

А.Д. Тошев, А.С. Саломатов

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КОМПЛЕКСНОЙ ДОБАВКИ
НА ТЕРМООБРАБОТКУ ВОЗДУШНОГО ПОЛУФАБРИКАТА**

Разработана технология производства воздушного полуфабриката с использованием комплексной добавки на основе взорванной перловой крупы (6 %) и порошка яичной скорлупы (2 %). Определено влияние добавки на распределение температуры в воздушном полуфабрикате в процессе выпечки. Выпечку образцов производили при температуре 100 °С до содержания сухих веществ 96 %. Выявлено, что добавка не оказывала значительного влияния на распределение температур в поверхностном слое воздушного полуфабриката, в то время как в глубоких слоях исследуемых образцов различия в распределении температуры более выражены. Следует отметить, что теплопроводность предложенной добавки выше в сравнении с пенной массой. Введение ее в технологию воздушного полуфабриката приводило к сокращению продолжительности выпечки на 12,5 %, что способствовало экономии электроэнергии и интенсификации производства.

Воздушный полуфабрикат, взорванная перловая крупа, порошок яичной скорлупы, продолжительность выпечки.

Введение

С середины XX века проблеме сохранения и укрепления здоровья, а также увеличения продолжительности жизни во всем мире уделяется значительное внимание. В связи с этим при разработке технологии диетических продуктов возросла роль пищевых волокон, способных оказывать благотворный эффект на здоровье. Среди пищевых волокон следует выделить β -глюкан, содержащийся в большом количестве в клеточных стенках ячменного эндосперма и получивший особое внимание благодаря своей способности снижать уровень холестерина в крови и тем самым уменьшать риск возникновения сердечно-сосудистых заболеваний. Также, согласно последним данным, он препятствует резкому повышению уровня глюкозы в крови после потребления продуктов питания [1, 2, 3]. Имеются научные данные, показывающие, что диеты, характеризующиеся пониженным гликемическим индексом, способны снижать резистентность к инсулину и препятствуют развитию сахарного диабета. Исследования, проводимые в течение многих лет, в которых принимали участие 90 тыс. женщин и 45 тыс. мужчин, показали, что у людей, регулярно потребляющих продукты питания на основе злаков, на 30 % реже встречался неинсулинзависимый сахарный диабет. Высокая эффективность β -глюкана в снижении гликемического индекса продуктов питания связана с его способностью создавать вязкие растворы, замедляющие гидролиз крахмала и всасывание холестерина. Департаментом США по продовольствию и медикаментам установлена суточная доза потребления β -глюкана, составляющая 3 г, или не менее 0,75 г на порцию [1, 2, 4, 5].

В последние годы наметилась тенденция применения ячменной муки, содержащей β -глюкан, при производстве макарон, хлеба, национальных пищевых продуктов в качестве альтернативы пшеничной муке. С точки зрения пользы для здоровья применение ячменной муки оправдано, но ее негативное влияние на структуру и потребительские характеристики продукта препятствуют ее широкому распространению в пищевой промышленности. Вследствие этого последние исследования в области разработки

продуктов питания, обогащенных β -глюканом, сфокусированы на поиске путей его введения в технологию так, чтобы получать продукт с потребительскими характеристиками, не имеющими различий с традиционным аналогом [2, 6, 7].

Широкое распространение заболеваний, вызванных избыточной массой тела, одной из основных причин которых является потребление продуктов питания, в состав которых в большом количестве входят легкоусвояемые углеводы, требует внесения изменений в существующие технологии с целью снижения гликемического индекса продуктов. Одним из способов повышения пищевой ценности при одновременном снижении гликемического индекса является использование комплексных добавок на основе комбинаций растительного и животного сырья, в частности взорванной перловой крупы в комплексе с порошком яичной скорлупы. Выбор компонентов комплексной добавки проводили на основе положений пищевой комбинаторики, учитывающих их взаимное влияние. К примеру, во взорванной перловой крупе содержится полисахарид β -глюкан, способный снижать гликемический индекс продуктов [2, 8, 9], тогда как яичная скорлупа отличается высоким содержанием кальция, более 35 %, который способен усваиваться только в присутствии витаминов группы В [10, 11], содержание которых в перловой крупе в сумме может достигать 7,0 мг%. Таким образом, компоненты комплексной добавки дополняют друг друга. Применение предложенной добавки позволяет не только снизить гликемический индекс продукта, но и способствует комплексному его обогащению.

В качестве **объекта** исследования выбран воздушный полуфабрикат, содержание сахара в котором составляет не менее $(95 \pm 1) \%$. Часть сахара по рецептуре (8 %) была заменена комплексной добавкой, а именно – 6 %-й добавкой из перловой крупы (ДПК) и 2 % порошка яичной скорлупы (ПЯС). Соотношение компонентов комплексной добавки и параметры ее введения экспериментально определены на основе исследований реологических и структурно-механических показателей пенной массы и выходят за рамки данной статьи.

Целью настоящего исследования является определение влияния комплексной добавки на продолжительность выпечки воздушного полуфабриката.

Объект и методы исследования

Изучали влияние комплексной добавки на термообработку воздушного полуфабриката. С этой целью готовили образцы пенной массы, в которых 8 % сахара заменяли предложенной добавкой. Выпечку образцов производили при температуре 100 °С до содержания сухих веществ 96 %. В процессе выпечки исследовали распределение температур в поверхностном слое, центральной части и доньшке исследуемых образцов. Для этого в исследуемые образцы на различную глубину вводили щуп. Температуру считывали с монитора прибора каждые 5 мин. Масса исследуемых образцов составляла (50±2) г.

Результаты и их обсуждение

Исследовали влияние комплексной добавки на процесс выпечки воздушного полуфабриката. Выпечку воздушного полуфабриката осуществляли при температуре, не превышающей 100 °С, чтобы избежать растрескивания поверхности и карамелизацию сахара, приводящую к потемнению изделия. По результатам предварительных экспериментов установлено, что при температуре выпечки выше 100 °С корка изделия подсыхала, при том что в центре оставалось значительное количество влаги. Влага из центра изделия, испаряясь, выходила наружу, что приводило к растрескиванию поверхности воздушного полуфабриката, что в свою очередь является недопустимым браком. Следует отметить, что продолжительность выпечки воздушного полуфабриката в значительной степени зависела от толщины слоя сбитой массы, отсаженной на листы. Сбитая масса, благодаря своей пенной структуре, обладает низкой теплопроводностью, что является причиной длительного процесса выпечки. Добавка, вводимая в сбитую массу, оказывала влияние на теплопроводность системы, а следовательно, на продолжительность выпечки.

Выпечка является одним из основных этапов формирования качества воздушного полуфабриката, его привлекательности для потребителя. В процессе выпечки воздушного полуфабриката влага, содержащаяся в сбитой массе, испарялась, в результате чего происходило формирование хрупкой воздушной структуры.

С целью определения продолжительности выпечки воздушного полуфабриката с комплексной добавкой проведены исследования процесса термообработки. Масса исследуемых образцов составляла (50±2) г. Образцы отсаживали с помощью кондитерского мешка на листы, застланные пергаментом, в виде пирожных. В исследуемые образцы вводили щуп для определения изменения температуры в процессе выпечки. Щуп вводили на различную глубину для исследования изменения температуры в поверхностном слое, в середине и в доньшке изделия. Температуру считывали с монитора прибора каждые 5 мин. Выпечку производили в пароконвектомате при температуре 100 °С. Влияние комплексной до-

бавки на распределение температур в объеме воздушного полуфабриката представлено на рис. 1–3.

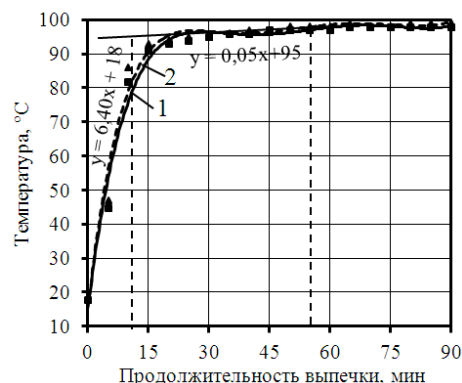


Рис. 1. Изменение температуры в поверхностном слое воздушного полуфабриката при выпечке: 1 – контроль; 2 – с комплексной добавкой

Данные рис. 1 показывают, что процесс выпечки контрольного полуфабриката (кривая 1) можно разделить на три этапа: прогревание, выпечку и сушку. Процесс прогревания корки воздушного полуфабриката занимает 11–12 мин, что характеризуется стремительным увеличением температуры до 80 °С. На этапе выпечки происходит формирование структуры воздушного полуфабриката и перераспределение влаги, при этом температура в поверхностном слое повышается не более чем на 15 °С. Процесс формирования структуры поверхностного слоя воздушного полуфабриката завершается на (55±1) мин выпечки. Затем наступает этап сушки, в процессе которого происходит закрепление структуры, при этом температура изменяется незначительно, на 1–2 °С. Процесс выпечки воздушного полуфабриката с комплексной добавкой (кривая 2) имеет подобную зависимость.

Поверхность воздушного полуфабриката равномерно прогревается, и добавка не оказывает существенного влияния на распределение температуры в поверхностном слое. По этой причине проведены исследования влияния добавки на распределение температуры в более глубоких слоях (рис. 2 и 3).

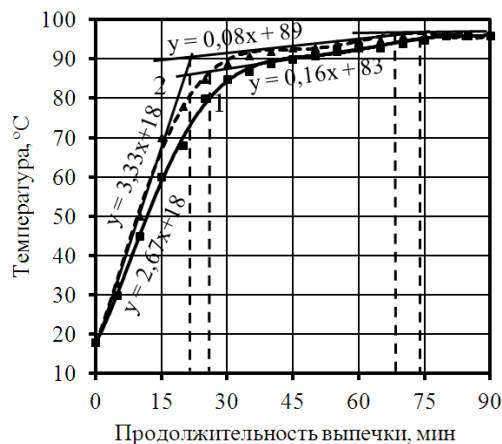


Рис. 2. Изменение температуры в середине воздушного полуфабриката при выпечке: 1 – контроль; 2 – с комплексной добавкой

Данные, представленные на рис. 2, показывают, что процесс прогревания центральной части контрольного образца воздушного полуфабриката (кривая 1) характеризуется увеличением температуры до 80 °С и по продолжительности занимает (25±1) мин, что в 2 раза длительнее процесса прогревания корки (рис. 1). Выпечка полуфабриката сопровождается формированием пористой структуры при постепенном увеличении температуры массы. Процесс завершается на (74±1) мин при достижении температуры (95±1) °С. Затем происходит закрепление структуры воздушного полуфабриката, в результате чего температура увеличивается не более чем на 1–2 °С. Продолжительность сушки занимает (5±1) мин и сопровождается закреплением пористой структуры и приданием воздушному полуфабрикату хрупкости. Изменения, происходящие в глубоких слоях воздушного полуфабриката с комплексной добавкой, имеют ряд различий по продолжительности процессов. Следует отметить, что процесс прогревания для кривой 2 сократился до (22±1) мин, а процесс выпечки завершается на (68±1) мин. Длительность сушки также сократилась до (3±1) мин. Влияние добавки на сокращение продолжительности выпечки заметно в более глубоких слоях воздушного полуфабриката. Для получения полной картины влияния добавки на процесс выпечки исследовано изменение температуры в доньшке воздушного полуфабриката (рис. 3).

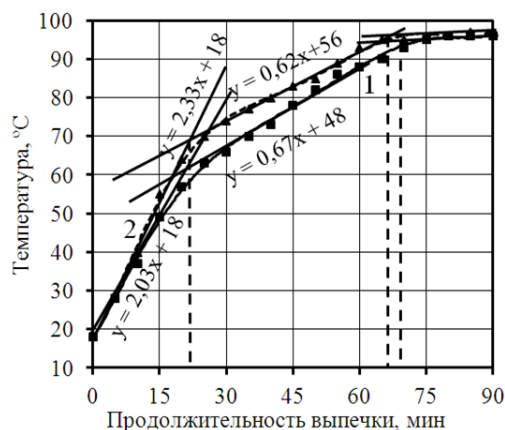


Рис. 3. Изменение температуры в доньшке воздушного полуфабриката при выпечке: 1 – контроль; 2 – с комплексной добавкой

Данные рис. 3 показывают, что процесс прогревания доньшка контрольного образца воздушного полуфабриката занимает (22±1) мин и характеризуется увеличением температуры до 60 °С (кривая 1). Процесс прогревания доньшка происходит более интенсивно по сравнению с серединой воздушного полуфабриката (рис. 2). Вероятно, это связано с дополнительным подогревом сбитой массы, возникающим при контакте с металлическим противнем. Затем наступает процесс выпечки, при котором температура увеличивается до 95 °С. Процесс выпечки завершается на (71±1) мин. Этап сушки характеризуется незначительным увеличением температуры, в результате которого происходит закрепление структуры. Изменение температуры в доньшке воздушного полуфабриката с

комплексной добавкой (кривая 2) имеет аналогичную зависимость, при этом добавка не оказывает влияния на сокращение процесса прогревания. Этап выпечки для кривой 2 завершается на (67±1) мин. Следовательно, теплопроводность добавки выше по сравнению с пенной массой, по этой причине увеличение температуры происходит более интенсивно, что способствует сокращению продолжительности выпечки с 80 до 70 мин, что составляет 12,5 %.

Проведены микроскопические исследования образца воздушного полуфабриката с комплексной добавкой. Образец исследовали с помощью растровой электронной микроскопии на микроскопе JEOL" JSM-6460LV. Сущность ее заключается в том, что исследуемая область материала облучалась тонко сфокусированным пучком электронов, при взаимодействии которого с поверхностью образца возникали сигналы в виде вторичных отраженных электронов. Вторичная электронная эмиссия возникала в объеме вблизи области падения пучка, что позволяло получить изображение с относительно большим разрешением. Полученный сигнал усиливался и обрабатывался, после чего полученное изображение отображалось на мониторе компьютера. Отработана методика микроскопирования структуры, оптимальное увеличение составило 5 тыс. раз. Результаты экспериментов представлены на рис. 4.

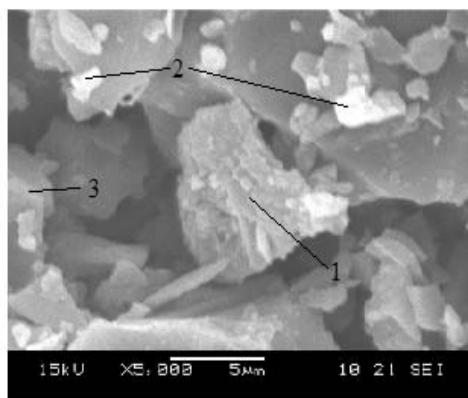


Рис. 4. Структура воздушного полуфабриката с комплексной добавкой: 1 – ДПК; 2 – ПЯС; 3 – воздушный полуфабрикат

Исследования структуры образцов под микроскопом (рис. 4) показали равномерность распределения добавки в объеме воздушного полуфабриката. На фотографии видны частицы взорванной перловой крупы, имеющие слоистую структуру (1). Также видны более мелкие частицы яичной скорлупы (2). Основную долю фотографии занимают пласти воздушного полуфабриката (3).

В результате исследования процесса охлаждения воздушного полуфабриката с комплексной добавкой установлено, что охлаждение выпеченного полуфабриката необходимо осуществлять в мягком режиме при конвекционном способе, температуре 20±25 °С, скорости воздушного потока 1,5–2,0 м/с и продолжительности охлаждения 35–40 мин.

Следствием выполненной работы являлось сокращение продолжительности выпечки воздушного полуфабриката на 12,5 % при замене 8 % сахара по рецептуре комплексной добавкой, в состав которой

входили взорванная перловая крупа с размером частиц $1,5-2,0 \cdot 10^{-3}$ м и измельченная яичная скорлупа с размером частиц $40 \cdot 10^{-6}$ м, в соотношении 3:1.

Список литературы

1. Flavor and texture attributes of foods containing β -glucan-rich hydrocolloids from oats / Suyong Lee, George E. Inglett, Debra Palmquist, Kathleen Warner. *LWT // Food Science and Technology*. – Vol. 42, is. 1. – 2009. – P. 350–357.
2. High (1 \rightarrow 3,1 \rightarrow 4)- β -glucan Barley Fractions in Bread Making and their Effects on Human Glycemic Response / A. Cavallero, S. Empilli, F. Brighenti, A.M. Stanca // *Journal of Cereal Science*. – Vol. 36, is. 1. – 2002. – P. 59–66.
3. Effects of a commercial oat- β -glucan concentrate on the chemical, physico-chemical and sensory attributes of a low-fat white-brined cheese product / P. Volikakis, Costas G. Biliaderis, Costas Vamvakas, Gregory K. Zerfiridis // *Food Research International*. – Vol. 37, is. 1. – 2004. – P. 83–94.
4. The sensory characteristics and rheological properties of soups containing oat and barley β -glucan before and after freezing / Marika Lyly, Marjatta Salmenkallio-Marttila, Tapani Suortti et al. *LWT // Food Science and Technology*. – Vol. 37, is. 7. – 2004. – P. 749–761.
5. Microheterogeneity and microrheological properties of high-viscosity oat β -glucan solutions / Jingyuan Xu, Tungsun Chang, George E. Inglett et al. // *Food Chemistry*. – Vol. 103, is. 4. – 2007. – P. 1192–1198.
6. Protective effect of β -glucan extracted from *Saccharomyces cerevisiae*, against DNA damage and cytotoxicity in wild-type (k1) and repair-deficient (xrs5) / Rodrigo Juliano Oliveira, Renata Matuo, Ariane Fernanda da Silva et al. // *CHO cells Toxicology in Vitro*. – Vol. 21, is. 1. – 2007. – P. 41–52.
7. Lazaridou, A. Molecular aspects of cereal β -glucan functionality: Physical properties, technological applications and physiological effects / A. Lazaridou, C.G. Biliaderis // *Journal of Cereal Science*. – Vol. 46, is. 2. – 2007. – P. 101–118.
8. Viscoelastic properties of oat β -glucan-rich aqueous dispersions / Jingyuan Xu, George E. Inglett, Diejun Chen, Sean X. Liu // *Food Chemistry*. – Vol. 138, is. 1. – 2013. – P. 186–191.
9. Comin, L.M. Barley β -glucan aerogels as a carrier for flax oil via supercritical CO_2 / L.M. Comin, F. Temelli, Marleny D.A. Saldaña // *Journal of Food Engineering*. – Vol. 111, is. 4. – 2012. – P. 625–631.
10. The «artificial ostrich eggshell» project: Sterilizing polymer foils for food industry and medicine / D. Fink, J. Rojas-Chapana, A. Petrov et al. // *Solar Energy Materials and Solar Cells*. – Vol. 90, is. 10. – 2006. – P. 1458–1470.
11. Titchenal, C.A. A system to assess the quality of food sources of calcium / C. Alan Titchenal, Joannie Dobbs // *Journal of Food Composition and Analysis*. – Vol. 20, is. 8. – 2007. – P. 717–724.

ФГБОУ ВПО «Южно-Уральский государственный университет» (национальный исследовательский университет),
454080, Россия, г. Челябинск, пр. Ленина, 76.
Тел/факс: (351) 267-99-00,
e-mail: admin@susu.ac.ru

SUMMARY

A.D. Toshev, A.S. Salomatov

THE INVESTIGATION OF THE EFFECT OF THE COMPLEX ADDITIVE FOR HEAT TREATMENT OF MERINGUE

Engineered the technology of production of meringue using complex additive based on puffing pearl barley (6 %) and egg shell powder (2 %). Determined the effect of the additive on temperature distribution in the product during the process of baking. The samples were baked at a temperature of 100 °C until solids content of 96 %. Revealed that the additive did not have a significant effect on temperature distribution in the surface layer of the meringue, while differences in the distribution of the temperature are more pronounced in the deeper layers of the samples. Noteworthy that heat conductivity of the proposed additive is higher in comparison with the mass of the foam. The result of addition of the additive to technology of the meringue is the fact that baking time shortened to 12,5 %, contributing to energy conservation and intensification of production.

Meringue, puffing pearl barley, egg shell powder, baking duration.

«South Ural State University» (national research university),
76, Lenin prospect, Chelyabinsk, 454080, Russia.
Phone/fax: +7 (351) 267-99-00,
e-mail: admin@susu.ac.ru

Дата поступления: 04.04.2013

