегмента:

$$S = 2\pi Rh,$$

где π – математическая постоянная; R – радиус шарового сегмента; h – высота шарового сегмента.

С учетом геометрических размеров сырцовых пряников с фруктовой начинкой рассчитали среднюю скорость влагопереноса (таблица 4).

Таблица 4. Скорость влагопереноса в сырцовых пряниках с фруктовой начинкой в течение 12 недель хранения по слоям

Table 4. The rate of moisture transfer in gingerbread with fruit filling in layers for 12 weeks of storage

Слой Layer	Скорость влагопереноса, $\text{г/м}^2 \cdot \text{с} \cdot 10^{-4}$ Moisture transfer rate $\text{g/m}^2 \cdot \text{s} \cdot 10^{-4}$
Верхний слой с глазурью Top layer with glaze	1,12
Выпеченный полуфабрикат Baked semi-finished product	1,34
Начинка Filling	7,03

При прогнозе процесса липолитической порчи необходим комплексный анализ процесса влагопереноса в изделии. Более высокая скорость в начинке и полуфабрикате по сравнению со скоростью влагопереноса в поверхностном слое с глазурью провоцирует порчу в глазури.

Исследование активности липазы в отдельных частях пряников проводили при хранении их при температуре 30° С в течение 12 недель с периодичностью 2 недели. Оценка липолитической активности проводилась визуально по степени окраски по десятибалльной шкале (рисунок 3).

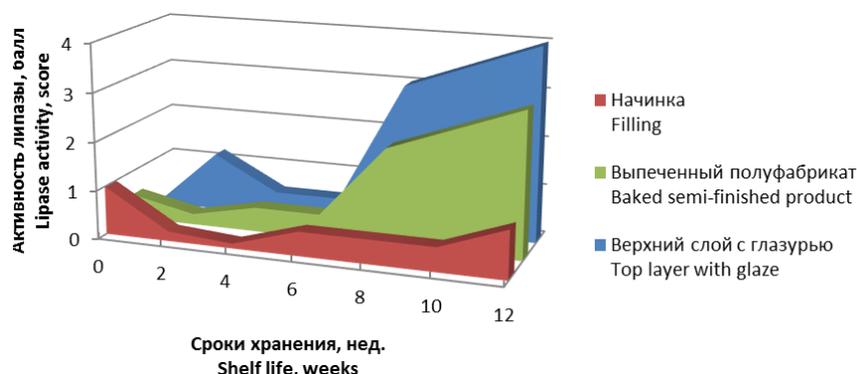


Рисунок 3. Изменение активности липазы в частях пряников
Figure 3. The change in the activity of lipase in gingerbread

Активность липазы при хранении увеличилась. В исходной глазури активность липазы отсутствовала, увеличение активности липазы наблюдалось на 8-й неделе хранения. При этом рост активности липазы наблюдался и в выпеченном полуфабрикате, но с меньшей интенсивностью. На 12-й неделе хранения активность липазы в глазури составила 4 балла, в выпеченном полуфабрикате – 3 балла.

Органолептический анализ выявил «мыльный» привкус, начиная с 8-й недели хранения, который коррелирует с ростом активности воды.

Предположили, что выявленную корреляцию между активностью воды и ростом активности липазы можно объяснить ростом в пряниках микробиоты, обладающей липолитической активностью, связанной с наличием свободной влаги.

Поскольку ранее была выявлена математическая зависимость изменения показателей качества образцов какао содержащих кондитерских изделий в хранении от их степени обсемененности [11], были проведены исследования микробиологических показателей используемого сырья и полуфабрикатов (таблица 5).

Микробиологические показатели сырья для сырцового пряника
Table 5. Microbiological indicators in raw materials for gingerbread

Наименование образца сырья Name of sample of raw materials	КМАФАнМ, КОЕ/г QMAFAnM, CFU/g		СМАНБ*, КОЕ/г SMAnB*, CFU/g		Дрожжи, КОЕ/г Yeast, CFU/g		Плесени, КОЕ/г Mold, CFU/g	
	Экспериментально Experimentally	Норма** Standardized**	Экспериментально Experimentally	Норма** Standardized**	Экспериментально Experimentally	Норма** Standardized**	Экспериментально Experimentally	Норма** Standardized**
Мука Flour	8 · 10 ²	Не норм Not standardized	1,5 · 10 ²	Не норм Not standardized	0	Не норм Not standardized	5,0 · 10 ²	Не норм Not standardized
Корица Cinnamon	1,1 · 10 ⁴	2 · 10 ⁶	1,8 · 10 ²	Не норм Not standardized	0	Не норм Not standardized	6,4 · 10 ²	10 ⁴
Сахар Sugar	7 · 10	1 · 10 ³	0	Не норм Not standardized	0	10	0	10
Начинка (крахмал E1442) Filling (starch E1442)	1 · 10	5 · 10 ³	0	Не норм Not standardized	0	50	0	50
Глазурь Glaze	1,7 · 10 ²	Не норм Not standardized	50	Не норм Not standardized	0	Не норм Not standardized	0	Не норм Not standardized

* Спорообразующие мезофильные анаэробные бактерии. | Spore-forming mesophilic anaerobic bacteria.

** Норма по ТР ТС 021/2011. | TR TS 021/2011 standard.

В муке содержание микроорганизмов не нормируется. В то же время в исследованных образцах муки и корицы было значительное количество спорообразующей микробиоты, что может являться одним из источников липолитической порчи. В процессе выпечки происходит термическая инактивация ферментов [3]. В то же время при термической обработке при выпечке мучных кондитерских изделий погибают только вегетативные клетки большинства

бактерий и грибов. Для уничтожения спор некоторых видов бактерий, отличающихся чрезвычайной термоустойчивостью, необходимы более жесткие условия [12].

Исследование количества мезофильных аэробных и факультативно анаэробных микроорганизмов в пряниках показало значительное увеличение их содержания с 8-й недели хранения (рисунок 4).

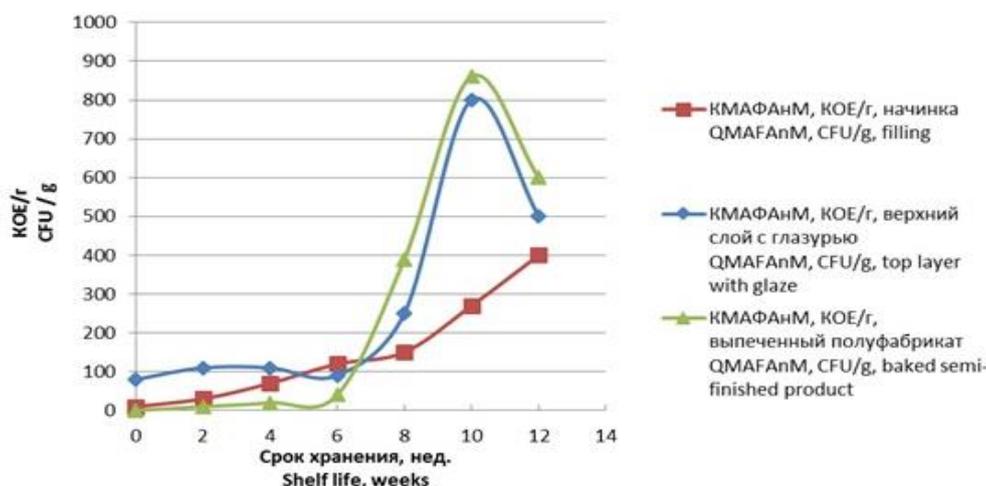


Рисунок 4. Динамика роста количества мезофильных аэробных и факультативно анаэробных микроорганизмов в пряниках

Figure 4. Dynamics of growth of mesophilic aerobic and facultative anaerobic microorganisms in gingerbread

На 10-й неделе хранения содержание КМАФАнМ выросло до $8 \cdot 10^2$ - $8,6 \cdot 10^2$ КОЕ/г в верхнем слое с глазурью и в выпеченном полуфабрикате, но при этом не превышало нормы ТР ТС 021/2011 (Технический регламент Таможенного союза "О безопасности пищевой продукции").

При достаточном содержании массовой доли влаги происходит прорастание спор

бактерий и плесеней, вегетативные клетки которых обладают липолитической активностью. Исследование спорообразующей микробиоты, спорообразующих мезофильных анаэробных бактерий и плесеней выявило их резкий рост до показателей, превышающих нормы ТР ТС 021/2011 на 8–10-й неделях хранения (таблица 6).

Таблица 6.

Исследования спорообразующей микробиоты в пряниках в течение 12 недель хранения

Table 6.

Dynamics of spore-forming microbiota growth in gingerbread during 12 weeks of storage

Слой Layer	Срок хранения, недели / Shelf life, weeks	СМАНБ*, КОЕ/г / SMANB*, CFU/g	Дрожжи и плесени, КОЕ/г / Yeast and mold, CFU/g
1	2	3	4
Верхний слой с глазурью / Top layer with glaze	0	$1,0 \cdot 10$	10
	2	$1,0 \cdot 10$	40
	4	$3,0 \cdot 10$	30
	6	$2,0 \cdot 10$	10
	8	$2,0 \cdot 10$	10
	10	$4,1 \cdot 10^2$	0
	12	$3,0 \cdot 10$	10
Выпеченный полуфабрикат / Baked semi-finished product	0	0,0	0
	2	$2,0 \cdot 10$	10
	4	$4,0 \cdot 10$	10
	6	$4,0 \cdot 10$	10
	8	$2,0 \cdot 10$	10
	10	0,0	0
	12	$2,0 \cdot 10$	10

Продолжение табл. 6 | Continuation of table 6

1	2	3	4
Начинка Filling	0	0,0	10
	2	0,0	0
	4	3,0-10	0
	6	1,0-10	20
	8	7,0-10	0
	10	0,0	10
	12	1,0-10	30

* Спорообразующие мезофильные анаэробные бактерии. | Spore-forming mesophilic anaerobic bacteria.

На 8-й неделе в начинке увеличился рост спорообразующих мезофильных анаэробных бактерий, на 10-й неделе хранения наблюдался рост плесени до 410 КОЕ/г, что значительно превышает требования ТР ТС 021/2011.

Заключение

Ухудшение органолептических показателей из-за появления «мыльного» привкуса в результате липолитической порчи мучных кондитерских изделий, глазированных кондитерской глазурью на основе жиров лауринового типа, связано с процессами влагопереноса.

При хранении в процессе влагопереноса происходит миграция влаги из начинки в выпеченный полуфабрикат и далее к верхнему слою с глазурью. Массовая доля влаги в начинке снизилась с 26,2 до 16,6%, при этом в выпеченном полуфабрикате с 15,5 до 12,1%, и в верхнем слое стабильно оставалась выше 5%, что выше значения, при котором сохраняется активность липазы. Скорость влагопереноса составила в верхнем слое 1,12, в выпеченном полуфабрикате – 1,34 и в начинке – 7,03 г/м²·с(·10⁻⁴).

Миграция влаги повышает риск липолитической порчи. Рост активности липазы коррелировался с ростом активности воды в выпеченном полуфабрикате. В исходной глазури активность липазы была нулевой, наблюдался рост активности липазы во всех слоях, кроме начинки. «Мыльный» привкус ощущался, начиная

с 8-й недели хранения. Содержание мезофильных аэробных и факультативно анаэробных микроорганизмов в пряниках значительно увеличилось также, начиная с 8-й недели хранения, на 10-й неделе хранения содержание КМАФАнМ составило 8·10²-8,6·10² КОЕ/г в верхнем слое с глазурью и в выпеченном полуфабрикате. На 10-й неделе хранения наблюдался рост плесени до 410 КОЕ/г, что значительно превышало требования безопасности в соответствии с нормами ТР ТС 021/2011. Исследования показали корреляцию активности липазы с процессами влагопереноса и ростом микробиоты, что требует более жесткого контроля качества сырья и условий хранения для предотвращения липолитической порчи мучных кондитерских изделий, глазированных кондитерской глазурью на основе жиров лауринового типа.

Дальнейшие исследования будут направлены на разработку способов контроля и предотвращения процессов липолитической порчи в многослойных кондитерских изделиях длительного хранения с учетом всех аспектов, касающихся межфазного характера липолиза.

Благодарности

Авторы выражают признательность коллегам: М.В. Осипову, М.А. Лаврухину, Н.А. Петровой, Е.В. Казанцеву, И.А. Беловой, Н.А. Щербакову за консультации и помощь в выполнении исследований.

Литература

- 1 Срок годности пищевых продуктов: Расчет и испытание; под ред. Р. Стеле; пер. с англ. В. Широкова; под общ. ред. Ю.Г. Базарновой. СПб.: Профессия, 2006. 480 с.
- 2 Скокан Л.Е., Руденко О.С., Осипов М.В., Кондратьев Н.Б. и др. Липаза как один из факторов конкурентоспособности кондитерских изделий // Кондитерское производство. 2015. № 4. С. 19–21.
- 3 Мусил Я., Новакова О., Кунц К. Современная биохимия в схемах. М.: Мир, 1981. 215 с.
- 4 Хардина Е.В., Краснова О.А. Способ предотвращения гидролитического распада жиров в охлажденном мясном сырье // Все о мясе. 2018. № 2. С. 14–16.
- 5 Stoytcheva M., Montero G., Zlatev R., León J.Á. et al. Analytical Methods for Lipases Activity Determination: A Review // Current Analytical Chemistry. 2012. № 8. P. 400–407.
- 6 Hakimzadeh V., Sadeghi A. Techniques for Immobilization and Detection of Lipase: A Review // Chemistry Research Journal. 2017. V. 2. № 6. P. 214–224.
- 7 Javed S., Azeem F., Hussain S., Rasul I. et al. Bacterial lipases: A review on purification and characterization // Progress in Biophysics and Molecular Biology. 2018. № 132. P. 23–34.
- 8 Ibegbulam-Njoku P.N., Achi O.K., Chijioke-Osujji C.C. Use of Palm Oil Mill Effluent as Fermentative Medium by Lipase Producing Bacteria // International Journal of Scientific & Engineering Research. 2014. V. 5. № 2. P. 1631–1639.
- 9 Shelatkarl T., Padalia U. Lipase: An Overview and its Industrial Applications // International Journal of Engineering Science and Computing. 2016. V. 6. № 10. P. 2629–2631.

10 Gerits L.R., Pareyt B., Decamps K., Delcour J.A. Lipases and Their Functionality in the Production of Wheat-Based Food Systems // *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2014. V. 13. P. 978–989.

11 Полякова С.П., Пестерев М.А., Баженова А.Е. Метод прогнозирования изменения качества какао содержащих полуфабрикатов по их микробиологической обсемененности и кислотности // *Инновационно-технологическое развитие пищевой промышленности – тенденции, стратегии, вызовы: сборник статей 21-ой Международной научно-практической конференции, посвященной памяти Василия Матвеевича Горбатова, 6 декабря 2018 г.* 2018. С. 203–207.

12 Шлегель Г. *Общая микробиология*: пер. с нем. М.: Мир, 1987. 567 с.

References

- 1 Food shelf life: Calculation and testing. St. Petersburg, Professiya, 2006. 480 p. (in Russian).
- 2 Skokan L.E., Rudenko O.S., Osipov M.V., Kondratyev N.B. Lipase as one of the factors of competitiveness of confectionery products. *Confectionery production*. 2015. no. 4. pp. 19–21. (in Russian).
- 3 Musil Y., Novakova O., Kunts K. *Modern biochemistry in schemes*. Moscow, Mir, 1981. 215 p. (in Russian).
- 4 Hardina E.V., Krasnova O.A. A way to prevent hydrolytic decomposition of fats in chilled raw meat. *All about meat*. 2018. no. 2. pp. 14–16. (in Russian).
- 5 Stoytcheva M., Montero G., Zlatev R., León J.Á. et al. Analytical Methods for Lipases Activity Determination: A Review. *Current Analytical Chemistry*. 2012. no. 8. pp. 400–407.
- 6 Hakimzadeh V., Sadeghi A. Techniques for Immobilization and Detection of Lipase: A Review. *Chemistry Research Journal*. 2017. vol. 2. no. 6. pp. 214–224.
- 7 Javed S., Azeem F., Hussain S., Rasul I. et al. Bacterial lipases: A review on purification and characterization. *Progress in Biophysics and Molecular Biology*. 2018. no. 132. pp. 23–34.
- 8 Ibegbulam-Njoku P.N., Achi O.K., Chijioke-Osujii C.C. Use of Palm Oil Mill Effluent as Fermentative Medium by Lipase Producing Bacteria. *International Journal of Scientific & Engineering Research*. 2014. vol. 5. no. 2. pp. 1631–1639.
- 9 Shelatkarl T., Padalia U. Lipase: An Overview and its Industrial Applications. *International Journal of Engineering Science and Computing*. 2016. vol. 6. no. 10. pp. 2629–2631.
- 10 Gerits L.R., Pareyt B., Decamps K., Delcour J.A. Lipases and Their Functionality in the Production of Wheat-Based Food Systems. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2014. vol. 13. pp. 978–989.
- 11 Polyakova S.P., Pesterev M.A., Bazhenova A.E. A method for predicting the change in the quality of cocoa-containing semi-finished products by their microbiological contamination and acidity. *Innovative and technological development of the food industry - trends, strategies, challenges: collection of articles of the 21st International Scientific and Practical Conference dedicated to the memory of Vasily Matveevich Gorbatov*. 2018. pp. 203–207. (in Russian).
- 12 Schlegel G. *General Microbiology*. Moscow, Mir, 1987. 567 p. (in Russian).

Сведения об авторах

Оксана С. Руденко к.т.н., старший научный сотрудник отдела современных методов оценки качества кондитерских изделий, ВНИИ КП – филиал Федерального научного центра пищевых систем им. В.М. Горбатова РАН, ул. Электрозаводская, 20 стр.3, г. Москва, 107023, Россия, oxana0910@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0003-2436-4100>

Николай Б. Кондратьев д.т.н., главный научный сотрудник отдела современных методов оценки качества кондитерских изделий, ВНИИ КП – филиал Федерального научного центра пищевых систем им. В.М. Горбатова РАН, ул. Электрозаводская, 20 стр.3, г. Москва, 107023, Россия, conditerpromnbk@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0003-3322-9621>

Михаил А. Пестерев младший научный сотрудник, отдел современных методов оценки качества кондитерских изделий, ВНИИ КП – филиал Федерального научного центра пищевых систем им. В.М. Горбатова РАН, ул. Электрозаводская, 20 стр.3, г. Москва, 107023, Россия, pesterevmisha@ya.ru

<https://orcid.org/0000-0002-0980-1862>

Алла Е. Баженова младший научный сотрудник, отдел современных методов оценки качества кондитерских изделий, ВНИИ КП – филиал Федерального научного центра пищевых систем им. В.М. Горбатова РАН, ул. Электрозаводская, 20 стр.3, г. Москва, 107023, Россия, bajenova.a@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0002-6994-8524>

Information about authors

Oxana S. Rudenko Cand. Sci. (Engin.), senior research officer assistant, department of modern methods for assessing the quality of confectionery products, All-Russian Scientific Research Institute of Confectionery Industry - Branch of V.M. Gorbatov Federal Research Center for Food System of RAS, Elektrozavodskaya, 20, Moscow, 107023, Russia, oxana0910@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0003-2436-4100>

Nikolay B. Kondratiev Dr. Sci. (Engin.), chief researcher, department of modern methods for assessing the quality of confectionery products, All-Russian Scientific Research Institute of Confectionery Industry - Branch of V.M. Gorbatov Federal Research Center for Food System of RAS, Elektrozavodskaya, 20, Moscow, 107023, Russia, conditerpromnbk@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0003-3322-9621>

Mikhail A. Pesterev junior researcher, department of modern methods for assessing the quality of confectionery products, All-Russian Scientific Research Institute of Confectionery Industry - Branch of V.M. Gorbatov Federal Research Center for Food System of RAS, Elektrozavodskaya, 20, Moscow, 107023, Russia, pesterevmisha@ya.ru

<https://orcid.org/0000-0002-0980-1862>

Alla E. Bazhenova junior researcher, department of modern methods for assessing the quality of confectionery products, All-Russian Scientific Research Institute of Confectionery Industry - Branch of V.M. Gorbatov Federal Research Center for Food System of RAS, Elektrozavodskaya, 20, Moscow, 107023, Russia, bajenova.a@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0002-6994-8524>

Наталья В. Линовская к.т.н., ведущий научный сотрудник, лаборатория технологии производства шоколадных и сахарных кондитерских изделий, ВНИИ КП – филиал Федерального научного центра пищевых систем им. В.М. Горбатова РАН, ул. Электрозаводская, 20 стр.3, г. Москва, 107023, Россия, choclab@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-9238-8991>

Nataliya V. Linovskaya Cand. Sci. (Engin.), leader research, laboratory of chocolate and sugar confectionery production technology, All-Russian Scientific Research Institute of Confectionery Industry - Branch of V.M. Gorbatov Federal Research Center for Food System of RAS, Elektroavodskaya, 20, Moscow, 107023, Russia, choclab@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-9238-8991>

Вклад авторов

Все авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут ответственность за плагиат

Contribution

All authors equally participated in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 06/11/2019	После редакции 15/11/2019	Принята в печать 30/11/2019
Received 06/11/2019	Accepted in revised 15/11/2019	Accepted 30/11/2019