

---

УДК 664.762

И.А. Черепнев, А.Н. Мороз, Г.А. Ляшенко

*Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства имени П. Василенко, Харьков*

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ПРОДОВОЛЬСТВЕННОГО РЕЗЕРВА

*В статье рассмотрены вопросы использования сверхвысокочастотных электромагнитных полей для более эффективного использования вторичного сырья и продления сроков хранения продуктов питания для продовольственного резерва.*

**Ключевые слова:** *сверхвысокочастотные электромагнитные поля, чрезвычайные ситуации, СВЧ-обработка.*

### Введение

**Постановка проблемы.** В условиях экономического кризиса мирового масштаба проблема обеспечения государством своей продовольственной безопасности является крайне актуальной. В значительной степени значение продовольственного резерва возрастает в условиях чрезвычайных ситуаций (ЧС) различного типа. Ежегодно в мире умирает вследствие ЧС (стихийные бедствия, аварии, пожары, несчастные случаи в быту и на производстве) около 2 млн. человек; больше 200 млн. человек получают повреждения различного характера, из них около 10 млн. человек становятся инвалидами. Материальный ущерб при этом достигает 3-5 % валового производственного продукта мировой экономики [1]. В подобных ситуациях главной задачей становится обеспечение пострадавших продуктами питания, водой, лекарствами и другими предметами первой необходимости.

**Анализ последних исследований и публикаций.** В ряде работ [2 – 5] проанализирована статистика ЧС в Украине и в ряде стран, а также и та роль, которую играет государственный и мобилиза-

ционный резерв для ликвидации их последствий. Наибольшее распространение имеют ЧС техногенного характера. На втором месте – ЧС природные, социальные же ЧС составляют менее 1 %. На рис. 1 представлен обобщенный анализ гибели людей в техногенных ЧС в странах СНГ.

Мировой опыт спасения людей и ликвидации последствий ЧС свидетельствует о сложности своевременного обеспечения пострадавших продуктами питания, питьевой водой и о фактах смерти от истощения. Альтернативой поставке традиционного продовольствия может стать производство «умных продуктов» в лечении недоедания в странах Африканского Рога. В Пакистане ВПП разработала чрезвычайно питательную пасту из выращиваемого на месте турецкого гороха. Разработка аналогичного «умного продукта» в настоящее время распространяется в Эфиопии...» [1].

**Цель статьи** – анализ возможностей современных микроволновых технологий для изготовления продуктов питания, которые при минимальном весе и объеме имеют наибольшие энергетические показатели и рассчитаны на долговременное хранение.

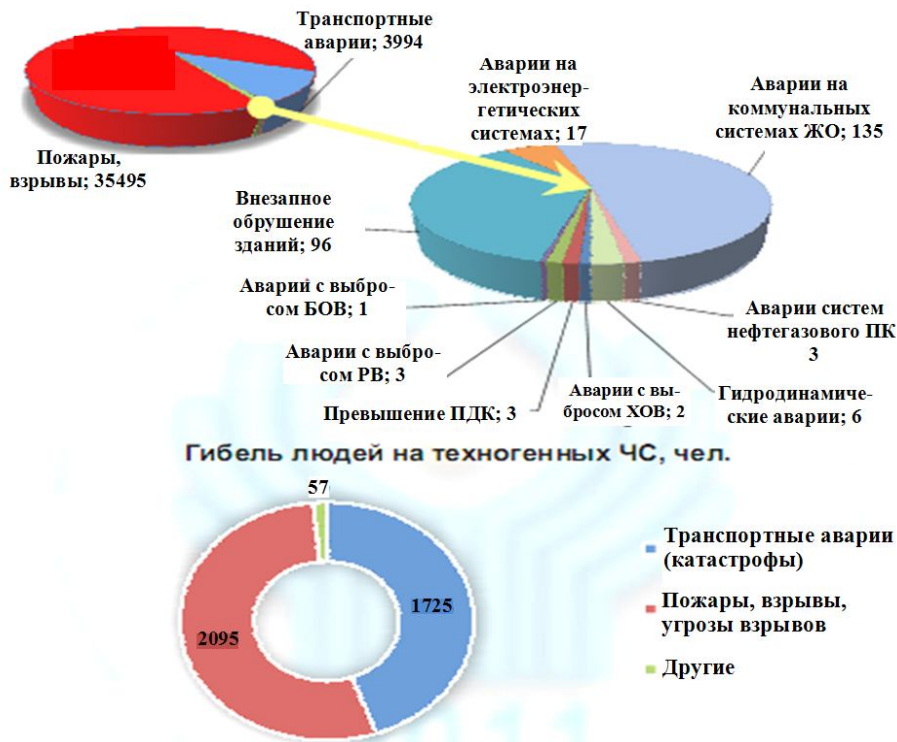


Рис. 1. Анализ гибели людей в техногенных ЧС в странах СНГ

### Основные материалы исследования

Традиционными продуктами питания, которые на протяжении уже почти двух столетий использовались в армии, на флоте, в длительных экспедициях, являются консервы.

В России до Первой Мировой войны были разработана технология и производственные мощности, позволяющие производить консервированное тушеное мясо высокого качества, рассчитанное на длительное хранение вне стационарных холодильников и складов. В 1966 году произошел очень интересный случай. Во Всесоюзный научно-исследовательский институт консервной промышленности была доставлена и вскрыта банка тушенки с надписью: «Петропавловский консервный завод. Мясо тушёное. 1916 год». Проведенный анализ и последующая дегустация показали, что говядина тушёная превосходно сохранилась, несмотря на то, что пролежала в банке 50 лет. Этот поразительный результат был достигнут благодаря обработке мяса ионами серебра. Этими работами руководили генерал И.П. Надаров и известный врач С.П. Боткин. На рис. 2 приведена разработанная ими лабораторная установка для получения ионов серебра.

Но значительно более весомые результаты были получены при использовании СВЧ-излучений.

Медикам понадобился способ стерилизации анатомических и различных биологических учебных препаратов без применения химических веществ. И так совпало, что одновременно с ними лаборатория

А.С. Попова испытывала в различных режимах свой опытный экземпляр СВЧ-генератора с параболической антенной (рис. 3). Врачи, в порядке проведения натурального эксперимента, предложили поместить перед излучателем герметично закрытую стеклянную банку с анатомическим препаратом, погруженной в обычную воду без предварительной стерилизации и добавления антисептиков и консервантов.

К сожалению, технические характеристики СВЧ-генератора обнаружить в архивах не удалось, но в найденном лабораторном журнале остались сведения, что «после облучения в течение 20 минут банки с

препаратом, последний сохранялся без признаков разложения более двух месяцев, в то время как контрольный образец начал разлагаться уже на 4-й день» [6].



Рис. 2. Лабораторная установка для получения ионов серебра



Рис. 3. Экспериментальная установка с излучателем СВЧ

К основным продуктам питания, находящимся на долговременном хранении относятся продоволь-

ственное зерно, продукты его переработки и хлеб. В работе [7] проведена систематизация обеззаражива-

ния зерна и продуктов его переработки с использованием СВЧ ЭМИ (рис. 4).



Рис. 4. Систематизация методов обеззараживания зерна и продуктов его переработки

Обработка в поле сверхвысокой частоты снижает микробиологическую обсемененность зерна и продуктов его переработки. В отношении пшеничной муки, энергия электромагнитного поля, с учетом продолжительности ее воздействия, может заменить процесс созревания муки или укрепить клейковину слабой муки за счет того, что мука нагревается, поглощая энергию излучения, а за счет СВЧ-обработки также повышается газообразующая способность муки. Специалистами определены основные параметры, от которых зависят качественные и количественные показатели пшеничной муки при обработке в электромагнитном поле:

$$y = f(T, P, t, h), \quad (1)$$

где  $T$  – температура обработанного продукта,  $^{\circ}\text{C}$ ;  
 $P$  – удельная тепловая мощность,  $\text{кВт}/\text{м}^3$ ;  
 $t$  – время воздействия, с;  
 $h$  – толщина слоя муки на конвейере, мм.

Для достижения определенного уровня нагрева по результатам теоретических расчетов использовали сочетание времени воздействия (30÷90 секунд), удельной тепловой мощности СВЧ-энергоподвода ( $0,12 \div 0,408 \text{ кВт}/\text{м}^3$ ), толщины слоя муки (20÷40 мм) при частоте обработки 2,45 ГГц. На этой частоте коэффициент поглощения СВЧ-излучения очень высокий, а глубина проникновения поля достаточна для равномерного распределения энергии по всему объему нагреваемого продукта [8].

Исследования [9 - 12] показали, что весьма важным фактором в процессе тепловой обработки при воздействии СВЧ-излучения пищевой продукции является скорость нагрева  $V_t = [^{\circ}\text{C} / \text{с}]$ .

При тепловой стерилизации необходимо, чтобы коэффициент удельной скорости гибели штаммов микроорганизмов ( $K_c$ ) превышал коэффициент удельной скорости разложения термолabile компонентов ( $K_p$ ), например, лекарственных препаратов, подлежащих стерилизации  $K_c \gg K_p$  [13].

Известная зависимость  $K_c$  от температуры имеет вид [13]

$$K_c = A e^{-E/(RT)}, \quad (2)$$

где  $A$  – константа Аррениуса ( $A = 10^{36,2} \text{ с}^{-1}$ );

$E$  – энергия активации, необходимая для гибели штаммов (спор);

$R$  – универсальная газовая постоянная ( $R = 8,31 \text{ Дж} / \text{моль} \cdot \text{K}$ ).

С учетом этой зависимости и графиков (рис. 5), сравнительное требуемое время микроволновой стерилизации может быть оценено из соотношения

$$\tau_{\text{тр}} = \frac{2,3}{K_c} \ln \frac{N_0}{N}, \quad (3)$$

где  $N_0$  – начальная заселенность среды штаммами (спорами);

$N$  – конечная заселенность среды.

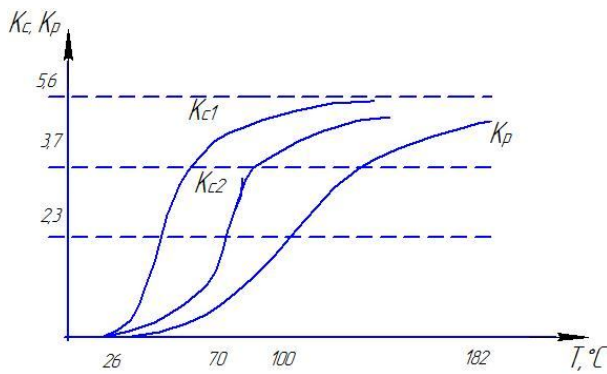


Рис. 5. Зависимость коэффициентов удельной скорости ( $K_c$ ) гибели штаммов и удельной скорости ( $K_p$ ) разложения термолабильных компонентов препарата от температуры:  $K_{c1}$  – при микроволновом избирательном воздействии;  $K_{c2}$  – при тепловой (традиционной) обработке

При этом

$$N_0 = C_0 V,$$

где  $C_0$  – количество штаммов в 1 мл среды объемом  $V$ .

Таким образом, из рассмотренных зависимостей следует, что при микроволновом воздействии время стерилизации сокращается по сравнению с обычной тепловой обработкой примерно в 1,5 раза.

Пастеризация, проводимая при температуре  $70^\circ\text{C}$ , осуществляется с  $K_c = 1,4$ , при микроволновом избирательном воздействии – при  $K_c = 3,7$ , следовательно, требуемое время для заданного уровня пастеризации уменьшается при этом более чем в 2,5 раза [13].

Для формирования продовольственного резерва необходимо иметь и витаминизированные пищевые продукты, которые позволяют при минимальной массе и размерах компенсировать энергетические потери человека и оказать тонизирующее воздействие. В работе [9] исследована возможность использования СВЧ-обработки для производства продуктов питания функционального и лечебно-профилактического назначения, способствующих укреплению защитных функций организма человека, что является важнейшей задачей. Весьма перспективным представляется применение для производства данных продуктов плодово-ягодного сырья, зерновых и бобовых культур, особенно субтропических культур в комплексе с лекарственными растениями. Для приготовления из скоропортящегося сырья, такого как инжир и шелковица, варенья, джемов и сухофруктов, необходима продолжительная тепловая обработка, при которой сырье теряет лечебные свойства. Отрицательно влияют на организм и многочисленные мелкие семена инжира, шелковицы и киви. В связи с этим весьма перспек-

тивно выделение из них полезных веществ методом экстракции.

На рис. 6 представлен положительный эффект, который оказывает СВЧ-обработка на общее количество сахаров, перешедших в экстракт.

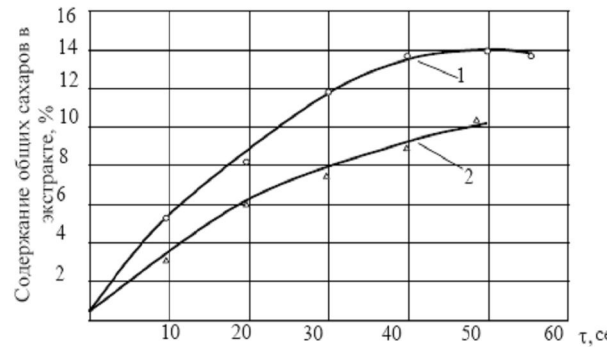


Рис. 6. Влияние микроволнового воздействия на общее количество сахаров, перешедших в экстракт:  
1 – микроволновое воздействие;  
2 – обработка обычным методом

При этом для ускорения довольно длительного процесса экстракции и максимального сохранения питательных веществ целесообразно применение таких методов подачи энергии, которые создают внутренние источники тепла, в частности применение микроволнового поля. Аналогичный положительный эффект получен и при извлечении экстрактивных веществ из растительного сырья для усиления питательных свойств и сохранности продуктов питания [10].

В настоящее время во многих странах СНГ наблюдалось сокращение производства животноводческой продукции на душу населения, что свидетельствует о его убыточности [2]. Данное обстоятельство привлекло внимание к поиску новых способов воздействия на вторичное сырье для его более эффективного использования в производстве высококачественных мясных продуктов.

Рациональное использование белков соединительной ткани (коллагенсодержащего сырья) позволяет решить многие вопросы мясного производства: компенсировать недостаток мышечных белков, увеличить выход готового продукта, снизить себестоимость готовой продукции (без уменьшения пищевой ценности) и стабилизировать ее качество при одновременном снижении расхода мясного сырья. Одним из направлений рационального использования коллагенсодержащего сырья и отходов мясной промышленности является их модификация с целью получения белковых продуктов, обогащенных микронутриентами для дальнейшего использования в производстве продуктов питания, в частности, мясных. Кроме дефицита белка значительная часть населения испытывает дефицит ми-

нормных нутриентов. В состав натурального мясного сырья входят различные витамины, которые в результате тепловой обработки в значительной степени разрушаются. Оставшееся количество витаминов не может удовлетворить в полной мере потребности организма. Так, потеря аскорбиновой кислоты может составлять 75%, поэтому дополнительное введение витамина С в состав мясных изделий и обеспечение его сохранности может способствовать снижению дефицита этого витамина в организме. Эксперименты показали эффективность СВЧ-обработки [11].

## Выводы

При обработке сельскохозяйственного сырья с целью длительного хранения (стерилизация, пастеризация) СВЧ-технологии оптимальны с точки зрения экономической эффективности и требований экологии.

Использование СВЧ-излучения для извлечения экстрактивных веществ из растительного сырья позволяет снизить время экстрагирования.

СВЧ-обработка позволяет производить витаминизированные пищевые продукты функционального и лечебно-профилактического назначения, способствующие укреплению защитных функций организма человека.

СВЧ-обработка позволяет обеспечить более эффективное использование вторичного сырья в производстве высококачественных мясных продуктов.

## Список литературы

1. Влияние социально-экономических факторов на рост числа дорожно-транспортных происшествий со смертельным исходом / И.А. Черепнев, В.И. Дьяконов, Г.А. Ляшенко, Н.В. Полянова, Т.В. Джигит // Системи обробки інформації. – Х.: ХУПС, 2014. – Вип. 6(122). – С. 190–196.

2. Аналитический обзор состояния продовольственной безопасности и государственного резерва Украины / Н.М. Кириенко, И.А. Черепнев, В.П. Богомолова и др. // Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка. Вип.103 «Механізація с.г. виробництва та переробки сільськогосподарської продукції». – Х., 2010. – С. 284–299.

3. Сведения о чрезвычайных ситуациях в государствах-участниках СНГ в 2011 г. [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.cis.minsk.by/foto/news/883.pdf>.

4. Губанов В.М., Чрезвычайные ситуации социального характера и защита от них / В.М. Губанов, Л.А. Михайлов, В.П. Соломин. – М.: Дрофа, 2007. – 288 с.

5. Ширан Ж. Предотвращение голода [Электронный ресурс] / Жозетт Ширан. – Режим доступа: <https://www.imf.org/external/russian/pubs/ft/fandd/2011/12/pdf/view.pdf>.

6. «Посеребри баночку дорогой!». Режим доступа: <http://www.ulan.de/products/ads/statija.pdf>

7. Юсупова Г.Г. Обеспечение микробиологической стабильности и безопасности зерна, продуктов его переработки и хлеба : автореферат дисс. ... докт. с.-х. наук / Г.Г. Юсупова. – М., 2008. – 38 с.

8. Семёнова О.Л. Разработка технологии обработки пшеничной муки в поле сверхвысокой частоты и исследование влияния режимных параметров на её показатели качества / О.Л. Семенова // Научн. журнал КубГАУ. – 2012. – №75 (01). – С. 22-31.

9. Хуцидзе Ц.З. Разработка технологии продуктов питания функционального назначения с использованием плодов субтропических культур и нетрадиционного растительного сырья : автореферат дисс. ... канд. техн. наук / Ц.З. Хуцидзе. – Кутаиси, 2006. – 20 с.

10. Копысова Т.С. Разработка технологии СВЧ-экстрагирования компонентов растительного сырья : автореферат дисс. ... канд. техн. наук / Т.С. Копысова. – СПб. – Пушкин, 2013. – 20 с.

11. Васильева И.О. Разработка технологии мясного продукта с использованием биологически активного компонента на основе модифицированного коллагена и минорного нутриента: дисс. ... канд. техн. наук. / И.О. Васильева. – М., 2014. – 188 с.

12. Черкасова Э.И. Использование СВЧ-поля для обеспечения микробиологической безопасности продуктов растительного происхождения / Э.И. Черкасова // Вестник 68 ЮУрГУ. Серия «Пищевые и биотехнологии». – 2014. – Т. 2, № 1. – С. 67–71.

13. Демьянчук Б.А. Принципы и применения микроволнового нагрева // Б.А. Демьянчук. – Одесса : Черноморье, 2004 – 520 с.

Поступила в редколлегию 2.04.2015

**Рецензент:** д-р техн. наук проф. Н.И. Адаменко, Харьковский национальный университет им. В.Н. Каразина, Харьков.

## ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ФОРМУВАННЯ ПРОДОВОЛЬЧОГО РЕЗЕРВУ

І.А. Черепнев, О.М. Мороз, Г.А. Ляшенко

У статті розглянуті питання використання надвисокочастотних електромагнітних полів для більш ефективного використання вторинної сировини та продовження термінів зберігання продуктів харчування для продовольчого резерву.

**Ключові слова:** надвисокочастотні електромагнітні поля, надзвичайні ситуації, СВЧ-обробка.

## THE USE OF ELECTROMAGNETIC TECHNOLOGY FOR FORMING OF FOOD RESERVES

I.A. Cherepnev, A.N. Moroz, G.A. Lyashenko

In the article the questions of the use of microwave electromagnetic fields for more efficient use of secondary raw materials and extending the shelf life of food products for Pro-food allowance are considered.

**Keywords:** microwave electromagnetic fields, emergency, microwave processing.