

## ЭЛЕКТРОКОНТАКТНЫЙ ЭНЕРГОПОДВОД ПРИ ВЫПЕКЕ ХЛЕБА

В статье приведена информация об особенностях различных способов энергоподвода, применяемых в хлебопечении. Особое внимание уделено электроконтактному энергоподводу, как способу выпечки, позволяющему в максимальной степени сохранить полезные свойства сырья, имеющего наименьший гликемический индекс и снижающего образование нежелательных веществ и неусвояемых организмом человека соединений.

**Ключевые слова:** хлебопечение, бескорковый хлеб, электроконтактная выпечка, гликемический индекс.

Выпечка является заключительной стадией приготовления хлеба, окончательно формирующей его качество. Выпечка – это процесс прогрева расстойшихся тестовых заготовок, приводящий к их превращению из состояния теста в состояние хлеба.

С точки зрения подвода или генерации тепла, вызывающего прогрев теста-хлеба, все известные способы выпечки можно классифицировать следующим образом [1]:

– способы, при которых тепло к выпекаемому тесту-хлебу подводится извне:

1) радиационно-конвективная (РК) выпечка в обычных хлебопекарных печах;

2) выпечка в печах с генераторами инфракрасного (ИК) (коротковолнового излучения);

3) выпечка в замкнутых камерах в атмосфере пара.

– способы, при которых тепло выделяется в массе прогреваемой тестовой заготовки:

1) выпечка с применением электроконтактного прогрева (ЭК-выпечка);

2) выпечка в электрическом поле токов высокой и сверхвысокой частоты (ВЧ и СВЧ-выпечка).

– способы выпечки с комбинированным прогревом выпекаемого теста-хлеба:

1) выпечка в хлебопекарных печах с одновременным ВЧ и ИК прогревом тестовой заготовки;

2) выпечка с последовательным прогревом – сначала ВЧ и затем ИК-способами;

3) выпечка с одновременным ЭК и ИК прогревом;

4) выпечка с последовательным нагревом – сначала ЭК и затем ИК способами.

Традиционным, наиболее часто применяемым способом энергоподвода является РК-выпечка. Остальные виды энергоподвода приме-

няются редко и поэтому относятся к нетрадиционным способам выпечки.

При традиционной РК-выпечке применяют печи, в которых тепло выпекаемому тесту-хлебу передается, в основном, теплоизлучением и конвекцией (при температуре теплоотдающих поверхностей 300–400°C и среды пекарной камеры 200–250°C).

Момент готовности хлеба определяется переходом тестовой заготовки в состояние хлеба, что сопровождается целым комплексом процессов – физических, микробиологических, коллоидно-химических и биохимических.

Основным, определяющим все остальные процессы и изменения, является прогрев тестовой заготовки. Прогрев тестовых заготовок при традиционной РК-выпечке начинается с поверхности и углубляется в процессе выпечки к центру изделия. При этом все процессы, характерные для выпечки происходят не одновременно во всей массе изделия, а послойно, по мере его прогрева. К концу выпечки температура в центре мякиша приближается к 100°C, причем слои, граничащие с поверхностью имеют более высокую температуру (около 160–180°C).

Объем теста-хлеба в начале выпечки увеличивается, затем по мере образования корки и мякиша, прирост объема замедляется и прекращается.

Изменение температуры тестовой заготовки резко влияет на ход коллоидных процессов. До 30°C клейковина набухает, примерно при 60–70°C белковые вещества теста денатурируют и освобождают воду, поглощенную при набухании. Крахмал по мере повышения температуры набухает интенсивнее, особенно при 40–60°C, при этом поглощает как свободную влагу теста, так и влагу, выделенную белками, делая мякиш сухим на ощупь. Вместе с тем, вви-

ду ограниченного количества воды в тесте, крахмал в хлебе остается в полуклейстеризованном состоянии. Процесс клейстеризации крахмала и коагуляции белков обуславливает переход тестовой заготовки в состояние мякиша, изменяя структурно-механические свойства теста-хлеба и фиксируя пористую структуру теста, которое оно имело к этому моменту.

Жизнедеятельность бродильной микрофлоры изменяется по мере прогревания теста-хлеба в процессе выпечки. По мере прогревания теста их жизнедеятельность сначала возрастает, затем замедляется и позже совсем прекращается. Вследствии незначительного количества свободной влаги в мякише и кратковременным повышением температуры выше 90°C часть бродильной микрофлоры в центральной части мякиша может находиться в жизнеспособном состоянии. Более высокая температура внешних слоев хлеба приводит к полной остановке жизнедеятельности бродильной микрофлоры.

При выпечке в тестовой заготовке происходит ряд биохимических процессов и изменений. При выпечке теста-хлеба, содержащийся в нем крахмал частично гидролизует. Пока амилазы теста вследствие повышения температуры еще не инактивированы, они способствуют гидролизу крахмала. В ржаном тесте в значительной мере происходит кислотный гидролиз крахмала. Белково-протеиназный комплекс претерпевает ряд изменений, связанных с его прогревом: возрастает атакуемость белковых веществ; пока протеолитические ферменты активны происходит протеолиз; растворимость белковых веществ до температуры 70°C возрастает, после 70°C – ввиду термической денатурации белка – резко снижается.

Следует отметить некоторые особенности процессов и изменений, происходящих в корке и существенно влияющих на качество хлеба. Это связано с более быстрым прогревом и более высокой температурой поверхностных слоев выпекаемого теста-хлеба.

В корке содержится значительно больше водорастворимых веществ и декстринов, чем в мякише, что в значительной мере объясняется декстринизацией крахмала.

Под воздействием высоких температур в корке (как в наиболее горячем слое) протекает реакция меланоидинообразования, определяющая интенсивность окраски хлеба. Придавая хлебу

привлекательный вид данная реакция неблагоприятно сказывается на его пищевой ценности.

Пономаревой А.Н. [2] изучалось изменение содержания свободных аминокислот при выпечке хлеба. Было установлено, что содержание свободных аминокислот в мякише хлеба или снижалось незначительно, или даже несколько возрастало по сравнению с их содержанием в тесте. Содержание же всех определявшихся свободных аминокислот в корке хлеба резко снижалось (примерно в 2 раза, по сравнению с тестом перед выпечкой). Было установлено, что в корке хлеба содержание свободных аминокислот снижалось вследствие «расходования» их на процесс меланоидинообразования.

Ауэрман Л.Я. [1] приводит данные Баума Ф. о «потере» лизина белков теста-хлеба в процессе выпечки. Содержание этой незаменимой и дефицитной в белках хлеба аминокислоты в целом хлебе в результате выпечки снижается на 28–33%, а в корке на 72–75% от ее содержания в тесте перед выпечкой. С этим, вероятно, связано и снижение биологической ценности белка хлеба в процессе его выпечки, также отмеченное в работах Кретовича В.Л., Нечаева А.П., Скурихина И.М. и др. [2–4].

Снижение биологической ценности хлеба в процессе выпечки происходит также и за счет термического разрушения витаминов [1, 4, 5]. Наименее стабилен при выпечке витамин С (аскорбиновая кислота), витаминная активность в выпеченном хлебе которого сохраняется лишь 15% от количества его, внесенного в тесто. Относительно нестабильны при выпечке витамины В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub> и Е. В корке содержание этих витаминов существенно снижается. В мякише это происходит в меньшей степени и лишь при длительной выпечке. Наиболее стабилен в процессе выпечки витамин РР.

Шевелевой Г.И. было изучено влияние способа выпечки на сохранность витаминов в процессе выпечки [5]. Образцы хлеба выпекались следующими способами: ЭК, РК, ИК, СВЧ-прогревом и комбинированным (ИК и СВЧ прогревом). Установлено, что витамины наилучшим образом сохранялись при ЭК и СВЧ прогреве.

Анализируя влияние традиционного способа выпечки на пищевую ценность хлеба, Скурихин И.М. [4] отмечает, что в процессе выпечки связывается до 25% белков, витаминов, аминокислот, снижается активность ферментов и мно-

гих биологически активных соединений. Кроме того, высокая температура корки хлеба способствует накоплению в ней продуктов полимеризации жиров, полициклических ароматических углеводов, различных окисных веществ. Особое внимание Скурихин И.М. обращает на образование наиболее нежелательного представителя полициклических углеводов – бенз- $\alpha$ -пирена. Бенз- $\alpha$ -пирен является сильным канцерогеном и относится к веществам, способствующим развитию онкологических заболеваний. В корке он может накапливаться до 0,5 мкг/кг.

Потребление неусвояемых организмом соединений, накапливающихся в поджаренной корке, может вызвать механическое раздражение стенок желудка. Поэтому не рекомендуется злоупотреблять поджаренными продуктами, а людям с заболеваниями желудочно-кишечного тракта следует избегать их. Определенный интерес, в связи с этим, приобретают способы выпечки, при которых не образуется традиционной корки, такие как ЭК, ВЧ и СВЧ.

Нетрадиционные способы выпечки позволяют изменить характер теплового воздействия на выпекаемую тестовую заготовку.

При выпечке в печах с генераторами ИК излучения тестовая заготовка подвергается воздействию относительно коротких волн электромагнитных колебаний (максимум длины волны излучения 1,0–3,0 мкм). Для этого вида излучения характерна способность проникновения в поверхностный слой прогреваемой тестовой заготовки тем большая, чем меньше максимум длины волны ИК-излучателя. Поэтому тепло ИК-излучения воспринимается не только поверхностью тестовой заготовки, но и слоем толщиной несколько миллиметров. Это обуславливает значительно более быстрый прогрев теста-хлеба при ИК-выпечке и в связи с этим резкое сокращение длительности процесса выпечки. Как отмечают Ильясов С.Г., Шомурадов Т.Ш. [6], с этой точки зрения, ИК-выпечка особенно эффективна для мелкоштучных и тонкослойных изделий.

Другие нетрадиционные способы выпечки позволяют получить хлеб, не имеющий на поверхности традиционной корки.

Одним из способов получения бескоркового хлеба является выпечка его в атмосфере пара, рассмотренная в работах Ауэрмана Л.Я., Rubenthaler G.L., Huang S.D. и др. [1, 7]. Для

выпечки такого хлеба применяются специальные камеры с герметично закрывающимися дверцами. В эти камеры закатывают вагонетку с формами, заполненными расстоявшимися тестовыми заготовками, и после закрытия дверей выпускают в камеру насыщенный пар под небольшим избыточным давлением. Таким образом, температура паро-воздушной среды в такой «пекарной» камере около 100°C. Следствием этого является значительно более медленный прогрев теста-хлеба, соответственно удлиненное время «выпечки» (в зависимости от массы хлеба, его вида и назначения может достигать 12–20 часов и более) и получение хлеба, практически не имеющего корки. Поверхность такого хлеба покрыта пленкой, не отличающейся по окраске от мякиша хлеба.

В работах Селягина В.Г., Данилова А.М. и др. [8, 9] рассмотрен более быстрый способ получения из теста бескоркового хлеба путем его выпечки с использованием токов ВЧ. Тесто, помещенное в электрическое поле токов ВЧ (10–30 МГц) быстро нагревается. Тепло при этом способе энергоподвода выделяется во всем объеме тестовой заготовки, превращая ее в бескорковый хлеб, состоящий из одного мякиша. Прогрев теста-хлеба при ВЧ-выпечке происходит на 25–40% быстрее, чем при обычной РК. Объем хлеба вследствие отсутствия на нем корки увеличивается в течение всего периода выпечки и поэтому на 10–15% больше обычного.

В последние годы для особо быстрого прогрева пищевых продуктов начал применяться и СВЧ-прогрев в поле электромагнитных колебаний частотой 2300–2500 МГц и длиной волны 12–13 см. За рубежом установки такого типа применяются и для быстрого (в течение 30 секунд) размораживания глубокомороженного хлеба.

Джабраилов А.Д., Долидзе Г.В. и др. [10] отмечают, что самым быстрым способом получения бескоркового хлеба является ЭК-выпечка. При этом способе расстоявшаяся тестовая заготовка помещается между двумя электродами, включенными в сеть переменного тока промышленной частоты. При действии электрического тока в тестовой заготовке выделяется тепло и формируется мякиш без образования традиционной корки. Прогрев теста происходит быстро и практически равномерно во всей массе хлеба. Процесс ЭК-выпечки завершается достижением тестом-мякишем температуры око-

ло 98°C и протекает во много раз быстрее, чем при традиционной выпечке.

Таким образом, ЭК-прогрев представляет интерес как наиболее интенсивный способ выпечки. Отсутствие корки при данном способе выпечки снижает возможность образования нежелательных веществ и неусвояемых организмом соединений. ЭК-выпечка хлеба позволяет в большей мере сохранить находящиеся в тесте витамины. Кроме того ЭК-выпечка, является самым предпочтительным способом выпечки при разработке технологий диабетических сортов хлеба, для снижения скорости расщепления углеводов хлеба [11]. Все это обуславливает целесообразность более детального изучения особенностей ЭК-способа выпечки хлеба.

Как отмечает Ауэрман Л.Я. [1], ЭК-способ выпечки был разработан во ВНИИХП Шумаевым Ф.Г. в 1936 г. Детально процесс ЭК-выпечки хлеба исследовал Островский Я.Г. в 1953–1954 гг. [12].

При проведении экспериментов Шумаевым Ф.Г. были выявлены следующие положения:

1. Тесто относится к полидисперсным системам, обладающим ионной проводимостью, обусловленной диссоциацией в водном растворе солей и кислот, находящихся в тесте, на ионы.

2. Средняя длительность выпечки зависит от электропроводности теста-хлеба, подводимого напряжения и при напряжении 220 В составляет 2,25 мин, а при напряжении 120 В – 5,95 мин (масса хлеба 1 кг).

3. Величина дозировок соли (от 0 до 1,5%) оказывает существенное влияние на электропроводность теста.

4. Увеличение кислотности существенного влияния на электропроводность теста не оказывает, что объясняется незначительной диссоциацией молекул органических кислот в слабых водных растворах.

Шумаевым Ф.Г. и Островским Я.Г. был определен удельный расход энергии на ЭК-выпечку хлеба в зависимости от подаваемого напряжения.

В ходе экспериментов Шумаевым Ф.Г. были построены зависимости изменения силы тока и температуры теста-хлеба от продолжительности ЭК-выпечки. Было установлено, что сила тока, а, следовательно, и электропроводность теста, изменяется по сложной закономерности: сначала (до температуры теста-хлеба

60°C) она увеличивается, затем снижается и стабилизируется. После достижения температуры теста-хлеба порядка 70°C сила тока вновь возрастает, а при 92–95°C начинает уменьшаться.

Исследованием особенностей изменения электропроводности теста и его компонентов (3%-го раствора соли и отмытых в этом растворе клейковины и крахмала) в процессе ЭК-нагрева занимались Baker J.C. и Mize M.D. [13, 14].

Электропроводность хлеба при ЭК-выпечке изучали Гинзбург А.С. [15], Островский Я.Г. [12], Кульман А.Г. [16]. При этом было выявлено, что природа и изменение электропроводности теста-хлеба при ЭК-выпечке зависит не только от степени диссоциации солей и кислот при повышении температуры, но также и от изменения структурных и физических свойств теста-хлеба, от состояния коллоидных веществ в процессе взаимодействия их с водой.

В работе Кульмана А.Г. [16] приведены результаты исследования коллоидной характеристики теста-хлеба в процессе ЭК-выпечки для пшеничных и ржаных образцов, а также сравнительный анализ состояния коллоидной системы хлеба при ЭК и РК-способах выпечки. В заключении Кульман А.Г. делает вывод, что ЭК-выпечка заслуживает внимания как чрезвычайно быстрый способ приготовления хлеба, а к недостаткам ЭК-выпечки относит несколько более грубый мякиш у пшеничного хлеба (у ржаного разницы практически не наблюдается) и отсутствие твердых корок.

Наиболее подробно процесс ЭК-выпечки был исследован Островским Я.Г. [12]. В результате установлены следующие характерные особенности ЭК-выпечки хлеба.

1. Хлеб, получаемый ЭК-способом выпечки, отличается от хлеба, выпеченного в обычной хлебопекарной печи, отсутствием корки, большим объемом (на 15–20%), более развитой и равномерно распределенной по всему срезу пористостью, меньшей влажностью после суточной выдержки, более равномерной усадкой по толщине и деформацией ломтя при его сушке.

2. При ЭК-выпечке прогрев происходит во всей массе образца и величина температурного градиента незначительна. Миграция влаги в виде пара, перемещающегося от низлежащих слоев заготовки к ее поверхности, а затем в атмосферу, протекает, в основном, на заключительном этапе, начиная с температуры около 90°C.

Увеличение объема образца происходит в течение всего времени прогрева; при этом до температуры 90°C оно вызывается усиливающимся вначале действием зимазного комплекса дрожжей, а затем теплового расширения и испарения углекислоты, находящейся в порах и растворенной в тесте. Начиная с температуры около 80°C, подъем образца происходит за счет увеличения давления паров спирта, а затем и влаги.

3. Оптимальное качество хлеба из теста, подвергнувшегося предварительной расстойке, достигается при проведении процесса выпечки в течение 8–12 минут при напряжении  $U=120$  В.

4. Значительная величина переходного сопротивления электрод-тесто является основной причиной, из-за которой в случае выпечки недостаточно расстойки тестовой заготовки, процесс ЭК-нагрева прекращается преждевременно, не обеспечивая полной пропеченности всего образца.

Анализ зависимостей изменения силы тока в процессе ЭК-выпечки всех перечисленных исследователей, показывает некоторые отличия не только в характере изменений, но и абсолютных значениях силы тока. Это связано с тем, что эксперименты проводились при различных условиях. При этом, возможны отличия как в свойствах выпекаемой массы, так и в характеристиках установки, применяемой для ее выпечки. Этим же объясняются различия в рекомендациях целесообразной продолжительности выпечки и величины подводимого напряжения. Большинство исследователей использовали тесто, приготовленное по традиционным технологиям, разработанным для выпечки хлеба РК-способом. Однако характер теплового воздействия ЭК-прогрева на тестовую заготовку определяет целесообразность установления оптимальных свойств теста для получения хлеба наилучшего качества. Определенный интерес представляет установление значимости отдельных факторов на процесс ЭК-выпечки и качество готовых изделий, а также изменение химического состава теста-хлеба. Целесообразным также является определение оптимальных технических и технологических характеристик ЭК-выпечки, установление их взаимосвязи и взаимовлияния.

Решение этих вопросов может быть положено в основу концептуальной модели процесса ЭК-выпечки хлеба, позволяющей управлять

данным процессом с целью получения продукта с заданными показателями качества.

Работы Шумаева Ф.Г. кроме исследовательской части содержат инженерное решение вопроса применения ЭК-выпечки в хлебопечении. Предложена конструкция универсальной термической хлебопекарной печи, в которой процесс ЭК-выпечки завершается обжаркой поверхности хлеба, производимой при температуре 350°C, обеспечивающей образование обычной корки. При обжарке хлеба наилучшие результаты достигаются при смачивании поверхности хлеба водой или жидким клейстером. Проводя расчеты по расходу электроэнергии, Островский Я.Г. [12] показал нерациональность такого варианта комбинирования способов выпечки для производства хлеба. Более рентабельной была признана комбинация ЭК и ИК прогрева [15]. Однако оба варианта комбинированной выпечки существенно снижают достоинство ЭК-выпечки как наименее энергоемкой.

Значительное внимание исследователей было привлечено к исследованию возможности использования ЭК-энергоподвода в технологических операциях, требующих ускоренного прогрева и соблюдения точных температурных режимов.

Островским Я.Г. [12] были проведены исследования в области применения ЭК-прогрева в следующих технологических процессах тестоведения: брожение теста; расстойка разделанных тестовых заготовок; производство заварки; гидротермическая обработка муки; выпечка хлеба из муки, смолотой из проросшего зерна.

В результате проведенных исследований установлено, что применение ЭК-нагрева при брожении позволяет достаточно точно регулировать температурный режим, ускоряет процесс, улучшает качество хлеба. Одновременно установлено, что расход электроэнергии на ЭК-прогрев теста в процессе его брожения незначителен и определяется примерно 5,0 кВт на 1 тонну теста. Примерно такие же результаты получены при использовании ЭК-нагрева с целью форсирования расстойки сформированных кусков теста. При этом было показано, что применение ЭК-нагрева сокращает время расстойки на 40–45%, не вызывая ухудшения мякиши хлеба, в сравнении с хлебом, подвергнувшимся расстойке в обычных условиях. Автор отмечает целесообразность использования ЭК-

форсирования расстойки лишь при положительном решении проблемы ЭК-выпечки хлеба. Это позволит избежать сложностей с конструкторским оформлением форм для ЭК-форсирования расстойки теста.

Особый практический интерес представляет применение ЭК-нагрева для приготовления заварки, а также для гидротермической обработки муки.

Проведенные исследования [12] доказали, что использование для производства заварки ЭК-нагрева, при котором исключается потребность в горячей воде или паре, происходит равномерный прогрев водно-мучной болтушки до заданной температуры при значительно меньшем количестве воды, изменяется способ охлаждения, приводит к значительному сокращению времени приготовления заварки. Хлеб, приготовленный на такой заварке, имел больший объем и лучшую структуру пористости, чем хлеб на обычной заварке. Островский Я.Г. в своей работе определил также основные параметры, необходимые при проектировании производственной установки для ЭК-приготовления заварки.

Учитывая, что ЭК-прогрев позволяет проводить плавный, точный и достаточно быстрый нагрев объекта до заданной температуры, была доказана возможность его применения для гидротермической обработки муки, поврежденной клопом-черепашкой [12]. Использование ЭК-нагрева позволило улучшить качество хлеба из дефектной муки.

Не меньшее значение для хлебопечения имеет разработка методов выпечки хлеба на муке из проросшего зерна. Для устранения или снижения отрицательных явлений, наблюдаемых при выпечке хлеба из солоделой муки, стремятся сократить продолжительность выпечки, уменьшая массу хлеба. Применение ЭК-энергоподвода позволяет значительно уменьшить время выпечки и получить из солоделой муки (до 50%) доброкачественный хлеб [12].

В работах Гинзбурга А.С., Данилеско С.В. и др. [15, 17] отмечена еще одна область применения бескоркового хлеба – как полуфабриката сухарного производства.

Островский Я.Г. и Гинзбург А.С. [12, 15] отмечают следующие преимущества применения ЭК-выпечки для приготовления сухарного хлеба:

1. Сухари из бескоркового хлеба отличаются от сухарей из обычного сухарного хлеба боль-

шим удельным объемом (на 10–15%), более равномерной усадкой по толщине ломтя (обусловленная отсутствием корки и уплотненного слоя мякиша вблизи нижней и боковой корок, характерного для обычного хлеба) и меньшей его деформацией в процессе сушки.

2. Возможность применения более жесткого режима сушки (130°C в течение всего процесса), а также более равномерная пористость мякиша и меньшая влажность хлеба (после суточного хранения) обеспечивают сокращение продолжительности сушки сухарей из бескоркового хлеба на 16–30%.

3. Отсутствие на хлебе корки снижает отходы, имеющие место при резке на ломти обычного сухарного хлеба.

4. Набухаемость сухарей из бескоркового хлеба более равномерная, чем набухаемость сухарей из обычного сухарного хлеба. Это является следствием более развитой пористости и отсутствия корки и уплотненного слоя мякиша.

Для выпечки сухарного хлеба. Островский Я.Г. предлагает использовать контактно-термическую хлебопекарную печь, разработанную Шумаевым Ф.Г., внося в ее конструкцию ряд изменений. С целью внедрения ЭК-нагрева для выпечки сухарного хлеба в объединении «Молдхлебпром» разработаны различные конструкции печей [18].

Джабраилов А.Д. и Леонтьева И.Д. провели исследования по выпечке хлеба для производства сдобных сухарей ЭК и комбинированным ЭК-СВЧ методами [19]. В своих работах авторы рекомендуют применять комбинированную ЭК-СВЧ выпечку для снижения остаточной влажности сухарей и снижения затрат на их подсушку.

Нами были проведены комплексные исследования ЭК-выпечки хлеба, позволившие получить следующие результаты:

1. Установлены оптимальные значения рецептурных и технологических параметров, позволяющих получить бескорковый хлеб ЭК-выпечки хорошего качества, в частности:

– массовая доля влаги в тесте – 50–56%;

– содержание соли – 0,65%;

– сушеных дрожжей – 2%;

– продолжительность созревания теста 185–200 мин (безопасный способ тестоприготовления);

– степень разрежения пекарной камеры 32–40 кПа;

– длительность выпечки – 3–5 мин.

Предложен комплексный показатель качества хлеба ЭК-выпечки, объединяющий отдельные показатели качества с учетом коэффициентов их значимости.

2. Разработаны структурная, функциональная и параметрическая схемы процесса ЭК-выпечки бескоркового хлеба, позволяющие управлять процессом ЭК-выпечки с целью получения оптимальных показателей качества

3. Установлены особенности бескоркового хлеба из различных сортов пшеничной, ржаной муки и их смесей, а также его отличия от РК-хлеба:

– применение ЭК-энергоподвода приводит к увеличению пористости, объемного, весового выхода и снижению кислотности по сравнению с РК-вариантом. Мякиш ЭК-хлеба характеризуется более высокими органолептическими показателями качества;

– содержание белков и крахмала в бескорковом хлебе несколько выше, а содержание декстринов и сахаров ниже, чем в хлебе, выпеченном РК-способом. У ЭК-хлеба из муки обойной и второго сорта эти отличия менее выражены, чем в хлебе из муки высшего и первого сортов;

– особенности химического состава и большая влажность теста из низших сортов муки приводит к ускорению процесса ЭК-выпечки и увеличению силы тока по сравнению с образцами из высших сортов муки.

4. Медико-биологическая экспертиза ЭК-хлеба свидетельствует о его токсикологической безвредности и диетическом характере.

5. Для упаковки ЭК-хлеба наиболее приемлемым является использование полиэтилено-

вой пленки (ПЭВД) при длительности хранения не более 24 час.

По результатам исследований оформлены и утверждены технологическая инструкция и технические условия на бескорковый ЭК-хлеб из различных сортов пшеничной и ржаной муки и их смесей. В органах Госсанэпиднадзора г. Оренбурга проведена экспертиза бескоркового ЭК-хлеба на соответствие заявленным к нему требованиям и получено гигиеническое заключение.

Разработан образец промышленно-бытовой установки для ЭК-выпечки хлеба, который может быть использован в хлебопекарнях малой мощности, в системе общественного питания, а также в бытовых условиях. Экспертиза установки в органах сертификации г. Оренбурга (ЦСМиС) установила ее соответствие требованиям НТД, что подтверждено гигиеническим заключением.

На способ и устройство для ЭК-выпечки хлеба получены патенты РФ.

Таким образом, на сегодняшний день известны различные способы энергоподвода, применяемые в хлебопечении. Особый интерес вызывают интенсивные технологии производства хлеба, позволяющие минимизировать потерю полезных свойств используемого сырья. Использование ЭК-энергоподвода позволяет не только ускорить стадию выпечки, замедлить скорость расщепления углеводов хлеба организмом человека, снизить образование нежелательных веществ, неусвояемых соединений, но и повысить пищевую ценность продукта, за счет сохранения витаминов, аминокислот и других биологически полезных веществ сырья.

13.11.2011

**Список литературы:**

1. Ауэрман Л.Я. Технология хлебопекарного производства. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984. – 415 с.
2. Пономарева А.Н. Участие свободных аминокислот в реакции меланоидинообразования при изготовлении хлеба: Дис. ... канд. биол. наук. – М., 1964. – 272 с.
3. Кретович В.Л., Токарева Р.Р. Проблемы пищевой полноценности хлеба. – М.: Наука, 1978. – 250 с.
4. Скурихин И.М., Нечаев А.П. Все о пище с точки зрения химика. – М.: Высшая школа, 1991. – 288 с.
5. Шевелева Г.И. Разработка способов повышения витаминной ценности хлебобулочных изделий. Дисс. ... канд. тех. наук. – М. -1992 – 178 с.
6. Ильясов С.Г., Шокурадов Т.Ш., Киракосян Ю.Р., Панин А.С. Выпечка узбекских лепешек в поле ИК-нагрева //Изв. вузов. Пищ. технология.- 1988. -№6. -С. 50-52.
7. Rubenthaler G.L., Huang M.L. Steamed bread. I. Chinese steamed bread formulation and interaction //Cereal Chem. –1990. – в. 67. -№5. -Р. 471-475.
8. Селягин В.Г., Энкина Л.С., Фихтенгольц Н.Н. Влияние СВЧ-нагрева на качество пшеничного хлеба //Изв. вузов. Пищ. технология. –1986. -№5. -С. 47-49.
9. Данилов А.М., Хачатурян Э.Е., Джангиров А.П. Влияние СВЧ-нагрева на качество хлебобулочных изделий // Тез. докл. 6 Всес. науч.-техн. конф. «Электрофиз. методы обработки пищ. продуктов и с.-х. сырья». -М., 1989. -С. 137-138.

10. Джабраилов А.Д., Долидзе Г.В. Особенности тепловой обработки теста ЭК способом // Тез. докл. Всес. науч.-техн. конф. «Совершенствование технол. процессов производства нов. видов пищ. продуктов и добавок. Использование втор. сырья пищ. ресурсов». Ч.2 /Центр. правл. всес. НТО пищ. пром-сти. – Киев, 1991. – С. 44-45.
11. Матвеева И.В., Утарова А.Г., Пучкова Л.И. и др. Новое направление в создании технологии диабетических сортов хлеба. Обзор. инф. Серия: Хлебопекарная и макаронная промышленность. – М.: ЦНИИТЭИ Хлебопродуктов, 1991. – 44 с.
12. Островский Я.Г. Исследование процессов приготовления заварки и выпечки бескоркового хлеба электроконтактным нагревом. Дисс. ... канд. тех. наук. – М., 1954. – 182 с.
13. Baker J.C. and Mize M.D. Effect of temperature on dough properties I. // Cereal Chemistry. - 1939. -v.26. -№4. – P. 76-81.
14. Baker J.C. and Mize M.D. Effect of temperature on dough properties II. // Cereal Chemistry. -1939. - v. 26 - №5. – P. 52-55.
15. Гинзбург А.С. Современные конструкции хлебопекарных печей. – М.: Пищепромиздат, 1958. - с. 40-45.
16. Кульман А.Г. Коллоиды в хлебопечении. – М.: Пищепромиздат, 1953. -247 с.
17. Данилеско С.В. Производство сухарей с применением ЭК выпечки // Хлебопекарная и кондитерская промышленность, 1985. -№12. –С. 13-14.
18. Данилеско С.В. Установка с электроконтактным энергоподводом для хлебопекарного производства // Хлебопекарная и кондитерская промышленность, 1986. -№1. -С. 17-19.
19. Джабраилов А.Д., Леонтьева И.М. Комбинированная выпечка (ЭК-СВЧ) сдобных сухарей // Тез. докл. 6 Всес. научн.-техн. конф. «Электрофизические методы обработки пищевых продуктов и с.- х. сырья». – М., 1989. - С. 232-233.

Сведения об авторе:

**Сидоренко Галина Анатольевна**, доцент кафедры технологии пищевых производств

Оренбургского государственного университета, кандидат технических наук  
460018, г. Оренбург, проспект Победы 13, ауд. 3106, тел. (3532)372467

**Попов Валерий Павлович**, заведующий кафедрой пищевой биотехнологии

Оренбургского государственного университета, кандидат технических наук  
460018, г. Оренбург, проспект Победы 13, ауд. 3104<sup>А</sup>, тел. (3532)372465, e-mail: ppbt@mail.osu.ru

**Зинюхин Георгий Борисович**, доцент кафедры пищевой биотехнологии

Оренбургского государственного университета, кандидат технических наук  
460018, г. Оренбург, проспект Победы 13, ауд. 2335, тел. (3532)372778, e-mail: vestnik@mail.osu.ru

**Ялалетдинова Дина Ильдаровна**, старший преподаватель кафедры метрологии,

стандартизации и сертификации, кандидат технических наук

460018, г. Оренбург, проспект Победы 13, ауд. 2333, тел. (3532)372459, e-mail: dinaild@mail.ru

**Зинюхина Анна Георгиевна**, студентка кафедры пищевой биотехнологии

Оренбургского государственного университета

460018, г. Оренбург, проспект Победы 13, ауд. 3215, тел. (3532)372778, e-mail: ppbt@mail.osu.ru

**UDC 664.665.19.001.5(043.3)**

**Sidorenko G.A., Popov V.P., Zinyukhin G.B., Yalaletdinova D.I., Zinyukhina A.G.**

Orenburg state university, e-mail: dinaild@mail.ru, ppbt@mail.osu.ru

**ELECTROCONTACT ENERGY DRIVE FOR BAKING BREAD**

This article contains information about the features of different ways of energy drive, used in baking. Particular attention is paid to electrocontact energy drive, as a method of baking, which allows to t maximally preserve the useful properties of raw materials, which has the lowest glycemic index and reducing the formation of undesirable substances indigestible by the human body joints.

Key words: baking, bread, crust-free bread, electrocontact bakery, the glycemic index.