

- the fungal cell. In: The Mycota. 2nd ed/ – 2007. – V. 5. – № 3. – P. 111–151.
8. Kumaresapillai, N. Production and evaluation of chitosan from *Aspergillus niger* MTCC strains / N. Kumaresapillai, R.A. Basha, R. Sathish // Iranian journal of pharmaceutical research. – 2011. – V. 10. – № 3 – P. 553–557.
 9. New, N. Characterization of chitosan-glucan complex extracted from the cell wall of fungus *Gongronellabutleri* USDB 0201 by an enzymatic method / N. New, W.F. Stevens, S. Tokura, H. Tamura // Enzyme and Microbial Technology. – 2008. – V. 42. – P. 242–251.
 10. Polizeli, M.L. Xylanases from fungi: properties and industrial applications / M.L. Polizeli, A.C.S. Rizzatti, R. Monti, H.F. Terenz, J.A. Jorge, D.S. Amari // MicrobiolBiotechnol. – V. 67. – P. – 577–591.
 11. Skorik Y.A. Evaluation of various chitinoglycan derivatives from *Aspergillus niger* as transition metal adsorbents / Y.A. Skorik, A.V. Pestov, Y.G. // Yatluk Bioresource technology. – 2010. – V. 101. – № 6. – P. 1769–1775.
 12. Viraraghavan, T. Fungal biosorption and biosorbents / T. Viraraghavan, A. Srinivasan // Microbial Biosorption of Metals. Springer Netherlands. – 2011. – P. 143–158.
 13. Ward, O.P. Physiology and biotechnology of *Aspergillus* / O.P. Ward, W.M. Qin, N.J. Dhanjoon, J. Ye, A. Singh // Adv Appl. Microbiol. – 2006. – V. 58. – № 1. – P. 75.

М.В. Осипов, кандидат технических наук

Н.Б. Кондратьев, доктор технических наук

Е.В. Казанцев

О.С. Руденко, кандидат технических наук

П.А. Семенова, кандидат технических наук

Всероссийский научно-исследовательский институт кондитерской промышленности –

филиал Федерального научного центра пищевых систем имени В.М. Горбатова

РФ, 107023, Москва, ул. Электrozаводская, 20, стр. 3

E-mail: conditerprom@mail.ru

УДК 664.68:664.684:547.458.61:551.571

DOI: 10.30850/vrsn/2019/3/59-62

ВЛИЯНИЕ МОДИФИЦИРОВАННОГО КРАХМАЛА НА ВЛАГОУДЕРЖИВАЮЩУЮ СПОСОБНОСТЬ НАЧИНОК В ПРЯНИКАХ

Исследовано влияние двух типов «сшитого» и этерифицированного модифицированных крахмалов: гидроксипропил ди-крахмал фосфата (E 1442) и ацетилованного дикрахмал адипата (E 1422) на скорость процесса влагопереноса мучных кондитерских изделий – сырцовых пряников с фруктовой начинкой, упакованных в полипропиленовую пленку толщиной 40 мкм в процессе хранения при температуре 30°C и относительной влажности окружающего воздуха 40%. Наименьшие потери массовой доли влаги характерны для сырцовых пряников с фруктовой начинкой при использовании модифицированного крахмала E 1442. Массовая доля влаги пряников с начинкой практически сохранилась после четырех недель хранения на уровне 13,5%. Относительные потери массовой доли влаги в пряниках с фруктовой начинкой, изготовленных с использованием модифицированного крахмала E 1442 составляют 3% после четырех недель хранения, в отличие от пряников с фруктовой начинкой, изготовленных на основе модифицированного крахмала E 1422, где относительные потери влаги составляют 9% за этот же срок. Фруктовая начинка с использованием модифицированного крахмала E 1442 обуславливает более высокие влагоудерживающие свойства по сравнению с начинкой, изготовленной на основе модифицированного крахмала E 1422. Скорость влагопереноса между частями пряника зависит от таковой через полипропиленовую пленку. Массовая доля влаги верхнего слоя пряников с фруктовой начинкой, изготовленных на основе модифицированного крахмала E 1442, упакованных в полипропиленовую пленку толщиной 40 мкм, после двух недель хранения возрастает, а в пряниках с фруктовой начинкой, изготовленных на основе модифицированного крахмала E 1422, наоборот, уменьшается, что может привести к черствению продукта.

Ключевые слова: модифицированный крахмал, фруктовая начинка, сырцовые пряники, влагоудерживающая способность.

M.V. Osipov, PhD in Engineering sciences

N.B. Kondratev, Grand PhD in Engineering sciences

E.V. Kazantsev

O.S. Rudenko, PhD in Engineering sciences

P.A. Semenova, PhD in Engineering sciences

All-Russian Research Institute of Confectionery Industry – branch of V.M. Gorbатов Federal Research Center for Food Systems

RF, 107023, Moskva, ul. E'lektrozavodskaya, 20, str. 3

E-mail: conditerprom@mail.ru

EFFECT OF MODIFIED STARCH ON THE WATER-HOLDING CAPACITY OF GINGERBREAD FILLINGS

The effect of two types of «crosslinked» and esterified modified starches: hydroxypropyl distarch phosphate (E 1442) and acetylated distarch adipate (E 1422) on the speed of the process of moisture transfer in flour confectionery products was studied. The objects of the study were gingerbread with fruit filling packed in a polypropylene film with a thickness of 40 μm during storage at a temperature of 30°C and a relative humidity of ambient air of 40%. Smaller losses of the mass fraction of moisture are determined for gingerbread with fruit filling in which E 1442 modified starch was used. The moisture content of gingerbread with filling practically did not change during storage and remained 13.5% after four weeks of storage. The relative loss of the mass fraction of moisture in gingerbread with fruit filling made using modified starch (E 1442) was 3% after four weeks of storage. While in gingerbread with fruit filling, made on the

basis of modified starch (E 1422), the relative loss of moisture was 9% during the same period. Fruit filling made using modified starch (E 1442) causes higher water-holding properties compared to the filling made on the basis of modified starch (E 1422). The speed of moisture transfer between the parts of the gingerbread depends on the speed of moisture transfer through the polypropylene film. The moisture content of the top layer of gingerbread with fruit filling, made on the basis of modified starch E 1442, packed in a polypropylene film 40 μm, increased after 2 weeks of storage, and in gingerbread with fruit filling, made on the basis of modified starch E 1422, on the contrary decreased, which may lead to staling of the gingerbread.

Key words: *modified starch, fruit filling, gingerbread, water sorption ability.*

ВВЕДЕНИЕ

Обеспечение свежести изделия – это сохранение его консистенции, вкуса, запаха, внешнего вида путем удержания влаги и предотвращения порчи микроорганизмами. Среди мучных кондитерских изделий, пользующихся постоянным спросом на потребительском рынке, значительный объем занимают пряники, что обусловлено их оригинальными органолептическими показателями и относительно невысокой стоимостью.

Массовая доля влаги в пряниках 10...20%, для таких изделий характерны процессы влагопереноса, которые влияют на риск микробиологической порчи. [8] Использование разного состава модифицированного крахмала позволяет выпускать продукцию с заданными реологическими и технологическими свойствами. Модифицированные крахмалы в качестве пищевых добавок используют в производстве мучных кондитерских изделий с фруктовыми начинками, десертов, восточных сладостей (рахат-лукум), пастилы, зефира, карамели, кремов, фруктовых полуфабрикатов и других. Большой популярностью у потребителей пользуются пряники с начинками, в которых применяют различные загустители и гелеобразователи. [2, 10]

Модификация крахмалов постоянно совершенствуется, она разделяется на физическую, химическую, ферментативную. Физическая модификация – воздействие высоким давлением, низкими (замораживание) или высокими температурами (100...120°C), обработка плазмой, осмос и другие методы. [9, 11]

Проведены исследования по применению в полуфабрикатах и мучных кондитерских изделиях двух типов модифицированных крахмалов – «сшитого» и этерифицированного: гидроксипропил дикрахмал фосфата (E 1442) и ацетилованного дикрахмал адипата (E 1422), с целью оптимизации их качества. [3, 10]

Ацетилованный дикрахмал адипат (E 1422) представляет собой «сшитый» композитный модифицированный крахмал, полученный путем этерификации крахмала с адипиновой кислотой и уксусным ангидридом. Характеристики продуктов на его основе аналогичны «сшитому» и этерифицированному крахмалу: термостойкость, высокая сопротивляемость сдвигу и устойчивость в кислой среде. Ацетилованный дикрахмал адипат может быть использован в качестве загустителя, стабилизатора и связующего агента в пищевой промышленности.

Дикрахмалфосфат (E 1442) – эфир крахмала, полученный в результате взаимодействия гидроксильных групп (ОН) разных цепей полисахаридов с двумя кислотными группами метафосфорной кислоты или ее солей (метафосфат натрия).

Молекулы полисахаридов крахмала соединяются поперечными связями (мостики), что делает их малоподвижными и придает крахмальному клейстеру устойчивость к перемешиванию, нагреванию, изменению кислотности. Возникновение

эфирных связей с остатками метафосфорной кислоты увеличивает вязкость клейстера и гидрофильность молекул полисахаридов крахмала, в результате этого возрастает набухаемость зерен крахмала, влагоудерживающая способность и вязкость клейстера. [1, 4, 7]

Цель работы – исследование влияния разных видов модифицированного крахмала на процессы влагопереноса в пряниках с фруктовой начинкой, упакованных в полипропиленовую пленку (ПП) толщиной 40 мкм, в процессе хранения в контролируемых климатических условиях.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объекты исследования – сырцовые пряники с фруктовой начинкой, образцы хранились в климатической камере «Climacell 404» при температуре 30°C и относительной влажности окружающего воздуха 40%. Состав начинок: 25% модифицированного крахмала; 40% яблочного пюре с 25% модифицированного крахмала; 40% яблочного пюре, 24% модифицированного крахмала и 1% пектина. Использовали модифицированный крахмал двух видов – E 1422, E 1442. Готовые пряники упаковывали в полипропиленовую пленку толщиной 40 мкм.

Термостабильность начинок оценивали по растекаемости образцов до и после термообработки. Массовую долю влаги находили по ГОСТ 5900-2014 «Изделия кондитерские. Методы определения массовой доли влаги и сухих веществ». Реологические показатели начинок на основе модифицированного крахмала (E 1422, E 1442) измеряли на Структурометре СТ-2.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Сравнивали термостабильность начинок, изготовленных на основе модифицированного крахмала с различным содержанием компонентов. Коэффициенты термостабильности для начинки: 25% модифицированного крахмала (без добавления яблочного пюре и пектина) – 0,60, 40% яблочного пюре и 25% модифицированного крахмала – 0,68. Наибольшая устойчивость определена у начинки – 40% яблочного пюре, 24% модифицированного крахмала и 1% пектина (коэффициент термостабильности 0,75). Поэтому далее проведены исследования влияния разных видов модифицированного крахмала на влагоудерживающую способность начинки вышеуказанного состава. Структурно-механические свойства исследуемых фруктовых начинок усиливались, благодаря синергизму гидроколлоидов, что повышает сохранность кондитерских изделий с начинками.

Исследования физико-химических показателей фруктовых начинок, изготовленных на основе двух видов модифицированного крахмала (E 1422, E 1442) показали, что они характеризуются практически одинаковой массовой долей влаги, но отличаются по активности воды (табл. 1).

Таблица 1.
Физико-химические показатели фруктовых начинок

Использованный крахмал	Массовая доля влаги W, %	Активность воды, a_w
E 1422	22,5	0,801
E 1442	22,4	0,772

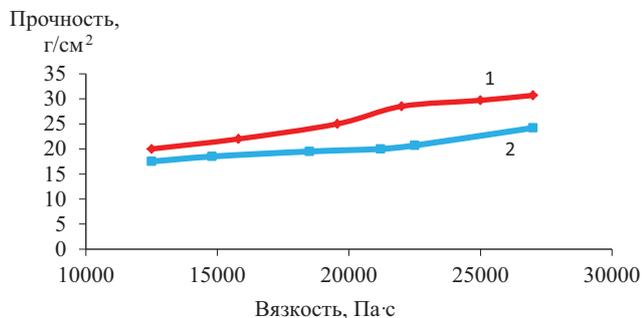


Рис. 1. Влияние модифицированного крахмала E 1442 (1) и E 1422 (2) на вязкость и прочность фруктовых начинок.

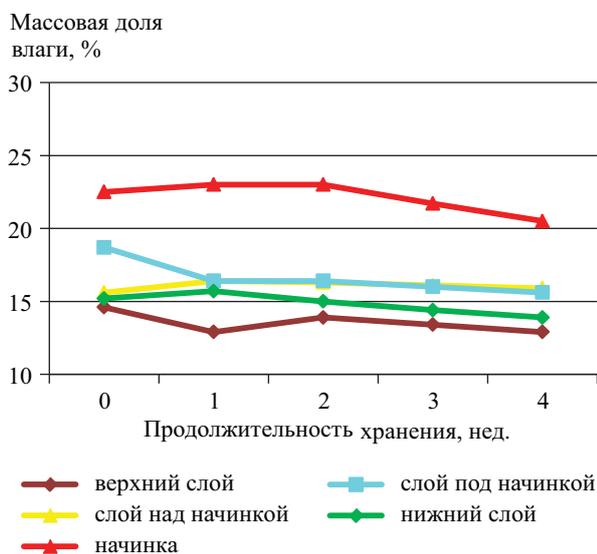


Рис. 2. Массовая доля влаги в различных слоях пряников, изготовленных с крахмалом (E 1422), упакованных в (ПП), при хранении.

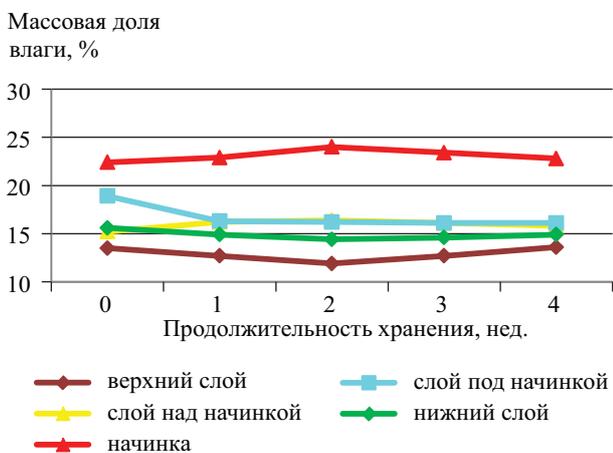


Рис. 3. Массовая доля влаги в различных слоях пряников, изготовленных на дикрахмалфосфате (E 1442), упакованных в (ПП), при хранении.

Активность воды фруктовой начинки, изготовленной с использованием модифицированного крахмала E 1442 ниже, чем у таковой с модифицированным крахмалом E 1422. Это объясняется образующимися химическими связями между молекулами воды и полярными группами крахмала E 1442.

Фруктовая начинка, приготовленная на основе дикрахмалфосфата (E 1442), характеризуется большей влагоудерживающей способностью в отличие от начинки на ацетилованном дикрахмале адипата (E 1422).

Установлена взаимосвязь реологических показателей фруктовых начинок (рис. 1). Их прочность и вязкость на основе модифицированного крахмала E 1442 выше по сравнению с начинками на основе крахмала E 1422, что обусловлено наличием эфирных связей с остатками метафосфорной кислоты.

Проведены исследования влияния свойств модифицированного крахмала двух наименований на процесс влагопереноса сырцовых пряников в процессе хранения. Модельные образцы пряников с фруктовой начинкой, упакованные в полипропиленовую пленку толщиной 40 мкм, хранили при температуре 30°C и относительной влажности окружающего воздуха 40%, массовую долю влаги исследовали в различных слоях пряника в течение четырех недель (периодичность одна неделя).

Массовая доля влаги во всех слоях пряников с фруктовой начинкой, изготовленных с модифицированным крахмалом E 1422 постепенно снижается от 17,3 до 15,7% по средним значениям массовой доли влаги в изделии, что составляет около 9% относительных потерь после четырех недель хранения (рис. 2).

Во всех слоях пряников с фруктовой начинкой, изготовленных на модифицированном крахмале E 1442, массовая доля влаги варьировала от 17,1 до 16,6% по средним значениям в изделии массовой доли влаги, что составляет около 3% относительных потерь. После четырех недель хранения массовая доля влаги такой начинки практически не изменилась (рис. 3). Массовая доля влаги начинки пряников, изготовленной на основе крахмала E 1422, за этот период времени уменьшилась с 22% до 20%.

Химический состав начинки на модифицированном крахмале E 1442 обуславливает более высокие влагоудерживающие свойства по сравнению с начинкой, изготовленной на E 1422. Использование гидроксипропил дикрахмал фосфата (E 1442) позволяет сократить потери массовой доли влаги в пряниках в три раза по сравнению с ацетилованном дикрахмал адипатом (E 1422).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Закономерности процесса влагопереноса могут быть использованы для прогнозирования хранения изделий. При уменьшении массовой доли влаги риск микробиологической порчи снижается, а при сохранении массовой доли влаги возможно «плесневение» поверхности продукта. Поэтому необходимо для каждого наименования пряников обосновывать соответствующую упаковку и учитывать показатели влагопереноса.

Дальнейшие исследования будут направлены на выявления закономерностей влагопереноса в пряниках с фруктовой начинкой, содержащих другие модификации крахмала.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Жушман, А.И. «Модифицированные крахмалы» / А.И. Жушман — Издательство: Пищепромиздат, 2007. — стр. 192–197.
2. Иоргачева, Е.Г. Стабилизация качества сырцовых пряников при хранении / Е.Г. Иоргачева, О.В. Макарова, Е.В. Хвостенко // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. — 2014. — № 2 (12). — С. 138–143.
3. Казанцев, Е.В. Влияние свойств структурообразователей на прочность кондитерских масс / Е.В. Казанцев, Н.Б. Кондратьев // Материалы докладов XV Международной научно-практической конференции «Пища. Экология. качество» тематика: «Итоги прошлого и перспективы будущего» / ФГБУН СФНЦА РАН, 27-29 июня 2018 г. — Новосибирск: 2018. — С. 252–256.
4. Коптелова, Е.К. Нативные и модифицированные крахмалы для улучшения качества мучных кондитерских изделий / Е.К. Коптелова, Н.Д. Лукин // Кондитерское производство. — 2013. — № 6. — С. 17–18.
5. Национальный центр биотехнологической информации США: [сайт]. URL: pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/«Краткое описание вещества № 24847848»: база данных химических соединений и смесей: [сайт]. URL: pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/24847848.
6. Национальный центр биотехнологической информации США: [сайт]. URL: pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/«Краткое описание вещества № 24847850»: база данных химических соединений и смесей: [сайт]. URL: pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/24847850.
7. 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.
8. Срок годности пищевых продуктов. Расчет и испытание / Под ред. Р. Стеле; пер. с англ. В. Широкова под общ. ред. Ю.Г. Базарновой. — СПб.: Профессия. 2008. — 480 с.
9. Neelam, K. Various techniques for the modification of starch and the applications of its derivatives / K. Neelam, S. Vijay, L. Singh // International research journal of pharmacy. 2012. — Vol. 3(5). — P. 25–31.
10. Razak, R.A. Effects of different types and concentration of hydrocolloids on mango filling / R.A. Razak, R. Karim, R. Sulaiman, N. Hussain // International Food Research Journal. — 2018. — Vol. 25 (3). — P. 1109–1119.
11. Saha, D. Hydrocolloids as thickening and gelling agents in food: a critical review / D. Saha, S. Bhattacharya // Journal of food science and technology. — 2010. — 47 (6). — P. 587–97.

LIST OF SOURCES

1. Zhushman, A.I. «Modificirovanny'e kraxmaly» / A.I. Zhushman — Izdatel'stvo: Pishhepromizdat, 2007. — str. 192–197.
2. Iorgacheva, E. G. Stabilizaciya kachestva sy'rczovy'x pryanikov pri xranenii / E.G. Iorgacheva, O.V. Makarova, E.V. Xvostenko // Vostochno-Evropejskij zhurnal peredovy'x texnologij. — 2014. — № 2 (12). — S. 138–143.
3. Kazancev, E.V. Vliyanie svojstv strukturoobrazovatelej na prochnost' konditerskix mass / E.V. Kazancev, N.B. Kondrat'ev // Materialy' dokladov XV Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii «Pishha. E'kologiya. kachestvo» tematika: «Itogi proshlogo i perspektivy' budushhego» / FGBUN SFNCzA RAN, 27–29 iyunya 2018 g. — Novosibirsk.: 2018. — S. 252–256.
4. Koptelova, E.K. Nativny'e i modificirovanny'e kraxmaly' dlya uluchsheniya kachestva mучny'x konditerskix izdelij / E.K. Koptelova, N.D. Lukin // Konditerskoe proizvodstvo. — 2013. — № 6. — S. 17–18.
5. Nacional'ny'j centr biotexnologicheskoy informacii SSHa: [sajt]. URL: pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/«Kratkoe opisanie veshhestva № 24847848»: baza danny'x ximicheskix soedinenij i smesej: [sajt]. URL: pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/24847848.
6. Nacional'ny'j centr biotexnologicheskoy informacii SSHa: [sajt]. URL: pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/«Kratkoe opisanie veshhestva № 24847850»: baza danny'x ximicheskix soedinenij i smesej: [sajt]. URL: pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/24847850.
7. Solomin, D.A. Innovacii v proizvodstve i primenenii modificirovanny'x kraxmalov / D.A. Solomin, L.S. Solomina // Xranenie i pererabotka sel'xozsy'r'ya. — 2014. — № 3. — S. 19–22.
8. Srok godnosti pishhevy'x produktov. Raschet i ispy'tanie / Pod red. R. Stele; per. s angl. V. Shirokova pod obshh.red. Yu.G. Bazarnovoj. — SPb.: Professiya. 2008. — 480 s.
9. Neelam, K. Various techniques for the modification of starch and the applications of its derivatives / K. Neelam, S. Vijay, L. Singh // International research journal of pharmacy. 2012. — Vol. 3 (5). — P. 25–31.
10. Razak, R.A. Effects of different types and concentration of hydrocolloids on mango filling / R.A. Razak, R. Karim, R. Sulaiman, N. Hussain // International Food Research Journal. — 2018. — Vol. 25 (3). — P. 1109–1119.
11. Saha, D. Hydrocolloids as thickening and gelling agents in food: a critical review / D. Saha, S. Bhattacharya // Journal of food science and technology. — 2010. — 47 (6). — P. 587–97.