

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ВЫПЕЧКИ БЕСКОРКОВОГО ХЛЕБА НА ОСНОВЕ СИСТЕМНОГО ПОДХОДА

Представлены результаты исследований по совершенствованию технологии производства бескоркового хлеба с применением ЭК-энергоподвода. Определены основные факторы влияния и установлены оптимальные технологические режимы, исследован химический состав различных сортов электроконтактного хлеба, проведена его биологическая экспертиза и определены оптимальные условия хранения.

Введение

Согласно современным тенденциям науки о питании ассортимент хлебобулочной продукции должен быть расширен выпуском изделий улучшенного качества, повышенной пищевой ценности профилактического и диетического назначения.

Изменение отдельных стадий технологического процесса производства хлеба может привести к разработке новых видов изделий. Выбор рационального способа приготовления хлебобулочных изделий может позволить максимально сохранить полезные свойства сырья, получить хлебобулочные изделия с заранее заданными свойствами, повысить их качество и пищевую ценность.

Так, использование нетрадиционного способа теплоподвода, в частности, электроконтактного (ЭК) дает возможность ускорить стадию выпечки, замедлить в последствии скорость расщепления углеводов хлеба в организме человека, снизить образование нежелательных веществ, неусвояемых организмом соединений и повысить как витаминную, так и биологическую ценность продукта, что позволяет отнести указанный способ выпечки к перспективному направлению в сфере хлебопечения.

Цель и задачи исследования

Целью исследования являлось совершенствование технологии производства бескоркового хлеба с применением ЭК-способа выпечки.

Для реализации цели работы были поставлены следующие задачи:

- создание экспериментальной установки;
- установление факторов влияния и их комплексное исследование в процессе ЭК-выпечки;
- определение оптимальных технологических

- режимов приготовления ЭК-хлеба;
- исследование возможностей и особенностей ЭК-выпечки хлеба из различных видов сырья;
- исследование особенностей химического состава хлеба, получаемого с помощью ЭК-энергоподвода;
- установление биологического воздействия ЭК-хлеба на организм;
- установление оптимальных условий хранения хлеба, получаемого с помощью ЭК-энергоподвода.

Объекты и методы исследования

В качестве объектов исследования в работе были использованы: мука пшеничная хлебопекарная: обойная, высшего, первого и второго сортов (ГОСТ 26574-85); ржаная хлебопекарная (ГОСТ 7045-54); соль пищевая поваренная помола № 1 (ГОСТ 13830-84); дрожжи сухие первого сорта (ОСТ 18-193-74); вода питьевая (ГОСТ 2874-82).

Показатели качества сырья определяли стандартными методами - показатель седиментации пшеничного крахмала - по методу Зелени (ИСО 5229-1978), влажность используемой муки - по ГОСТ 27492-87, физико-химические показатели качества хлеба оценивали следующим образом: влажность - по ГОСТ 21094-75, пористость - по ГОСТ 5669-51, кислотность - ускоренным методом по ГОСТ 5670-51. Кроме того, определялся объемный выход по ГОСТ 27669-88 и весовой выход хлеба гравиметрическим методом. Реологические характеристики хлеба исследовали на специально разработанной установке по методикам, описанным в литературе.

Органолептическая оценка хлеба проводилась методом экспертных оценок, методом ранжирования по пятибалльной шкале /4/.

Содержание белка в хлебе определялось методом Кьельдаля (ГОСТ 10846-74), общее

содержание сахаров и редуцирующих веществ - феррицианидным методом по ГОСТ 5903-89, крахмала - по методу Эверса, декстринов - по методу М. П. Попова и Е. Ф. Шаненко.

Результаты и их обсуждение

Для проведения экспериментов по ЭК-выпечки хлеба была разработана установка, представляющая собой специальную форму с изменяемым объемом, изготовленная из неэлектропроводного термостойкого материала. На внутренних поверхностях двух противоположных стенок формы установлены пластины из нержавеющей стали, являющиеся электродами, включаемыми на время выпечки в цепь переменного тока с возможностью изменения подводимого напряжения.

Установка снабжена приборами для измерения силы тока, напряжения и температуры тестовой заготовки в процессе выпечки. Форма представляет герметичный объем, с патрубком в верхней части для подключения к системе вакуумирования.

Сущность ЭК-способа выпечки состоит в том, что готовое тесто после расстойки помещают между двумя пластинчатыми электродами, включенными в сеть переменного тока промышленной частоты. При действии электрического поля в тестовой заготовке за счет тангенса диэлектрических потерь выделяется тепло и формируется мякиш без образования традиционной корки.

Для разработки рациональной технологии производства хлеба ЭК-способом была проведена серия предварительных экспериментов, позволившая установить, что наилучшие показатели качества ЭК-хлеба достигаются при внесении в тесто соли в количестве 0,65% (масс.), сухих дрожжей -2,0% и продолжительности выпечки 3-5 мин. Массу муки на одну тестовую заготовку целесообразно использовать в пределах 150-350 г при площади электродов $1,5 \cdot 10^4$ мм² и расстоянии между ними 100 мм.

Было установлено, что большое влияние на показатели качества хлеба оказывает изменение массовой доли влаги в тесте, и для получения хлеба с оптимальными показателями качества ее целесообразно изменять в пределах от 50 до 56 %. Высокая влажность теста определяет целесообразность применения безопасного способа тестоприготовления. Целесообразная продолжительность созревания теста при этом составляет 185-200 мин.

Исследования по изучению влияния величины подводимого напряжения на показатели качества выпекаемого хлеба показали, что наилучшие результаты достигаются при напряжении 220 В. При увеличении подводимого напряжения до 380 В оптимальные физико-химические и органолептические свойства достигаются при уменьшении тестовой за-

готовки, продолжительности выпечки и расстояния между пластинами.

Исследована возможность выпечки хлеба при подаче на электроды постоянного электрического тока. Однако, получаемый продукт характеризуется низкими показателями качества и не соответствует требованиям действующих стандартов.

Результаты исследования возможности подачи пульсирующего напряжения при ЭК-выпечке хлеба показали, что наилучшие потребительскими свойствами обладали образцы ЭК-хлеба, выпеченные при постоянной подаче напряжения.

Были проведены однофакторные эксперименты по изучению влияния степени разрежения пекарной камеры, массовой доли влаги в тесте на показатели качества хлеба, выпекаемого ЭК-способом в вакууме. В результате экспериментов была определена область оптимальных значений степени разрежения пекарной камеры, лежащая в интервале от 20 до 40кПа. Изменение массовой доли влаги в тесте при данном варианте выпечки целесообразно изменять в пределах от 54 до 60%.

Таким образом, на первом этапе было установлено, что наибольшее влияние на процесс ЭК-выпечки и показатели качества выпеченных изделий оказывают: массовая доля влаги в тесте, степень разрежения пекарной камеры и расстояние между электродами в сочетании с величиной тестовой заготовки и подводимым напряжением.

Результаты экспериментов по установлению режимов тестоприготовления и выпечки ЭК-хлеба позволили отобрать следующие оптимальные сочетания факторов влияния:

1. ЭК-выпечка в вакууме при напряжении 220В со степенью разрежения пекарной камеры 40кПа и длительностью выпечки 3 мин. Массовая доля влаги в тесте 54%, количество муки на одну тестовую заготовку 200г, продолжительности созревания теста 200 мин.

2. Выпечка ЭК-способом при подводимом напряжении 220В и длительностью выпечки 3 мин. Массовая доля влаги в тесте 56%, количество муки на одну тестовую заготовку 250г, продолжительности созревания теста 200 мин.

3. Выпечка ЭК-способом при подводимом напряжении 380В и длительностью выпечки 3 мин. Массовая доля влаги в тесте 52%, количество муки на одну тестовую заготовку 250 г, продолжительности созревания теста 200 мин.

При данных режимах, а также при традиционном радиационно-конвективном способе, при одинаковых условиях была проведена сравнительная выпечка хлеба и последующая их оценка группой независимых экспертов. Из каждого выпеченного образца были выделены по две пробы мякиша и представлены под кодовыми номерами для закрытой

экспертизы. Органолептическая оценка проводилась методом ранжирования по пятибалльной шкале, а для определения суммарной характеристики каждый единичный показатель умножался на соответствующий коэффициент: вкус-5; консистенция-2; запах-1,5; внешний вид-1,5.

Анализ экспериментальных данных позволил сделать вывод о целесообразности ЭК-выпечки как таковой, и сочетания ее с вакуумированием пекарной камеры.

Общие теоретические представления о механизме выпечки и результаты предварительных экспериментов позволили разработать структурную, функциональную и параметрическую схемы процесса ЭК-выпечки.

Структурная схема характеризует целенаправленность коллоидных, биохимических, микробиологических и физико-химических процессов при переходе теста в готовый продукт, в частности, в хлеб, с заранее заданными свойствами.

Функциональная схема детально описывает преобразования в сырье, вызываемые ЭК-энергоподводом.

Была разработана также параметрическая схема процесса ЭК-выпечки хлеба, для которой сформированы управляющие, возмущающие и наблюдаемые параметры.

Ввиду большого количества управляющих параметров была разработана комплексная характеристика качества хлеба на основе пятибалльной шкалы перевода единичных показателей в баллы комплексной характеристики, которая в ходе эксперимента была уточнена и трансформирована в десятибалльную шкалу (таблица 1)

Таблица 1
Десятибалльная шкала перевода отдельных показателей качества в баллы комплексной характеристики качества хлеба

Комплексный показатель, балл	Объемный выход, %	Выход, %	Пористость, %	Кислотность, град	Продолжительность выпечки, мин	Экспертная оценка
10	>=600	>=160	>=80	<= 0,80	<2,0	>=0,350
9	560-599	156-159	77,5-77,9	0,80-1,19	2,1-2,5	0,321-0,350
8	520-559	152-155	75,0-77,4	1,20-1,59	2,6-3,0	0,291-0,320
7	480-519	148-151	72,5-77,9	1,60-1,99	3,1-4,0	0,261-0,290
6	440-479	144-147	70,0-72,4	2,00-2,39	4,1-5,0	0,231-0,260
5	400-439	140-143	67,5-69,9	2,40-2,69	5,1-10,0	0,201-0,230
4	360-399	136-139	65,0-67,4	2,80-3,19	10,1-15,0	0,171-0,200
3	320-359	132-135	62,5-64,9	3,20-3,59	15,1-20,0	0,141-0,170
2	280-319	128-131	60,0-62,4	3,60-3,99	20,1-25,0	0,100-0,140
1	<280	<128	<60,0	>4,00	>25,0	<0,100
Коэффициент значимости	0,30	0,10	0,30	0,02	0,08	0,20

В процессе изучения кинетики процесса ЭК-выпечки были изучены зависимости силы тока, температуры, пористости, объемного и весового выхода хлеба, а также давления в пекарной камере от продолжительности выпечки.

Анализ полученных данных показал, что об окончании процесса выпечки можно судить по до-

стижению температуры теста-хлеба значения 98-100 °С, а силы тока значения 0-0,5 А. При достижении температуры теста-хлеба значения 55-60 °С и выше наблюдается снижение объемного выхода и пористости тестовой заготовки, которое предположительно вызвано изменением ее реологических характеристик в результате повышения температуры. В дальнейшем, при повышении температуры до 100 °С наблюдается повторное увеличение пористости и объемного выхода тестовой заготовки связанное с образованием прочного клейковинного каркаса и его расширением за счет превращения воды в пар.

При выпечке в условиях вакуумирования в вышеуказанном интервале температур наблюдается снижение степени разрежения в пекарной камере, вызванное замедлением выделения углекислого газа и паров воды.

Процесс ЭК-выпечки хлеба отличается высокой интенсивностью разнообразных процессов и протекает во много раз быстрее, чем при традиционной радиационно-конвективной выпечке.

При РК-способе выпечки тестовая заготовка помещенная в печь сразу же начинает увеличиваться в объеме. Постепенно (по мере образования корки, через 8 – 12 минут выпечки) - прирост объема замедляется и вскоре (еще через 3 – 5 минут) прекращается совсем. Достигнутые к этому моменту объем и форма хлеба сохраняются неизменными до конца выпечки.

При ЭК-способе (начиная с первых 10 – 20 сек) прирост объема, происходит практически до конца выпечки (3 – 3,5 минуты), в связи с отсутствием на поверхности корки, мешающей дальнейшему увеличению объема. При этом прогрев тестовой заготовки происходит практически равномерно во всей массе теста-мякиша.

В зависимости от изменения электропроводности теста, А.С.Гинзбург /5/ различает несколько стадий ЭК-выпечки, которые можно увязать с увеличением объема и другими процессами происходящими в тесте.

В начале ЭК-выпечки при прогреве теста примерно от 30 до 60 °С степень диссоциации солей и кислот увеличивается, что вызывает увеличение электропроводности теста. Увеличению объема в этот период в значительной степени способствует тепловое расширение пузырьков воздуха и углекислого газа, находившихся уже в тесте в момент посадки в печь, а также выделение (при прогреве теста) части углекислого газа, находящегося в растворе. Увеличению объема способствует также выделение углекислого газа дрожжами и бродильной микрофлорой.

Как известно, при прогревании теста примерно до 60 °С жизнедеятельность дрожжей и кислотообразующих бактерий теста практически

ки прекращается /6/. Поэтому при дальнейшем прогреве тестовой заготовки значительного влияния на увеличение объема они не оказывают.

В интервале температур 60 – 70 °С происходит клейстеризация крахмала, которая характеризуется интенсивным связыванием влаги крахмальными зернами. При этом диссоциация солей и кислот, а также электропроводность теста уменьшаются /5/. Растворимость белковых веществ до 70 °С возрастает, после 70 °С – резко снижается ввиду термической денатурации белка. Основная часть воды, впитанная белками теста при их набухании, переходит к клейстеризованному крахмалу /6/.

По данным Л.Я.Ауэрмана /6/ при прогревании теста-хлеба примерно до 79 °С начинается интенсивный переход спирта в парообразное состояние с последующим (при дальнейшем нагревании) термическим расширением выделившихся паров спирта. Это является фактором, способствующим увеличению объема тестовой заготовки при ЭК-выпечке.

При температуре около 95 °С начинается испарение воды из тестовой заготовки, влажность ее уменьшается, электропроводность также начинает уменьшаться. При температуре около 100 °С испарение воды достигает своего максимума. Однако объем хлеба увеличивается уже менее интенсивно, т.к. слои мякиша, образовавшиеся в результате клейстеризации крахмала и коагуляции белков в значительно меньшей степени, чем тесто способны к изменению объема.

В соответствии с поставленными задачами исследований была проведена серия экспериментов по сравнительной выпечке хлеба традиционным радиационно-конвективным (РК) способом и при ЭК-энергоподводе из различных видов и сортов муки. Использовалась мука пшеничная обойная, высшего, первого и второго сортов, ржаная и смесь ржаной и пшеничной муки первого сорта.

В ходе экспериментов было выявлено, что ЭК-выпечка ржаного хлеба происходит при более высоких значениях силы тока (на 2 – 4 А при выпечке тестовой заготовки массой 350 г), чем пшеничного.

Это может быть связано с более ясно выраженной гелеобразной структурой ржаного теста, большей влажностью, меньшей вязкостью. По данным Г.А.Кульмана это приводит к повышению степени диссоциации электролитов, свободы перемещения ионов /7/, в том числе коллоидного характера. А.С.Гинзбург отмечает, что чем больше пористость и меньше толщина стенок пор, тем меньше электропроводность теста-мякиша. Особенности белковых веществ ржаной муки не позволяют получить прочный клейковинный каркас. Это приводит к снижению пористости и утолщению стенок пор ржаного хлеба, а, следовательно, и увеличению электропроводности выпекаемого теста-хлеба.

Чем активнее происходит диссоциация солей и кислот на ионы, и чем интенсивнее взаимодействие коллоидных веществ с водой, тем быстрее тесто переходит в состояние мякиша. Кроме того, крахмальные зерна ржаного теста из-за активного воздействия амилалитических ферментов имеют ослабленную структуру. Это приводит к более быстрому их набуханию, и снижению температуры начала клейстеризации, а, следовательно, ускорению формирования мякиша. Этим и объясняется, что выпечка ржаного хлеба происходит несколько быстрее.

Большая влажность и меньшая вязкость теста из низших сортов муки объясняет некоторое повышение силы тока и ускорение процесса выпечки по сравнению с высшими сортами. Однако существенных отличий в процессе выпечки хлеба из одного вида муки обнаружено не было.

Были проведены сравнительные исследования показателей качества всех сортов хлеба, выпеченных ЭК и РК способами. Анализ полученных данных показывает, что по всем показателям качества хлеб, выпеченный ЭК-способом, превосходит традиционные сорта хлеба.

Со снижением сорта используемой муки, наблюдается уменьшение пористости, объемного выхода и увеличение весового выхода и кислотности. Здесь наблюдается аналогия между ЭК и РК образцами выпечки хлеба. При оценке органолептических свойств эксперты отдали предпочтение хлебу, выпеченному из высших сортов муки. Комплексный показатель качества оказался самым высоким у пшеничного ЭК-хлеба высшего сорта. Образцы хлеба выпеченного ЭК-способом имеют большую разрыхленность мякиша, более мелкую и разрыхленную пористость, более тонкие стенки пор. Эти факторы благоприятно влияют на усвояемость хлеба, и могут привести к повышению пищевой ценности данного продукта. Более высокая влажность ЭК-хлеба приводит к снижению его калорийности.

Результаты исследования химического состава образцов хлеба из различных сортов пшеничной муки, выпеченных ЭК и РК способами, представлены в таблице 2.

Анализ полученных данных показывает, что способ выпечки оказывает некоторое влияние на химический состав хлеба. Однако существенных отклонений в химическом составе хлеба выпеченного различными способами обнаружено не было. Следует отметить, что химический состав ЭК-хлеба из высших сортов муки имеет более существенные отличия от хлеба, выпеченного традиционным способом, чем низших сортов.

Таблица 2

Химические показатели хлеба, выпеченного электроконтактным (ЭК) и радиационно-конвек-

тывным (РК) способами

Сорт пшеничного хлеба	Белок, % на с.в.		Сахара, % на с.в.		Декстрины, % на с.в.		Крахмал, % на с.в.	
	ЭК	РК	ЭК	РК	ЭК	РК	ЭК	РК
Высшего сорта	14,31	14,18	1,32	0,87	1,25	1,82	70,66	68,42
Первого сорта	14,28	14,09	1,48	1,13	1,26	1,98	68,18	66,12
Второго сорта	14,53	14,44	1,75	1,45	1,13	1,52	65,44	63,87
Обойный	14,71	14,56	1,51	1,34	0,92	0,93	54,31	53,98

Наибольшие различия в образцах хлеба выпеченных с помощью ЭК и РК энергоподвода наблюдаются в содержании сахаров и декстринов. Отсутствие корки и особенности теплового воздействия ЭК-способа выпечки обуславливают более высокое содержание сахаров и меньшее содержание декстринов, чем в традиционных сортах хлеба. Накопление декстринов при РК-способе выпечки в значительной мере объясняется термическим изменением крахмала, и в частности, его декстринизацией. Сахара при РК-выпечке частично расходуются на брожение, частично на образование меланоидинов.

Содержание крахмала в образцах ЭК-хлеба несколько выше. Это связано с тем, что ЭК-выпечка протекает гораздо быстрее и температура теста-хлеба не превышает 100 °С. Из-за большей продолжительности РК-выпечки и особенностей теплового воздействия (постепенного прогрева слоев теста от периферии к центру), ферментативные и микробиологические процессы протекают более интенсивно, а длительный ферментативный гидролиз приводит к снижению содержания крахмала в хлебе.

Как показали результаты эксперимента в хлебе, выпеченном ЭК-способом, содержание белка несколько выше, чем у хлеба РК-выпечки. Это связано с тем, что при ЭК-энергоподводе белки не расходуются на реакцию меланоидинообразования, характерную для традиционного способа выпечки.

Нами была исследована возможность использования ЭК-энергоподвода для выпечки безбелкового и высокобелкового хлеба. Безбелковый хлеб готовили на основе различных фракций крахмала из пшеничной муки высшего сорта, различающихся скоростью осаждения. Показатель седиментации для верхней промежуточной и нижней фракции крахмала составляет соответственно 3,75; 4,66; 4,32 мл. Замес теста для высокобелкового хлеба осуществлялся на основе сухой клейковины.

Полученные данные свидетельствуют о возможности ЭК-выпечки безбелкового и высокобелкового хлеба и целесообразности его применения для повышения пористости, объемного и весового выходов данных продуктов.

Для установления биологического воздействия на организм хлеба, выпекаемого с помощью ЭК-энергоподвода, была проведе-

на серия медико-биологических экспериментов, которая показала на диетический характер питания данным продуктом (средние привесы по сравнению с традиционным вариантом питания уменьшились у крыс на $10 \pm 2,0$ г за период кормления). Отклонений в психо-поведенческих реакциях животных не обнаружено, не установлено патологий внутренних органов подопытных животных.

Совершенствование технологии производства бескоркового хлеба, ставит проблему сохранности свежести хлеба и изучения факторов, влияющих на процесс влагоотдачи и черствения.

При исследовании процесса влагоотдачи ЭК-хлеба по сравнению с традиционным хлебом были построены зависимости изменения влажности и температуры в центре мякиша от времени, по которым можно сделать вывод, что потеря влаги бескорковым хлебом происходит быстрее, чем обыкновенного. Поэтому для предотвращения быстрого черствения бескоркового хлеба целесообразно предусматривать его изоляцию от воздействия факторов окружающей среды, в частности с применением различных материалов.

Было изучено влияние различных видов упаковочного материала на показатели качества хлеба, хранящегося при температуре -18 ± 2 °С, относительной влажности воздуха 65 %. В качестве упаковочных материалов использовались: пленка полиэтиленовая (из ПЭВД марки 15803-020), пищевая пленка (марки ОРР МСМ), целлофан, фольга, пергамент; контролем служил хлеб без упаковки.

Был проведен ряд экспериментов по изучению кинетики влагоотдачи ЭК-хлеба, хранящегося в различных видах упаковочного материала, и получены следующие уравнения:

$$\begin{aligned}
 &\text{для полиэтиленовой пленки} & Y &= 45,171 - 0,018X; \\
 &\text{для пищевой пленки} & Y &= 45,279 - 0,058X; \\
 &\text{для целлофана} & Y &= 45,417 - 0,043X; \\
 &\text{для фольги} & Y &= 45,348 - 0,034X; \\
 &\text{для пергамента} & Y &= 44,69 - 0,138X; \\
 &\text{при хранении без упаковки} & Y &= 43,423 - 0,252X;
 \end{aligned}$$

где Y – влажность хлеба, %;
 X – продолжительность хранения, ч.

При хранении хлеба, выпеченного ЭК и РК способом, в течение 24 часов (максимальный срок реализации РК-хлеба регламентирован ГОСТ 2827 –56) с момента выпечки наблюдается образование на поверхности твердого обезвоженного слоя различной толщины: 2-3 мм для ЭК-хлеба хранившегося в пергаменте, 4-5 мм для ЭК-хлеба хранившегося без упаковки, 2-3 мм для РК-хлеба хранившегося без упаковки. Других заметных ухудшений показателей качества ЭК и РК хлеба для всех упаковок в течение указанного времени не наблюдается. При хранении ЭК-хлеба в течение 48 часов и более в целлофане, фольге, полиэтиленовой пленке и пищевой пленке наблюдается образование поверхностных очагов микроорганизмов. При хранении в пергаменте и без упаковки про-

исходит интенсивное черствение. При хранении РК-хлеба развиваются те же процессы, что и при хранении ЭК-хлеба, но с меньшей интенсивностью. Наименьшим изменениям подвергается хлеб, хранящийся в полиэтиленовой пленке. Таким образом, результаты экспериментов показывают, что из-за развития микроорганизмов хранить ЭК-хлеб более 24 часов не рекомендуется.

На основе проведенных исследований был разработан опытный образец промышленно-бытовой установки для ЭК-выпечки хлеба, рекомендуемый для серийного производства, который может быть использован в хлебопекарнях малой мощности, в системе общественного питания и в бытовых условиях.

По результатам исследования были оформлены технологические инструкции на бескорковый ЭК-хлеб из муки пшеничной (различных сортов), ржаной и их смесей, а в соответствии с требованиями по оформлению нормативной документации (ГОСТ 2.114-96) разработаны технические условия на данный вид хлебных изделий.

С целью реализации результатов исследования была составлена технологическая схема процесса производства хлеба ЭК способом и разработан проект цеха по выработке бескоркового ЭК - хлеба в условиях хлебозавода N 2 г. Оренбурга.

Произведенный экономический расчет эффективности внедрения ЭК - способа выпечки хлеба, показывает, что прибыль достигается за счет увеличения объемного выхода хлеба на 8-10 % по сравнению с традиционным и дополнительно на 3-5 % за счет применения вакуумирования.

Выводы

1. Применение ЭК-энергоподвода для выпечки хлеба из различных сортов и видов муки приводит к увеличению пористости, объемно-

го и весового выхода и снижению кислотности по сравнению с традиционным вариантом. Органолептические достоинства мякиша ЭК-хлеба выше, чем традиционного.

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

3. ЭК-выпечка ржаного хлеба протекает интенсивней и при более высоких значениях силы тока (на 2 – 4 А при выпечке тестовой заготовки массой 350 г) чем пшеничного, в связи с большей влажностью теста и различием в коллоидных свойствах.

4. Существенных отклонений в химическом составе ЭК-хлеба по сравнению с традиционным вариантом выпечки не обнаружено. В хлебе, выпеченном ЭК-способом несколько выше содержание белков, крахмала и сахаров и ниже содержание декстринов. У низших сортов хлеба эти отличия менее выражены, чем у сортов хлеба, выпеченных из высших сортов муки.

5. ЭК-выпечка безбелкового и высокобелкового хлеба приводит к увеличению пористости, объемного и весового выхода данных продуктов по сравнению с традиционным вариантом выпечки.

6. Наилучшим способом упаковки ЭК-хлеба является полиэтиленовая пленка.

7. Хранение ЭК-хлеба более 24 часов не рекомендуется.

Список использованной литературы

1. Богатырев А.Н., Тужилкин В.И. Приоритеты развития науки и научного обеспечения в пищевой отрасли. – М.: Пищевая промышленность, 1995.
2. Матвеева И.В. и др. Новое направление в создании технологии диабетических сортов хлеба М., ЦНИИТЭИ хлебопродуктов, 1991.
3. Скурихин И.М., Нечаев А.П. Все о пище с точки зрения химика. – М.: Высшая школа 1991.
4. Шишкин М.Ф. Основы метрологии, стандартизации и контроля качества. – М.: Издательство стандартов, 1988.
5. Гинзбург А.С. Современные конструкции хлебопекарных печей. М.: Пищепромиздат, 1958.
6. Ауэрман Л.Я. Технология хлебопекарного производства. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984.
7. Кульман А.Г. Коллоиды в хлебопечении. – М.: Пищепромиздат, 1953.

Статья поступила в редакцию 17.07.99.