

ПРИМЕНЕНИЕ СВЧ-НАГРЕВА В ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ И ОБЩЕСТВЕННОМ ПИТАНИИ

А.А. Рущиц, Е.И. Щербакова

В статье представлен обзор применения СВЧ-энергии в производстве продуктов питания. Рассмотрены особенности диэлектрического нагрева в сравнении с традиционными видами тепловой обработки. Показаны преимущества применения СВЧ-нагрева для протекания различных технологических процессов.

Ключевые слова: электрофизические способы обработки, диэлектрический нагрев, СВЧ-энергия, тепловая обработка.

Введение

В настоящее время в пищевой промышленности уделяют особое внимание физическим методам воздействия на исходное сырье, полуфабрикаты и готовую продукцию, которые способны интенсифицировать теплообменные процессы, обеспечить микробиологическую безопасность, а также улучшить и повысить пищевую ценность сырья. Физическим методом, способным добиться данных целей, является нагрев в электромагнитном поле.

В настоящей работе рассмотрены особенности взаимодействия СВЧ-энергии с пищевым сырьем и продуктами питания и представлен обзор применения СВЧ-обработки для различных технологических процессов в пищевой промышленности и общественном питании.

Основная часть

Нагрев тел, в частности пищевых продуктов, в электромагнитном поле отличается от нагрева их за счет теплопроводности или конвекции тем, что элементы среды, разделяющей генераторы электромагнитных колебаний и объекты нагрева, как правило, не участвуют в переносе теплоты. Поэтому в таких системах (генератор – среда – объект нагрева) тепловой поток не является непрерывным и энергия переносится в виде электромагнитных колебаний. Теплота возникает в самих объектах нагрева при их взаимодействии с электромагнитным полем.

Электромагнитные волны соответствующей частоты ν и длины λ могут быть использованы при производстве продуктов питания для осуществления трех основных способов нагрева тел: инфракрасного (ИК), диэлектрического (ДЭ) и индукционного (ИД). Стоит отметить, что при ИК и ДЭ-нагреве производится непосредственный нагрев пищевых

продуктов, тогда как при ИД-нагреве нагревается лишь какая-либо ферромагнитная часть аппарата [1, 14].

Диэлектрический нагрев – метод нагрева диэлектрических материалов переменным во времени электрическим полем. Сверхвысокочастотный (СВЧ) нагрев – это использование энергии электромагнитного поля сверхвысокой частоты с диапазоном частот $3 \cdot 10^8$ – $5 \cdot 3 \cdot 10^{10}$ Гц для нагревания различных сред и тел. По данным международного соглашения о разделении частот для СВЧ-установок применяются частоты 895–915 МГц и 2350–2450 МГц [11, 14].

С электрофизической точки зрения пищевые продукты должны быть отнесены к полупроводникам. Пищевые продукты представляют собой, как правило, сложные гетерогенные смеси, содержащие воду в количестве 50–95 %. С точки зрения взаимодействия пищевых продуктов с электромагнитным полем такие их компоненты, как белки, жиры, углеводы, вода по установившейся классификации следует отнести к неидеальным диэлектрикам, а водные растворы солей (электролиты) – к проводникам. При приложении внешнего электрического поля в продукте возникают токи смещения, отражающие диэлектрические свойства, и токи проводимости, отражающие перемещение свободных зарядов. Последние всегда имеются во влажных пищевых продуктах, поскольку основания, кислоты и соли диссоциируют в воде, в результате чего образуются ионы и возникает активная проводимость материала.

Эффект разогрева пищевых продуктов в сверхвысокочастотном (СВЧ) поле связан в основном (но не полностью) с их диэлектрическими свойствами, которые определяются поведением в таком поле диполей. Диполи (дипольные молекулы и атомы) могут нахо-

даться в пищевом продукте, например молекулы воды, или возникать в нем под действием внешнего электрического поля. Ориентация уже имевшихся диполей, а также возникновение новых диполей и их ориентация под влиянием внешнего электрического поля составляют существо поляризации. Это явление занимает центральное место в механизме возникновения теплоты в телах, находящихся в СВЧ-поле. Энергия внешнего поля, затраченная на поляризацию диэлектрика, превращается в нем в теплоту, причем теплота возникает во всем объеме материала, а не только на его поверхности. Поэтому ДЭ-нагрев часто называют объемным нагревом.

Диэлектрические свойства пищевых продуктов и различных материалов зависят главным образом от их природы, влажности, температуры и частоты колебаний поля. Сложный характер взаимодействия количества выделяющейся теплоты и глубины проникновения СВЧ-поля приводит к необходимости подбора продукта такой толщины, чтобы не наблюдалось перегрева его наружных (при больших значениях коэффициента поглощения) и внутренних (при малых значениях коэффициента поглощения) слоев [14].

СВЧ-нагрев имеет ряд преимуществ перед традиционными методами термической обработки:

- высокая скорость нагрева и его равномерность вследствие «объемной» подачи тепла;
- сохранение витаминов и других незаменимых нутриентов пищевого продукта;
- возможность мягкого режима термообработки, подачи тепла импульсами, т.е. ступенчатого нагрева;
- создание заданной температурной равномерности при термообработке пищевых продуктов путем подбора формы рабочих органов СВЧ-генератора или применением заслонов (экранов), регулирующих пропускание микроволн к продукту;
- высокая экономичность процесса (отсутствие контакта с теплоносителем и генерация тепла в самом продукте сводят к минимуму потери тепла на нагрев оборудования и во внешнюю среду; потребление электроэнергии СВЧ-генераторами значительно меньше, чем электродитами и другими нагревательными приборами);
- улучшение условий труда за счет сокращения выделения газообразных веществ, пара и тепла в окружающую среду [18].

Однако ДЭ-нагрев обладает и недостатком, заключающимся в отсутствии на поверхности изделий специфической поджаристой корочки. Поэтому ДЭ-нагрев рекомендуется применять в комбинации с ИК-нагревом и традиционными методами тепловой обработки [14, 18].

В настоящее время СВЧ-обработка применяется в общественном питании и пищевой промышленности в следующих процессах: разогрева и приготовления блюд, сушки, размораживания, варки, выпечки, обеззараживания, экстрагирования, а также в качестве стимулирующего фактора, направленного на интенсификацию технологических процессов и повышение пищевой ценности сырья, полуфабрикатов и готовой продукции. Для создания более рациональных технологических процессов используют комбинацию СВЧ-нагрева с другими энергоносителями: пар, горячий воздух, ИК-нагрев, разогретый жир, вакуум, ультразвук.

Наиболее распространенным способом использования СВЧ-энергии является разогрев и приготовление блюд и кулинарных изделий. Тепловая обработка пищевых продуктов в режиме приготовления разбивается на два этапа: разогрев до установившейся температуры и поддержание этой температуры до наступления полной кулинарной готовности. Также применяется метод ступенчатого СВЧ-нагрева, который обеспечивает высокую скорость нагрева и позволяет избежать неравномерности нагрева отдельных участков обрабатываемых изделий, так как обеспечивается возможность перераспределения температур путем теплопроводности материала при его термостатировании.

Одной из особенностей СВЧ-обработки является возможность быстрого и относительно равномерного (безградиентного) нагрева продукта по всему объему, который по своей природе зависит не столько от теплофизических характеристик нагреваемого объекта, сколько от наличия в нем влаги и характера ее распределения по объему. Эта способность диэлектрического нагрева эффективно используется в пищевой промышленности при размораживании продуктов. Размораживание в СВЧ-поле позволяет в десятки раз ускорить процесс и в значительной степени сохранить качество пищевых продуктов. Потери влаги у продуктов при размораживании в СВЧ-поле незначительны. Хорошие результаты дают также комбинированные методы

размораживания СВЧ-нагрева с ультразвуком, а также с методом обдува продукта холодным воздухом [5, 14].

В работе Воробьева В.В. была разработана технология размораживания в поле СВЧ гидробионтов, которая позволила сократить время технологических процессов в 4–15 раз, а также повысить пищевую и биологическую ценность готовой продукции. Волокна и микроструктура мышечной ткани на клеточном уровне сохраняются полнее и наиболее целостны, значения рН стабильны, денатурационные изменения белков незначительны, характеризуются повышенным уровнем растворимости саркоплазматической (на 16–20 %) и миофибриллярной (на 19–27 %) фракций белкового азота и более высоким содержанием эссенциальных аминокислот (метионина, цистеина, лейцина, изолейцина на 9–31 %), степень гидролиза и окисления липидов в 1,5–3 раза ниже, что обеспечивает повышенное суммарное содержание полиненасыщенных биологически активных жирных кислот с 3 на 8–16 % [5]. Аналогичные результаты получены при размораживании мяса в блоках СВЧ-энергией.

В работе [9] предложен способ размораживания плодов яблок под действием СВЧ-энергии. При этом продолжительность процесса размораживания сокращается более чем в 20 раз, но увеличивается содержание сухих веществ, улучшаются органолептические показатели размороженных плодов.

Из-за особенностей взаимодействия СВЧ-энергии с пищевым сырьем и продуктами сушка в СВЧ-поле обеспечивает равномерный нагрев продукта, а эффективность процесса практически не зависит от теплопроводности сушильного материала и определяется только влагосодержанием в продукте. Наиболее интенсивно нагреваются участки с большим содержанием влаги, но по мере уменьшения влажности скорость нагрева снижается. Это позволяет исключить перегревание продукта и ухудшение органолептических показателей. При этом существенно снижаются потери питательных веществ и в первую очередь витаминов. В результате объемного нагрева продуктов при микроволновой сушке вся свободная влага внутри преобразуется в пар. При этом создается избыточное давление, в результате чего продукт увеличивается в объеме и приобретает пористую структуру. Это имеет большое значение в технологии продуктов быстрого приготовления, например напитков,

каш, супов на основе овощей, фруктов или зерновых.

Наиболее перспективна комбинированная сушка: конвективная подсушка и СВЧ-досушка [6]. В аппаратах с СВЧ-источником в 5–10 раз увеличивается интенсивность процесса сушки комбикормов и зерна [7]. В работах Кретова И.Т., Белозерцева А.С. было предложено использовать для вакуум-сублимационного обезвоживания пищевых продуктов энергию сверхвысокочастотного (СВЧ) поля. Характер СВЧ-нагрева позволяет резко интенсифицировать процессы тепло- и массообмена, так как прогрев продукта происходит по всему объему и градиенты температуры и влажности совпадают по направлению [8]. В работах Казарцева А.Д., Антипова С.Т. обосновано преимущество использования СВЧ-энергии для сушки семян кориандра по сравнению с конвективной сушкой [2].

При варке и бланшировании с использованием энергии СВЧ-поля сокращаются продолжительность обработки и потери пищевых веществ. В работе Григорьевой Т.М. была разработана сверхвысокочастотная установка для варки измельченного мясного сырья. Данная установка позволила увеличить производительность и снизить экономические затраты [9].

Применение энергии СВЧ-поля для экстракции из растительного сырья масел позволяет ускорить процесс, добиться почти полного извлечения масел, а также сохранить пищевую и биологическую ценность готового продукта [10, 11, 16]. Так, в работе Марколия А.И. с соавторами предложена схема СВЧ-экстракции биологически ценных компонентов из растительного сырья (листьев эвкалипта). Установлено, что под воздействием СВЧ-энергии происходит максимально полное извлечение эфирных масел (до 99,5 %), а также растворимых солей. При этом скорость экстракции выше, чем при экстракции водяным паром. Интенсификация процесса экстракции происходит за счет возникновения внутри тканей избыточного давления вследствие парообразования. Образующиеся пары воды «выталкивают» вещества из клеток на поверхность листьев [13].

СВЧ-нагрев также можно успешно использовать для обработки сырья с активными ферментами (например, солодовые продукты, зерно, семена растений), тем самым регулировать и добиваться нужных показателей активности ферментов [15]. Причем в зависимо-

сти от режимов обработки можно увеличивать активность, либо вызывать инактивацию ферментов.

В сельском хозяйстве СВЧ-обработка семян перед посевом способствует увеличению их всхожести и жизнеспособности. Стимулирующий эффект СВЧ-энергии объясняют возбуждением активных центров ферментов, участвующих в процессах прорастания семян, а также увеличением проницаемости клеточных мембран за счет образования свободных радикалов, что способствует лучшему снабжению клеток кислородом и водой.

Большое распространение СВЧ-обработка получила в хлебопекарной и кондитерской промышленности. СВЧ-обработка широко применяется для обеззараживания и улучшения пищевой ценности зерна. Основные аспекты в этом направлении хорошо описаны в работах Юсуповой Г.Г., Юсупова Р.Х., Цугленок Н.В., Цугленок Г.И.

При воздействии СВЧ-поля со скоростью нагрева 0,4–0,6 °С/с и экспозицией 60 с наблюдается обеззараживающий эффект при сохранении, а по некоторым позициям и улучшение продовольственных качеств зерна и продуктов его переработки. СВЧ-обработка продовольственного зерна пшеницы приводит к повышению его хлебопекарных качеств за счет улучшения физических свойств клейковины, также снижается содержание крахмала в зерне пшеницы, увеличивается его гидролиземость, что положительно влияет на хлебопекарные качества продукции [19, 20].

Похожий эффект обеззараживания можно наблюдать при обработке сухофруктов, происходит полное обеззараживание сухофруктов от заспоренности видами родов *Mucor*, *Penicillium*, *Phomopsis* и общего микробного загрязнения [17].

При обработке дрожжевого полуфабриката электромагнитным полем сверхвысокой частоты (микроволновое поле) интенсифицируется процесс брожения. Сильное электрическое поле, воздействуя при замесе, интенсифицирует процессы брожения теста и повышает скорости выделения CO₂ и подъема теста при увеличении температуры от комнатной до 30 °С [3].

Проведение процесса расстойки теста в поле СВЧ при мощности 250–500 Вт в течение 10–40 с при производстве бараночных изделий сокращает продолжительность процесса и позволяет существенно улучшить качество готовой продукции [12].

При использовании выпечки в электромагнитном поле сверхвысокой частоты увеличивается темп нагрева и сокращается продолжительность тепловой обработки в 5–10 раз по сравнению с поверхностным нагревом, исключается подгорание изделий, полнее сохраняется питательная ценность продукта, увеличивается выход готовых изделий [18].

Обработка в СВЧ-поле готовых, мучных кондитерских и хлебобулочных изделий подавляет активность плесневой микрофлоры, что позволяет увеличить срок хранения изделий [4].

Заключение

Таким образом, изученные данные об использовании СВЧ-энергии в различных технологических процессах позволяют говорить об эффективности данного физического метода обработки продуктов.

Применение СВЧ-нагрева, а также его комплекса с другими физическими методами и энергоносителями позволяют интенсифицировать технологические процессы, снизить себестоимость готовой продукции, а также повысить пищевую и биологическую ценность сырья, полуфабрикатов и готовых изделий.

При этом до конца неизученными остаются механизмы воздействия СВЧ-энергии на пищевые продукты.

Литература

1. Алтухов, И.В. Анализ способов сушки пищевых продуктов / И.В. Алтухов, В.Д. Очиров // Вестник Иркутской Государственной Сельскохозяйственной Академии. – 2009. – № 36. – С. 16–21.
2. Антипов, С.Т. Влияние значений напряженности электромагнитного поля на процесс диэлектрической сушки семян кориандра / С.Т. Антипов, Е.А. Шишов, Д.А. Казарцев // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2002. – № 9. – С. 50–51.
3. Арсланов, Ш. Влияние электрофизических воздействий на технологический процесс хлебопечения / Ш. Арсланов // Хлебопродукты. – 2010. – № 11. – С. 56–57.
4. Ауэрман, Л.Я. Технология хлебопекарного производства: учебник. 9-е изд.; перераб. и доп. / Л.Я. Ауэрман; под общ. ред. Л.И. Пучковой. – СПб.: Профессия, 2005. – 416 с.
5. Воробьев, В.В. Научно-практические основы создания эффективных технологий производства высококачественных продуктов из гидробионтов с использованием электромагнитного поля СВЧ: дис. ...д-ра техн. наук / В.В. Воробьев. – М., 2005. – 398 с.

6. Григорьева, Т.М. Механизированная СВЧ-установка для варки измельченных птичьих потрохов / Т.М. Григорьева // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2011. – № 2. – С. 97–99.
7. Касьяненко, В.П. Обеззараживание зерна и комбикормов в поле СВЧ: дис. ... канд. техн. наук / В.П. Касьяненко. – М., 2002. – 107 с.
8. Кондратьев, Д.В. Разработка способов получения экстрактов из виноградных выжимок и их применение в технологии хлебобулочных изделий профилактического назначения: дис. ... канд. техн. наук / Д.В. Кондратьев. – Пятигорск, 2009. – 156 с.
9. Кох, Д.А. Влияние процесса замораживания на плоды мелкоплодных яблок / Д.А. Кох, Н.Н. Типсина // Современные проблемы техники и технологии пищевых производств: материалы XII международ. науч.-практ. конф. – Барнаул, 2009. – С. 150–154.
10. Кретов, И.Т. Моделирование процесса вакуум-сублимационной сушки пищевых продуктов в поле СВЧ / И.Т. Кретов, А.И. Шашкин, С.В. Шахов и др. // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 2003. – № 5–6. – С. 65–68.
11. Орлов, В.В. Перспективы применения микроволновой обработки жидких пищевых продуктов / В.В. Орлов, А.С. Алферов // НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств». – 2006. – № 2 (2).
12. Патент 2422018 Российская Федерация, МПК С1 А21D 13/08, А21D 8/02. Способ производства бараночных изделий с использованием СВЧ-энергии / И.Т. Кретов, С.В. Шахов, Р.В. Лазарев. – № 2010110960/13; заявл. 22.03.2010; опублик. 27.06.2011, Бюл. №18.
13. Патент 2216574 Российская Федерация, МПК С11 В 1/10. Способ экстракции ценных веществ из растительного сырья с помощью СВЧ-энергии / А.И. Марколия, Н.И. Малых, Л.Г. Голубчиков и др. – № 2002100236/13; заявл. 11.01.2002; опублик. 20.11.2003
14. Рогов, И.А. Сверхвысокочастотный нагрев пищевых продуктов: учебное пособие / И.А. Рогов, С.В. Некрутман. – М.: Агропромиздат, 1986. – 351 с.
15. Рущиц, А.А. Повышение качества мучных изделий с использованием светлого ячменного солода, обработанного СВЧ: дис. ... канд. техн. наук / А.А. Рущиц. – М., 2009. – 215 с.
16. Терлова, Е.А. Активация процесса экстракции растительных масел в СВЧ-электромагнитном поле / Е.А. Терлова, В.Ю. Кожевников // Вестник Саратовского государственного технического университета. – 2012. – № 2с. – С. 171–177.
17. Толмачева, Т.А. Влияние СВЧ-поля на микрофлору и качественные показатели сухофруктов: дис. ... канд. биол. наук / Т.А. Толмачева. – Красноярск, 2004. – 136 с.
18. Ушакова, Н.Ф. Опыт применения СВЧ-энергии при производстве пищевых продуктов / Н.Ф. Ушакова, Т.С. Копылова, В.В. Касаткин, А.Г. Кудряшова // Пищевая промышленность. – 2013. – № 10. – С. 30–32.
19. Цугленок, В.Н. Обоснование технологического процесса и эффективных режимов СВЧ-обеззараживания зерна при производстве зернового хлеба: дис. ... канд. техн. наук / В.Н. Цугленок. – Красноярск, 2004. – 122 с.
20. Юсупова, Г.Г. Применение энергии СВЧ-поля для обеспечения безопасности и улучшения качества продуктов растительного происхождения / Г.Г. Юсупова, Ю.И. Зданович, Э.И. Черкасова // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2005. – № 7. – С. 27–29.

Рущиц Анастасия Андреевна. Кандидат технических наук, доцент кафедры «Технология и организация питания», Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск, asuta80@mail.ru.

Щербакова Елена Ивановна. Кандидат технических наук, доцент кафедры «Технология и организация питания», Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск, stekl_elena@mail.ru

Поступила в редакцию 26 января 2014 г.

USE OF MICROWAVE HEATING IN FOOD INDUSTRY AND PUBLIC CATERING

A.A. Rushchits, South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation

E.I. Shcherbakova, South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation

The paper gives an outline of the use of microwave heating in food production. Peculiarities of dielectric heating in comparison with traditional types of heat treatment are examined. The advantages of microwave heating applied in various technological processes are described.

Keywords: electrophysical method of processing, dielectric heating, microwave heating, heat treatment.

References

1. Altuhov I.V., Ochirov V.D. [Analysis of Food Drying Techniques]. *Vestnik Irkutskoj Gosudarstvennoj Sel'skohozjajstvennoj Akademii* [Vestnik of Irkutsk State Academy of Agriculture], 2009, no. 36, pp. 16–21. (in Russ.)
2. Antipov S.T., Shirshov E.A., Kazarcev D.A. [Influence of Electromagnetic Field Strength Values on Dielectric Drying of Coriander Seeds]. *Hranenie i pererabotka sel'hozsy'r'ja* [Storage and Processing of Agricultural Raw Materials], 2002, no. 9, pp. 50–51. (in Russ.)
3. Arslanov Sh. [Electrophysical Influence on the process of Bread Making]. *Hleboprodukty* [Grain Products], 2010, no. 11, pp. 56–57. (in Russ.)
4. Aujerman L.Ja., Puchkovej L.I. (Ed.) *Tehnologija hlebopekarnogo proizvodstva* [Technology of Bread Making]. St. Petersburg: Professija Publ., 2005. 416 p.
5. Vorob'ev V.V. *Nauchno-prakticheskie osnovy sozdaniya jeffektivnyh tehnologij proizvodstva vysokokachestvennyh produktov iz gidrobiontov s ispol'zovaniem jelektromagnitnogo polja SVCh*. Diss. dokt. tehn. nauk [Effective Techniques of Producing High-quality Products from Hydrocoles with the Help of Superhigh Frequency Electromagnetic Field: Doct. Dis. (Engineering)]. Moscow, 2005. 398 p.
6. Grigor'eva T.M. [Mechanical Superhigh Frequency Facilities for Cooking Chopped Giblets]. *Vestnik Kazanskogo Gosudarstvennogo Agrarnogo Universiteta* [Vestnik of Kazan State Agrarian University], 2011, no. 2, pp. 97–99. (in Russ.)
7. Kas'janenko V.P. *Obezrazhivanie zerna i kombikormov v pole SVCh*. Diss. kand. tehn. nauk [Elaboration of Methods for Obtaining Extracts from Grape Pomace and Their Use in Therapeutic Bakery Products: Cand. Dis. (Engineering)]. Moscow, 2002. 107 p.
8. Kondrat'ev D.V. *Razrabotka sposobov poluchenija jekstraktov iz vinogradnyh vyzhimok i ih primenenie v tehnologii hlebobulochnyh izdelij profilakticheskogo naznachenija*. Diss. kand. tehn. nauk [Disinfection of Seeds and Formula Feed in the Field of Superhigh Frequency: cand. dis. (Engineering)]. Pjatigorsk, 2009. 156 p.
9. Koh D.A., Tipsina N.N. [Influence of a Freezing Process on Small-fruited Apples]. *Sovremennye problemy tehniki i tehnologii pishhevyh proizvodstv: mater. XII mezhdunarod. nauch.-prakt. konf.* [Contemporary Issues of Food Production Technology: Materials of XII International Research and Practical Conference]. Barnaul, 2009, pp. 150–154. (in Russ.)
10. Kretov I.T., Shashkin A.I., Shahov S.V., Chernyh V.B., Belozercev A.S. [Modeling of a Food Drying Process by Vacuum Sublimation in the Superhigh Frequency Field]. *Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Pishhevaja tehnologija* [Proceedings of Higher Educational Institutions. Food Technology], 2003, no. 5–6, pp. 65–68. (in Russ.)
11. Orlov V.V., Alferov A.S. [Prospects of Microwave Processing of Liquid Food]. *NIU ITMO. Serija Processy i apparaty pishhevyh proizvodstv* [Saint-Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics. Series "Processes and Equipment of Food Production"]. 2006, no. 2(2), pp. 52–54.

12. Kretov I.T., Shahov S.V., Lazarev R.V. *Sposob proizvodstva baranochnyh izdelij s ispol'zovaniem SVCh jenergii* [Production of Ring-shaped Rolls Using Superhigh Frequency Energy]. Patent RF, 2422018, MPK S1 A21D 13/08, A21D 8/02. № 2010110960/13; zajavl. 22.03.2010; opubl. 27.06.2011, Bjul. №18.
13. Markolija A.I., Malyh N.I., Golubchikov L.G. e. a. *Sposob jekstrakcii cennyh veshhestv iz rastitel'nogo syr'ja s pomoshh'ju SVCh jenergii* [Extraction of the Goodness from Plant Raw Materials with the Help of Superhigh Frequency Energy]. Patent RF, 2216574, MPK S11 B 1/10. № 2002100236/13; zajavl. 11.01.2002; opubl. 20.11.2003/
14. Rogov I.A., Nekrutman S.V. *Sverhvysokochastotnyj nagrev pishhevyh produktov* [Microwave Heating of Food Products]. Moscow, Agropromizdat Publ., 1986. 351 p.
15. Rushhic A.A. *Povyshenie kachestva muchnyh izdelij s ispol'zovaniem svetlogo jachmennogo soloda, obrabotannogo SVCh*. Diss. kand. tehn. nauk [Improvement of Pastries Quality Using Pale Barley Malt Processed by Superhigh Frequency. Cand. Dis. (Engineering). – Moscow, 2009, 215 p.
16. Terlova E.A., Kozhevnikov V.Ju. [Activation of a Vegetable Oil Extraction Process in the Superhigh Frequency Electromagnetic Field]. *Vestnik Saratovskogo Gosudarstvennogo Tehnicheskogo Universiteta* [Vestnik of State Technical University of Saratov], 2012, no. 2s, pp. 171–177.
17. Tolmacheva T.A. *Vlijanie SVCh polja na mikrofloru i kache-stvennye pokazateli suhofruktov*. Diss. kand. biol. nauk [Influence of the Superhigh Frequency Field on Microflora and Qualitative Indicators of Dried Fruit: Cand. Dis. (Biology)]. Krasnojarsk, 2004. 136 p.
18. Ushakova N.F., Kopylova T.S., Kasatkin V.V., Kudrjashova A.G. [Use of Superhigh Frequency Energy in Food Production]. *Pishhevaja promyshlennost'* [Food Industry], 2013, no. 10, pp. 30–32.
19. Cuglenok V.N. *Obosnovanie tehnologicheskogo processa i jef-fektivnyh rezhimov SVCh-obezzarazhivaniya zerna pri proizvodstve zernovogo hleba*: dis. kand. tehn. nauk [Bases of Technological Process and Effective Modes of Superhigh Frequency Disinfection of Seeds in Production of Cereal Bread: Cand. Dis. (Engineering)]. Krasnojarsk, 2004. 122 p.
20. Jusupova G.G., Zdanovich Ju.I., Cherkasova Je.I. [Use of the Energy of a Superhigh Frequency Field for Vegetable Food Safety and Quality Improvement]. *Hranenie i pererabotka sel'hozsyr'ja* [Storage and Processing of Agricultural Raw Materials], 2005, no. 7, pp. 27–29.

Rushchits Anastasia Andreevna, Candidate of Science (Engineering), associate professor, Department of Catering Technology and Organization, South Ural State University, Chelyabinsk, E-mail: asuta80@mail.ru

Shcherbakova Elena Ivanovna, Candidate of Science (Engineering), associate professor, Department of Catering Technology and Organization, South Ural State University, Chelyabinsk, E-mail: stekl_elena@mail.ru

Received 26 January 2014