

Блощинская Е. А.,

старший преподаватель

Национального университета пищевых технологий

Гавриш А. В.,

кандидат технических наук, доцент

Национального университета пищевых технологий

г. Киев, Украина

Тепломассообменные процессы при производстве безглютеновых фонданов53

Целью исследования является изучение влияния теплообменных процессов на качество безглютеновых фонданов. Тепломассообменные характеристики процесса выпекания безглютеновых фонданов определены с помощью хромель-копелевых термопар, покрытых защитным кремний-органическим лаком. Для регистрации изменений температуры использовали шеститочечный потенциометр КСП-4. Точность измерения температуры ± 1 °С. Для измерения температуры различных слоев модельных систем термопары располагали на разной высоте от нижней части заготовки. При построении кривых кинетики прогрева использовали декартову систему координат. В процессе исследования установлено, что завершение теплообменных процессов, необходимых для изготовления безглютеновых фонданов, достигается при температуре выпекания 200–220 °С в пароконвектомате Rational AG d-86899 продолжительностью 7–8 мин. Выявленные характеристики тепломассообменных процессов безглютеновых фонданов дают возможность регулировать параметры и режимы их выпекания в соответствии с потребностью потребителя.

Ключевые слова: фонданы; безглютеновые блюда; горячие сладкие блюда; тепломассообмен; процессы выпекания.

Введение

В заведениях ресторанного хозяйства из ассортимента горячих сладких блюд особым спросом пользуются фонданы. Однако чрезмерное употребление сладких блюд приводит к распространению различных заболеваний, в том числе целиакии, которая связана с непереносимостью глютена, содержащегося в основном структурообразующем сырье фонданов – муке пшеничной. Поэтому разработка технологии безглютеновых фонданов является актуальной задачей и требует неотложного решения.

Особенностью технологии производства фонданов является получение одновременно пористой внешней и текучей внутренней частей блюда. В процессе выпекания тесто фонданов приобретает структурно-механические свойства в результате физико-химических превращений, сопровождающихся теплообменными процессами. Результаты таких изменений обусловлены ходом двух стадий выпекания: первая стадия сопровождается интенсивным перемещением и испарением влаги, а также началом клейстеризации крахмала, а вторая – связыванием остатка влаги оклейстеризованным крахмалом. Готовый фондан характеризуется развитой пористостью внешней части блюда, обусловленной насыщением массы воздухом, которая в процессе выпекания расширяется и фиксируется в результате прохождения ряда коагуляционных изменений. Однако использование безглютеновых структурообразователей в технологии фонданов, вероятно, повлияет на тепломассообменные процессы и структурно-механические свойства блюд.

В последние годы исследованиям теплообменных процессов в пищевых технологиях были посвящены работы таких ученых, как N. Baldino, F. Vanin, В. И. Теличкун, А. М. Дорохович, В. В. Шутюк, которые описали зависимость прогрева образцов от температурных режимов и параметров тепловой обработки. В публикациях отражены также научные достижения в исследовании влияния теплообменных процессов на структурно-механические свойства безглютеновых изделий, в частности, таких как печенье затяжное, кексы и маффины [1–3]. Однако тепломассообменные процессы, протекающие в безглютеновых фонданах, ранее не были исследованы.

Целью статьи является изучение влияния теплообменных процессов на качество безглютеновых фонданов.

Задачами статьи являются: исследование преобразований, происходящих в процессе выпекания безглютеновых фонданов; подборка и обоснование рациональных параметров и режимов тепловой обработки, которые обеспечат получение качественной продукции с максимальным удельным объемом, развитой пористостью внешней плотной части блюда и одновременно текучей жидкой частью блюда внутри фондана.

Тепломассообменные характеристики процесса выпекания безглютеновых фонданов определены с помощью методики, разработанной профессором В. И. Теличкуном, суть которой заключается в использовании хромель-копелевых термодатчиков, покрытых защитным кремнийорганическим лаком. Для регистрации изменений температуры использовали шеститочечный потенциометр КСП-4. Точность измерения температуры составляет ± 1 °С. Для измерения температуры различных слоев модельных систем термодатчики располагали на разной высоте от низа заготовки. При построении кривых кинетики прогрева использовали декартовую систему координат.

Результаты исследований. Механизм выпекания, как гиротермического процесса, обусловлен характером переноса тепла и влаги в тесте, которое выпекается. Прогрев образцов теста для фонданов в условиях конвективного теплообмена сначала вызывает перемещение влаги в тесте по направлению теплового потока, т. е. внутрь фондана, а потом начинается интенсивное испарение влаги во время углубления поверхности зоны испарения.

Первый период выпекания характерен тем, что происходит увеличение объема и скорости влагоотдачи, когда формирование корочки происходит в определенной степени за счет термовлагопроводности, поток влаги направляется внутрь фондана и переносит определенное количество тепла. Наряду с этим протекают физико-химические коллоидные процессы, имеющие эндотермический характер, в результате которых влага в тесте-мякише связывается оклейстеризованным крахмалом.

В течение второго периода одновременно с постепенным пропеканием теста толщина корочки увеличивается. На границе взаимодействия корочки и мякиша образуется поверхность испарения. В процессе выпекания полуфабриката происходит движение влаги в виде пара и жидкости. Процесс выпекания сопровождается тепловой денатурацией белков и частичной клейстеризацией крахмала, обуславливающих закрепление формы и образование пористой плотной части фондана [4].

Движение влаги в коллоидных капиллярно-пористых телах является сложным процессом. Данный процесс, в частности, объясняется капиллярной проводимостью, которая прямо пропорциональна поверхностному натяжению, уменьшающемуся с повышением температуры.

Вследствие этого капиллярный потенциал также уменьшается, и влага в виде жидкости движется от нагретых слоев теста к более холодным.

Как было отмечено выше, информативность и количество исследований особенностей производства горячих сладких блюд в условиях заведений ресторанного хозяйства и мини-производств недостаточны. Разработка новых горячих сладких блюд для заведений ресторанного хозяйства с уменьшенным временем производства занимает высокую позицию среди актуальных задач современности. В ходе экспериментальных исследований нами была предложена рецептура безглютеновых фонданов, которая позволяет сократить процесс производства усовершенствованных горячих сладких блюд на 50 ... 60 мин (за счет отсутствия этапа внесения крема-ганаша, поскольку подобранные параметры тепловой обработки и разработанная рецептура позволяют обеспечить и регулировать состояние жидкой части фондана) [5; 6].

В то же время рецептурный состав обуславливает особое влияние на процесс термообработки модельных систем. При тепловой обработке модельных систем происходит увеличение объема изделий. Увеличение объема полуфабрикатов в процессе выпекания можно объяснить увеличением размеров пузырьков воздуха и других газов, которые попали в модельные системы при взбивании яично-сахарной смеси, вследствие их расширения при нагревании.

Для определения процессов, которые происходят в разных слоях безглютеновых фонданов, в исследованиях перед нами была поставлена задача обеспечить достижение в центральных слоях модельных систем (жидкая часть блюда) в конце выпекания температуры клейстеризации структурообразователя: 49 °С для безглютеновых фонданов на основе муки рисовой (БФМР) и 44,5 °С для безглютеновых фонданов на основе крахмала модифицированного (БФКМ). Фактически завершение процесса клейстеризации позволяет констатировать полную кулинарную готовность, а также возможность реализации и потребления изделий.

Для обеспечения стабильности одновременно жидкой вязко-текучей части горячих сладких блюд и пористой плотной части снаружи, был подобран температурный режим выпекания 200 ... 220 °С в пароконвектомате Rational AG d-86899. Благодаря такому температурному режиму верхняя поверхность (корочка) безглютеновых фонданов в процессе нагревания до 100 °С задерживает прогрев подкорковых слоев относительно прогрева центральных слоев. Это объясняется тем, что теплопроводность верхней корочки практически в 2 раза меньше теплопроводности других слоев.

Нами проведено исследование кинетики прогрева различных слоев БФМР и БФКМ с помощью хромель-копелевых термопар, которые располагали на специальных «поплавках» таким образом, чтобы в процессе выпекания они поднимались в соответствии с подъемом различных слоев тестовой заготовки.

Результаты исследований кинетики прогрева БФМР и БФКМ приведены на рисунках 1 и 2.

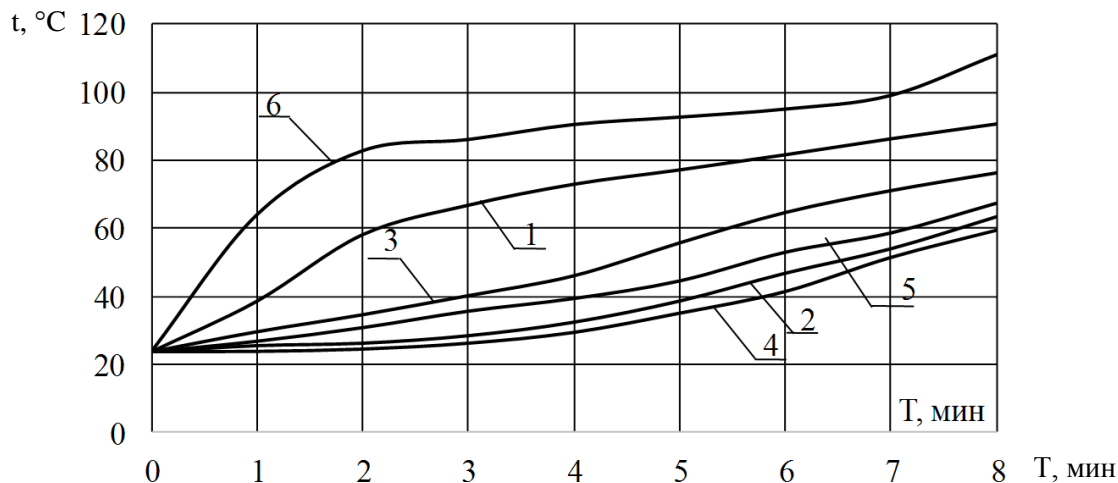


Рисунок 1 – Температурные кривые процессов выпекания БФМР (высота полуфабриката 39 мм):
 1 – нижняя корочка; 2 – 5 мм от нижней корочки; 3 – 13 мм от нижней корочки;
 4 – 19 мм от нижней корочки (средняя часть); 5 – 25 мм от нижней корочки;
 6 – 37 мм от нижней корочки (верхняя корочка)

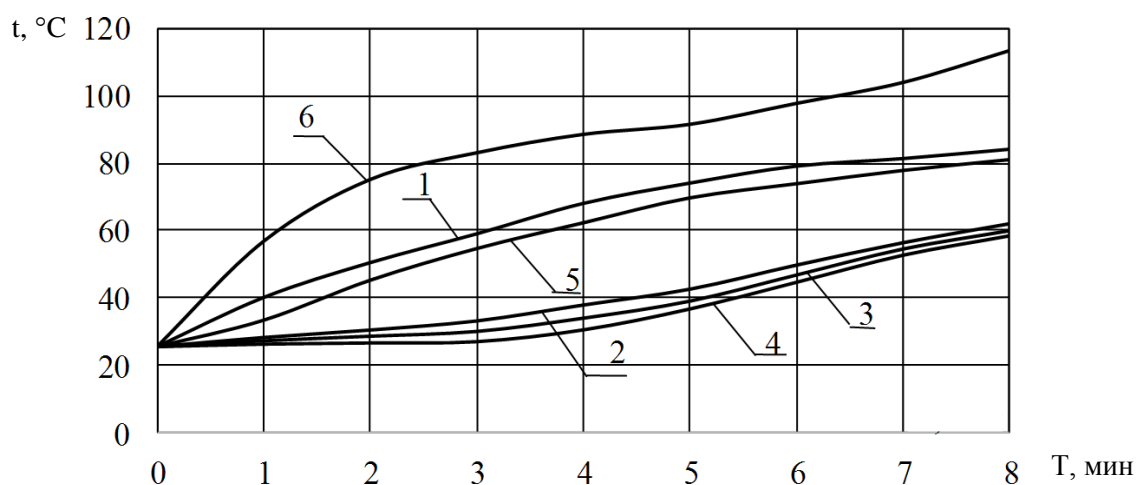


Рисунок 2 – Температурные кривые процессов выпекания БФКМ (высота полуфабриката 39 мм):
 1 – нижняя корочка; 2 – 5 мм от нижней корочки; 3 – 13 мм от нижней корочки;
 4 – 19 мм от нижней корочки (средняя часть); 5 – 25 мм от нижней корочки;
 6 – 37 мм от нижней корочки (верхняя корочка)

Температурные кривые процесса выпекания безглютеновых фонданов в условиях радиационно-конвективного нагрева характерны для коллоидных капиллярно-пористых тел. Температура корочек в конце процесса выпекания составляет около 135 ... 140 °С. Центр полуфабрикатов прогревается до температуры около 57 и 58 °С за 7 ... 8 мин.

С учетом научных и практических рекомендаций предыдущих исследований [4; 7], полученные кривые подтверждают гипотезы кинетики выпекания, которые свидетельствуют о том, что слои под корочкой приобретают плотную пористую структуру в последнюю очередь, но при этом оптимизировано обеспечение жидкого состояния средних слоев. Установлено, что слои

модельных систем, находящихся под корочкой, прогреваются с высшей интенсивностью по сравнению с центральными слоями модельных систем. Готовность полуфабрикатов определяется температурой прогрева верхней корочки 100 ... 105 °С, но для обеспечения плотной пористой внешней части фонданов необходимо выдержать в духовке полуфабрикат дополнительно еще 1 ... 2 минуты [7].

Заключение

В данной статье впервые представлены результаты научных исследований влияния теплообменных процессов на производство безглютеновых фонданов по результатам экспериментальных исследований.

Охарактеризованы преобразования, происходящие при выпекании безглютеновых фонданов; подобраны и обоснованы рациональные параметры и режимы тепловой обработки, обеспечивающие получение безглютеновых фонданов с максимальным удельным объемом, развитой пористостью внешней плотной части блюда и одновременно текучей жидкой частью фондана в середине блюд.

Список использованной литературы

1. **Дорохович, В. В.** Научное обоснование и разработка технологий мучных кондитерских изделий специального диетического потребления : дис. д-ра техн. наук : 05.18.16 / В. В. Дорохович. – Киев : КНТЕУ, 2010. – 307 с.
2. **Лазоренко, Н. П.** Совершенствование технологии маффинов специального назначения : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.01 / Н. П. Лазоренко. – Киев : НУПТ, 2011. – 162 с.
3. **Бабич, О. В.** Разработка технологии «безглютенового» печенья для больных целиакией : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.01 / О. В. Бабич. – Киев : НУПТ, 2006. – 160 с.
4. **Абрамова, А. Г.** Совершенствование технологии бисквитов сниженной гликемичности и калорийности путем использования сахарозаменителей нового поколения : дис. канд. техн. наук : 05.18.01 / А. Г. Абрамова. – Киев : НУПТ, 2015. – 200 с.
5. **Фондан** специального назначения : пат. № 111038, МПК А23 G3/50 (2006.01) / А. В. Гавриш, Т. И. Ищенко, А. В. Немирич, Е. А. Дудкина, С. О. Губенко ; заявитель Нац. ун-т пищ. технологий – № а 2015 01/345 ; заявл. 18.02.15 ; опубл. 10.03.16 // Бюл. о выдаче патентов. – 2016. – № 5.
6. **Фондан** : пат. 115729, МПК А23G 3/00 (2017.01) / А. В. Гавриш, Т. И. Ищенко, А. В. Немирич, Ю. М. Ткачук, Е. А. Дудкина ; заявитель и патентообладатель Нац. ун-т пищевых технологий. – № а201608232 ; заявл. 26.07.16 ; опубл. 11.12.17 // Бюл. о выдаче патентов. – 2017. – № 23.
7. **Бондаренко, Е. Г.** Исследование кинетики процесса выпекания бисквитных полуфабрикатов : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.12 / Е. Г. Бондаренко. – Киев : УГУПТ, 1979. – 200 с.

Получено 04.03.2019