

РАЗРАБОТКА ЭНЕРГО- И РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩЕЙ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА БИСКВИТА

Бикташев Д.Х., Попов В.П., Сидоренко Г.А.
Оренбургский государственный университет, г. Оренбург

Бисквитный полуфабрикат, обладающий пышной, мелкопористой, эластичной структурой, получают путем сбивания меланжа и сахарного песка (при этом объем массы увеличивается в 2,5-3 раза) и последующего быстрого смешивания с мукой. Кратковременный замес способствует тому, что клейковина не успевает развить свои упругие свойства и тесто получается мягкой консистенции. Относительная плотность теста должна быть 0,45-0,5, влажность 36-38 %. Приготовленное тесто сразу должно быть отформовано (разлито в капсулы), после чего его выпекают.

Традиционно бисквитный полуфабрикат выпекают радиационно-конвективным (РК) способом при температуре около 200 °С. После выпечки бисквитный полуфабрикат охлаждают (20-30 мин), вынимают из форм и подвергают выстойке в цехе. Встойка необходима для того, чтобы исключить сминание заготовок при резке и размокание с потерей формы при пропитывании сиропом. Влажность готового бисквитного полуфабриката 22-27% [1].

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

В настоящее время кроме традиционной РК выпечки известны другие способы прогрева, отличающиеся характером теплового воздействия на тестовую заготовку и получаемыми при этом продуктами [2].

С точки зрения подвода или генерации тепла, вызывающего прогрев тестовых заготовок, все известные способы выпечки можно классифицировать следующим образом:

- Способы, при которых тепло к выпекаемой тестовой заготовке 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, осуществляемая одним из двух возможных способов: а) выпечка в атмосфере насыщенного пара; б) начало выпечки - в атмосфере насыщенного пара, завершение выпечки - в атмосфере нагретого пара.

- Способы, при которых тепло выделяется в массе прогреваемой тестовой заготовки:

Выпечка с применением электроконтактного прогрева (ЭК-выпечка), выпечка в электрическом поле токов высокой частоты (ВЧ-выпечка).

- Способы выпечки с комбинированным прогревом выпекаемой тестовой заготовки:

- 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 энерго-подвода является РК-выпечка. Остальные виды энергоподвода применяются редко и поэтому относятся к нетрадиционным способам выпечки.

Практически вся масса мучных кондитерских изделий, производимой кондитерской промышленностью, выпекается РК-способом. Для этого обычно применяют печи, в которых тепло выпекаемой тестовой заготовке передается, в основном, термоизлучением и конвекцией (при температуре теплоотдающих поверхностей 300-400 °С и среды пекарной камеры 200-250 °С).

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

Основным, определяющим все остальные процессы и изменения, является прогрев тестовой заготовки.

Тестовая заготовка, имеющая после расстойки температуру около 30°С, попадая в увлажненную и нагретую паровоздушную среду пекарной камеры, начинает быстро прогреваться. В начальной стадии выпечки на поверхности тестовой заготовки из окружающей среды конденсируются пары воды, ускоряя прогрев теста. Спустя некоторое время конденсация влаги прекращается и начинается ее испарение сначала с поверхности, затем из тонкого слоя теста и далее из зоны испарения (слоя теста, расположенного непосредственно под коркой). В процессе выпечки, зона испарения медленно углубляется к центру изделия, толщина корки постепенно увеличивается. Влага из зоны испарения в виде пара частично удаляется через пористую корку в пекарную камеру, а другая часть, также в виде пара, устремляется к центру тестовой заготовки, образуя в нем зону внутренней конденсации. Внутреннее перемещение влаги в выпекаемом мучном изделии обусловлено разностью концентраций влаги и разностью температур в отдельных участках тестовой заготовки.

К концу выпечки температура в центре мякиша приближается к 100°С, причем слои, граничащие с поверхностью имеют более высокую температуру.

В процессе выпечки происходит изменение объема теста-заготовки. Тестовая заготовка, помещенная в печь, сразу же начинает быстро увеличиваться в объеме. Постепенно прирост объема замедляется и, вскоре, совсем прекращается. Достигнутые к этому моменту объем и форма мучного изделия сохраняется неизменным до конца процесса выпечки.

Изменение объема теста-заготовки в процессе выпечки вызывается и обуславливается протекающими в выпекаемом куске теста в результате его

прогрева физическими и коллоидными процессами. Замедление и прекращение прироста объема выпекаемого куска теста-заготовки вызывается образованием корки на поверхности выпекаемого мучного кондитерского изделия, а под коркой – утолщающегося слоя мякиша.

Увеличение объема тестовой заготовки обусловлено разрушением химических разрыхлителей (сода), которые под действием высокой температуры разлагаются до газообразных продуктов (углекислый газ).

Изменение температуры теста резко влияет на ход коллоидных процессов. До 30⁰С клейковина набухает. Дальнейшее повышение температуры ведет к снижению ее способности набухать. Примерно при 60-70⁰С белковые вещества теста денатурируют и свертываются, освобождая воду, поглощенную при набухании.

Крахмал по мере повышения температуры набухает интенсивнее, особенно при 40-60⁰С (начало клейстеризации). Вместе с тем, ввиду ограниченного количества воды в тесте, крахмал в мучной иделии остается в полуклейстеризованном состоянии, частично сохраняя кристаллическую структуру.

Процесс клейстеризации крахмала и коагуляции белков обуславливает переход тестовой заготовки в состояние мякиша, резко изменяя структурно-механические свойства теста-заготовки и фиксируя пористую структуру теста, которое оно имело к этому моменту.

При выпечке в тестовой заготовке происходит ряд биохимических процессов и изменений.

При выпечке теста-заготовки, содержащийся в нем крахмал, прошедший первые стадии клейстеризации, частично гидролизуется. В результате этого содержание крахмала в тесте-заготовки снижается.

Пока амилазы теста вследствие повышения температуры еще не инактивированы, они способствуют гидролизу крахмала.

В процессе выпечки хлеба резко увеличивается количество водорастворимых веществ, особенно углеводов.

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 70⁰С возрастает, после 70⁰С - ввиду термической денатурации белка - резко снижается.

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

В корке содержится значительно больше водорастворимых веществ и декстринов, чем в мякише. Однако ферментативный гидролиз играет в этом не ведущую роль, т.к. ферменты в поверхностных слоях инактивируются очень быстро. Накопление декстринов и вообще водорастворимых веществ в корке мучного кондитерского изделия при выпечке в значительной мере объясняется

термическим изменением крахмала, и в частности, его декстринизацией (температура поверхности корки достигает 180 °С, а середины корки 130 °С).

Под воздействием высоких температур в корке протекает реакция меланоидинообразования, определяющая интенсивность окраски хлеба. Процесс меланоидинообразования при повышенных температурах протекает значительно быстрее.

Ауэрман Л.Я. [3] приводит данные Баума Ф. о «потере» лизина белков теста-заготовки в процессе выпечки. Содержание этой незаменимой и дефицитной в белках мучного изделия аминокислоты в целом изделии 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 мучного изделия в процессе его выпечки, также отмеченное в работах Кретовича В.Л., Нечаева А.П., Поландовой Р.Д., Скурихина И.М. и др.[4].

Снижение биологической ценности мучного изделия в процессе выпечки происходит также и за счет термического разрушения витаминов. Наименее стабилен при выпечке витамин С (аскорбиновая кислота), витаминная активность в выпеченном мучном изделии которого сохраняется лишь 15 % от количества его, внесенного в тесто. Относительно нестабильны при выпечке витамины В₁, В₂ 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. [5] было изучено влияние способа выпечки на сохранность витаминов в процессе выпечки. 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. Наибольшие потери витаминов наблюдались при РК и ИК прогреве выпекаемой тесто-заготовки.

Анализируя влияние традиционного способа выпечки на пищевую ценность мучного изделия, Скурихин И.М. отмечает, что в процессе выпечки связывается до 25 % белков, витаминов, аминокислот, снижается активность ферментов и многих биологически активных соединений. Кроме того, высокая температура корки мучного изделия 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-α-пирена. Бенз-α-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-заготовки 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 готовый продукт, не имеющий на поверхности традиционной корки.

Одним из способов получения без коркового мякиша является выпечка его в атмосфере пара, рассмотренная в работах Ауэрмана Л.Я., Rubenthaler G.L., Huang S.D. и др.[7]. Для выпечки таких изделий применяются специальные камеры с герметично закрывающимися дверцами. В эти камеры закатывают вагонетку с формами, заполненными расстоявшимися тестовыми заготовками, и после закрытия дверец впускают в камеру насыщенный пар под небольшим избыточным давлением. Таким образом, температура паро-воздушной среды в такой «пекарной» камере около 100 °С. Следствием этого является значительно более медленный прогрев тестовых заготовок, соответственно удлиненное время «выпечки» (в зависимости от массы тестовых заготовок, их вида и назначения может достигать 12-20 часов и более), приводящее к разрушению нетермостойких биологически активных веществ.

В работах Селягина В.Г., Данилова А.М. и др.[8] рассмотрен более быстрый способ получения из теста бескоркового мякиша путем его выпечки с использованием токов ВЧ. Тесто, помещенное в электрическое поле токов ВЧ (10-30 кГц) нагревается, тепло при этом способе энергоподвода выделяется во всем объеме тестовой заготовки. Прогрев тестовых заготовок при ВЧ-выпечке происходит на 25-40 % быстрее, чем при обычной РК. Объем получаемых изделий вследствие отсутствия корки увеличивается в течение всего периода выпечки и поэтому на 10-15 % больше обычного.

В последнее время для особо быстрого прогрева пищевых продуктов начал применяться и СВЧ-прогрев в поле электромагнитных колебаний частотой 2300-2500 кГц и длиной волны 12-13 см. Однако при данном способе выпечки наблюдается образование очагов повышенной магнитной напряженности, которые приводят к неравномерному прогреву и образованию поджаренных слоев внутри мякиша.

Джабраилов А.Д., Долидзе Г.В. и др.[9] отмечают, что самым быстрым способом получения бескоркового мякиша является ЭК-выпечка.

Процесс ЭК-выпечки осуществляется следующим образом: тестовая заготовка помещается между двумя пластинами из нержавеющей стали, являющимися электродами, включаемыми на время выпечки в сеть переменного тока. При действии электрического тока в тестовой заготовке выделяется тепло и формируется мякиш без образования традиционной корки. ЭК-прогрев тестовой заготовки происходит быстро и практически равномерно во всей выпекаемой массе. Процесс ЭК-выпечки завершается достижением тестом-мякишем температуры около 100 °С и протекает во много раз быстрее, чем при традиционной выпечки.

Отсутствие традиционной корки повышает пищевую ценность получаемого продукта за счет снижения активности реакции меланоидинообразования, содержания продуктов полимеризации жиров, окисных веществ, полициклических ароматических углеводородов (в том числе канцерогена – бенз- α -пирена), неусваиваемых организмом соединений, которые могут вызвать механическое раздражение стенок желудка, неблагоприятно сказывающееся на состоянии желудочно-кишечного тракта человека. Еще одним достоинством ЭК-способа выпечки мучных кондитерских изделий является более низкое температурное воздействие на тестовую заготовку, что приводит к большей сохранности витаминов.

Кроме того, исследователи отмечают целесообразность использования при разработке технологических режимов выпечки диабетических сортов мучных изделий для замедления процесса усвояемости его углеводов ЭК-способа выпечки.[10,11,12]

Таким образом, ЭК-прогрев представляет интерес как наиболее интенсивный способ выпечки, позволяющий минимизировать потерю полезных свойств сырья и получить продукт повышенной пищевой ценности.

Исследование особенностей ЭК-прогрева проводились для выпечки мучных изделий из различных сортов и видов муки. Сведений о применении ЭК-прогрева для выпечки тестовых полуфабрикатов кондитерского производства нами не обнаружено.

В связи с этим представляет интерес исследование возможности применения ЭК-прогрева для выпечки тестовых полуфабрикатов кондитерского производства, в частности бисквитного теста.

Для проведения экспериментов использовалась установка для ЭК-прогрева, разработанная на кафедре «Пищевая биотехнология» ОГУ. Установка представляет собой специальную форму с изменяемым объемом, изготовленную из неэлектропроводного термостойкого материала. На внутренних поверхностях двух противоположных стенок формы установлены пластины из нержавеющей стали, являющиеся электродами, включаемыми на время выпечки в сеть переменного тока с возможностью регулирования подводимого напряжения. Установка снабжена приборами для измерения силы тока, напряжения и температуры тестовой заготовки в процессе выпечки.

Тесто для бисквитного полуфабриката было приготовлено по традиционной технологии. Выпечку бисквитного полуфабриката осуществляли традиционным РК и ЭК-способами. Анализ полученных изделий показал, что бисквитный полуфабрикат, выпеченный ЭК-способом отличался более высокой и равномерной пористостью и более устойчивой структурой, что позволяет максимально уменьшить последующую выстойку бисквита.

Таким образом была установлена возможность применения ЭК-прогрева для выпечки бисквитного теста и целесообразность его использования для повышения величины и равномерности пористости и сокращения времени выстойки бисквита.

При проведении экспериментов Шумаев Ф.Г.[13] использовал вариант ЭК-выпечки, когда на электродах сохранялось постоянное напряжение, а сила тока менялась в зависимости от электропроводности теста (при другом варианте выпечки в системе поддерживалась постоянная сила тока). В результате экспериментов 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) ЭК-прогрев позволяет получить готовый продукт с нормальным мякишем, но лишенный корки.

3) Средняя длительность выпечки зависит от электропроводности теста-заготовки, подводимая напряжения и при напряжении 220 В составляет 2,25 мин, а при напряжении 120 В – 5,95 мин.

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

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

При этом Островский Я.Г.[14] отмечает, что основное влияние на увеличение удельного расхода энергии при использовании более низкого напряжения оказывает увеличение потерь на теплообмен с окружающей средой. Удельный расход энергии на выпечку в теплоизолированных формах практически не зависит от используемого напряжения и составляет $0,053 \pm 0,005$ кВт/кг.

В ходе экспериментов с соавтором Сидоренко Г.А. были построены зависимости изменения силы тока и температуры теста-заготовки от продолжительности ЭК-выпечки для образцов разной массы.

Анализ полученных результатов показал некоторую взаимосвязь силы тока и температуры теста-заготовки в процессе выпечки. Характер их изменения аналогичен для образцов различного развеса и, как бы растягивается по времени при увеличении массы выпекаемого образца.

Сила тока, а следовательно, и электропроводность теста, изменяется по сложной закономерности: сначала (до температуры теста-заготовки 60°C) она увеличивается, затем снижается и стабилизируется. После достижения

температуры теста-заготовки порядка 70 °С сила тока вновь возрастает, а при 92-95 °С начинает уменьшаться.[15,16,17]

Исследованием особенностей изменения электропроводности теста и его компонентов в процессе ЭК-нагрева занимались также BakerJ.C. и Mize M.D. Эти авторы изучали изменение напряжения, которое требовалось для поддержания постоянства расхода электроэнергии, подводимой к тесту. Как было установлено, изменение напряжения и изменение электропроводности находятся в обратной зависимости.

BakerJ.C. и Mize M.D. исследовали также зависимость напряжения на электродах и температуры от продолжительности ЭК-прогреве теста и его основных компонентов: 3 %-ного раствора соли и отмытых в этом растворе клейковины и крахмала. При анализе зависимости напряжения от температуры нагреваемых объектов, отмечаются следующие закономерности: характер изменения напряжения при прогреве всех перечисленных объектов до температуры 48-50 °С идентичен и свидетельствует о повышении их электропроводности; дальнейшее повышение температуры оказывает различное действие на исследуемые среды. Для теста дальнейшее повышение температуры приводит к снижению его электропроводности, прерываемым периодом ее стабилизации в интервале изменения температур 70-95 °С. Островский Я. Г. в своей работе выражает несогласие с последним заключением. Он утверждает, что внимательное рассмотрение указанных зависимостей позволяет отметить новое повышение электропроводности теста в интервале температур 70-85 °С, и лишь затем ее незначительное снижение и стабилизацию до температуры 98 °С.

BakerJ.C. и Mize M.D. [18] отмечают, что характер изменения напряжения, а следовательно, электропроводности крахмала и теста при их раздельном прогреве в интервале температур до 70 °С аналогичен. Дальнейший прогрев крахмала характеризуется заметным увеличением его электропроводности до температуры 80-85 °С и лишь при прогреве выше этой температуры электропроводность крахмала стабилизируется.

ЭК-прогрев солевого раствора вызывает однозначное повышение его электропроводности в течение всего процесса.

При прогреве клейковины до температуры 70 °С ее электропроводность увеличивается, а начиная с 70 °С, вновь несколько снижается.

Нелинейная зависимость электропроводности теста от температуры, в отличие от электропроводности солевого раствора, дает основание утверждать, что природа и изменение электропроводности теста-заготовки 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-заготовки. Электропроводность теста в значительной мере зависит от состояния коллоидных веществ в процессе взаимодействия их с водой. При этом особое внимание оба автора уделяют аналогии характера изменения электропроводности теста и крахмала.

В связи с этим, определенный интерес представляет исследование особенности ЭК-выпечки кондитерских изделий с измененным химическим

составом. Изменение массовой доли белковых веществ в тесте может выявить их влияние на процесс ЭК-выпечки и позволит оценить перспективность применения этого способа для приготовления кондитерских изделий с измененным соотношением белка и углеводов.

Увеличение электропроводности теста вначале выпечки связано с уменьшением вязкости среды и повышением степени диссоциации электролитов, а также подвижности ионов, в особенности катиона водорода. Наступающее затем падение электропроводности объясняется интенсивным протеканием денатурации белков и клейстеризации крахмала. После чего электропроводность теста определяется его физическими свойствами и влажностью.

ЭК-выпечка заслуживает внимания как чрезвычайно быстрый способ приготовления мучных изделий, а к недостаткам ЭК-выпечки относит несколько более грубый мякиш и отсутствие твердых корок.

В результате установлены следующие характерные особенности ЭК-выпечки мучных изделий.

Продукт, получаемый ЭК-способом выпечки, отличается от готового продукта, 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.

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 °С. Увеличение объема образца происходит в течение всего времени прогрева.

При ЭК-выпечке, помимо прогрева теста-заготовки до 98 °С, испарения влаги и физико-химических процессов, имеющих эндотермический характер, тепло расходуется на теплообмен с окружающей средой. Удельный расход тепла при такой выпечке на 40-50% ниже, чем при выпечке в обычных хлебопекарных печах. Это объясняется меньшей величиной упека (в 4-5 раз) и отсутствием расхода тепла на перегрев испаренной при выпечке влаги до температуры газовой смеси пекарной камеры.

Количество тепла, потребного на физико-химические процессы при ЭК-выпечке, составляет $g_{\text{фх}}=2,5$ ккал/кг.

При ЭК-выпечке, независимо от применяемого напряжения, оптимальное качество бисквита достигается при прекращении нагрева, в момент, когда величина тока достигает своего максимума, что совпадает с температурой нагрева мякиша около 98 °С.

Следует отметить, что проведенные нами предварительные эксперименты не подтвердили данного положения.

Оптимальное качество мучного изделия, подвергнувшегося предварительной расстойке до готовности, достигается при проведении процесса выпечки в течение 8-12 минут при напряжении $U=120$ В.

Использование для ЭК-выпечки более низкого напряжения, чем 120 В, целесообразно лишь в комбинации с напряжением 120 В. При этом использование более низкого напряжения должно осуществляться в течение первого этапа выпечки, который может быть охарактеризован как этап ЭК-расстойки. Применение такого переменного режима сокращает время расстойки теста в обычных условиях примерно в два раза при получении мучных изделий хорошего качества.

Значительная величина переходного сопротивления электрод-тесто является основной причиной, из-за которой в случае выпечки недостаточно-расстоявшейся 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. Характер теплового воздействия ЭК-прогрева на тестовую заготовку определяет целесообразность установления оптимальных свойств теста для получения мучных изделий наилучшего качества. Определенный интерес представляет установление значимости отдельных факторов на процесс ЭК-выпечки и качество готовых изделий, а также изменение химического состава теста-заготовки. 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 бисквитов, позволяющей управлять данным процессом с целью получения продукта с заданными показателями качества.

В связи с изложенным выше, целесообразность дальнейшего изучения ЭК-выпечки в указанных направлениях является актуальной.

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

Важной задачей, стоящей перед кондитерской промышленностью, является расширение ассортимента мучных изделий.

Разработка рационального способа приготовления мучных изделий может позволить максимально сохранить полезные свойства сырья, получить продукт с заранее заданными свойствами, повысить его качество и пищевую ценность.

Применение ЭК-способа энергоподвода дает возможность ускорить стадию выпечки, замедлить в последствии скорость расщепления углеводов в организме человека, снизить образование нежелательных веществ, неусвояемых организмом соединений, повысить витаминную и биологическую ценность продукта.

Однако исследования возможности использования электроконтактного энергоподвода для выпечки бисквитных полуфабрикатов не проводилось.

В связи с изложенным выше, представляется целесообразным проведение исследований возможности использования электроконтактного энергоподвода для выпечки бисквитных полуфабрикатов и разработка оптимальной технологии производства мучных кондитерских изделий с применением данного способа энергоподвода.

Список литературы

1. **Драгилев А.И., Сезанаев Я.М.** Производство мучных кондитерских изделий Учебное пособие. – М. ДеЛи, 2000.-448с.
2. **Лурье И.С.** Технология кондитерского производства. – М.: Агропромиздат, 1992.-399 с.
3. **Ауэрман Л.Я.** Технология хлебопекарного производства. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984. –415 с.
4. **Поландова Р.Д., Дремучева Г.Ф. и др.** Применение плодово-ягодных продуктов в хлебопечении. Обзор. инф. –М.: Агро НИИТЭИПП, 1986.- вып. 14. –28 с.
5. **Шевелева Г.И.** Разработка способов повышения витаминной ценности хлебобулочных изделий. Дисс. ... канд. тех. наук. - М. -1992 – 178 с.
6. **Ильясов С.Г., Шомурадов Т.Ш., Панин А.С.** Совершенствование процесса выпечки узбекских лепешек с использованием ИК энергоподвода // Тез. докл. 6 Всес. науч.-техн. конф. «Электрофиз. методы обработки пищ. продуктов и с.-х. сырья». -М., 1989. -С. 165-166.
7. **Rubenthaler G.L., Huang M.L.** Steamed dread. I. Chinese steamed bread formulation and inferaction //Cereal Chem. –1990 . –v. 67. -№ 5. -Р. 471-475.
8. **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.
9. **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.
10. **Ялалетдинова Д.И., Сидоренко Г.А., Попов В.П.** Применение электроконтактного энергопровода для выпечки зернового хлеба // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2009. – №2 – С. 23-26.
11. **Сидоренко Г.А., Попов В.П., Касперович В.П.** Исследование особенностей выпечки бескоркового хлеба на основе системного подхода // Вестник государственного оренбургского университета.– 1999. – №1 – С. 81-86.
12. **Сидоренко Г.А., Попов В.П., Зенюхин Г.Б., Коротков В.Г.** Разработка технологии производства хлеба с применением электроконтактного способа выпечки, Оренбург, 2013.

13. **Джабраилов А.Д., Долидзе Г.В.** Некоторые качественные показатели теста, обработанного ЭК способом // Тез. докл. Всес. науч.-техн. конф. «Совершенствование технол. процессов производства нов. видов пищ. продуктов и добавок. Использование втор. сырья пищ. ресурсов». Ч.1 /Центр. правл. всес. НТО пищ. пром-сти. – Киев, 1991. –С. 258-259.
14. **Островский Я.Г.** Исследование процессов приготовления заварки и выпечки бескоркового хлеба электроконтактным нагревом. Дисс. ... канд. тех. наук.- М, 1954. - 182 с.
15. **Ялалетдинова Д.И., Сидоренко Г.А., Попов В.П., Ханин В.П., Ханина Т.В.** Хлебопечение России. – 2013. – №1 – С. 14-17.
16. **Сидоренко Г.А., Попов В.П., Зенюхин Г.Б., Ялалетдинова Д.И., Зенюхина А.Г.** Электроконтактный энергоподвод при выпечке хлеба // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2012. – №1(137) – С. 214-221.
17. **Краснова М.С, Сидоренко Г.А, Зинюхина А.Г. Зинюхин Г.Б.** Электроконтактная выпечка хлеба как объект автоматизации // Вестник государственного оренбургского университета. – 2013. – №1 – С. 187-191.
18. **Baker J.C. and Mize M.D.** Effect of temperature on dough properties I. // Cereal Chemistry. - 1939. -v.26. -№ 4. – P. 76-81.