

Д.В. Поручиков^{1,3}, ✉
М.В. Просвирякова²,
Г.А. Ларионов¹,
И.Г. Ершова²

¹ Чувашский государственный аграрный университет, Чебоксары, Российская Федерация

² Российский государственный аграрный университет — МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва, Российская Федерация

³ Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, Москва, Российская Федерация

✉ dv.poruchikov@yandex.ru

Поступила в редакцию:
18.08.2022

Одобрена после рецензирования:
29.09.2022

Принята к публикации:
27.10.2022

Dmitrii V. Poruchikov^{1,3}, ✉
Mariana V. Prosviryakova²,
Gennady A. Larionov¹,
Irina G. Ershova²

¹ Chuvash State Agrarian University, Cheboksary, Russian Federation

² Russian State Agrarian University — Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, Moscow, Russian Federation

³ Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russian Federation

✉ dv.poruchikov@yandex.ru

Received by the editorial office:
18.08.2022

Accepted in revised:
29.09.2022

Accepted for publication:
27.10.2022

Технология совмещения процессов посола и термообработки субпродуктов в сверхвысококачастотной установке

РЕЗЮМЕ

Актуальность. С увеличением производства продукции животноводства встает вопрос рационального использования субпродуктов. В настоящее время такое сырье преимущественно реализуется без переработки. Для повышения рентабельности производства предлагается реализовать субпродукт в вареном виде. Один из способов получения вареной продукции из мелкокускового мясного сырья с хорошими потребительскими свойствами — это использование эндогенного нагрева при массажи в рассоле.

Методы. Теоретические исследования проводили, анализируя физические процессы, связанные с распространением электромагнитных волн в средах с потерями; изучали массообменные процессы в сырье с посолочным веществом при эндогенном нагреве. Визуализацию распределения электромагнитного поля (ЭМП) в цилиндрическом щелевом резонаторе, вычисления собственной добротности и напряженности электрического поля (ЭП) осуществляли в программе CST Microwave Studio. Обоснование режимов работы установки проводили через регрессионные модели, полученные применением трехфакторного эксперимента типа 23 в программах Statistica 12.0, Microsoft Excel 10.0. В программе «Компас-3D 18» проводили трехмерное моделирование конструктивного исполнения цилиндрических щелевых резонаторов-барабанов. Электромагнитную безопасность оценивали по результатам исследований мощности потока излучений установки с помощью измерителей ПЗ-33М, ПЗ-41.

Результаты. Установлены режимы работы разработанной и изготовленной СВЧ-установки с щелевым цилиндрическим резонатором-барабаном для термообработки и массажи сырь с учетом регрессионных моделей. Они таковы: производительность 10 кг/ч; удельная мощность 1,6 Вт/г; продолжительности обработки 1,0 ч при концентрации соли 12,88%; удельные энергетические затраты 0,165 кВт·ч/кг; частота вращения резонатора-барабана 23 об/мин.

Ключевые слова: термообработка, сверхвысококачастотная установка, субпродукты, посол, совмещение процессов

Для цитирования: Поручиков Д.В., Просвирякова М.В., Ларионов Г.А., Ершова И.Г. Технология совмещения процессов посола и термообработки субпродуктов в сверхвысококачастотной установке. Аграрная наука. 2022; 364 (11): 103–109. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-364-11-103-109>

© Поручиков Д.В., Просвирякова М.В., Ларионов Г.А., Ершова И.Г.

Technology for combining the processes of salting and heat treatment of offal in a microwave installation

ABSTRACT

Relevance. With the increase in livestock production, the question of the rational use of by-products arises. Currently, such raw materials are mainly sold without processing. To increase the profitability of production, it is proposed to sell the offal in boiled form. One of the ways to obtain boiled products from small-sized meat raw materials with good consumer properties is the use of endogenous heating during massaging in brine.

Methods. Theoretical studies were carried out by analyzing the physical processes associated with the propagation of electromagnetic waves in media with losses; the mass-transfer processes in raw materials with a curing substance during endogenous heating were studied. The visualization of the distribution of the electromagnetic field (EMF) in a cylindrical slotted resonator, the calculation of the intrinsic quality factor and the electric field strength (EF) were carried out using the CST Microwave Studio program. The substantiation of the operating modes of the installation was carried out through regression models obtained using a three-factor experiment of type 23 in the programs Statistica 12.0, Microsoft Excel 10.0. In the Compass-3D 18 program, three-dimensional modeling of the structural design of cylindrical slotted resonators-drums was carried out. Electromagnetic safety was evaluated by the results of studies of the power of the radiation flux by the installation using a PZ-33M, PZ-41 measuring devices.

Results. The operating modes of the developed and manufactured microwave installation with a slotted cylindrical resonator-drum for heat treatment and massaging of raw materials are established, taking into account regression models. They are: productivity 10 kg/h; specific power 1.6W/g; processing time 1.0 h, at a salt concentration of 12.88%; specific energy costs 0.165 kW·h/kg; frequency of rotation of the resonator -drum 23 rpm.

Key words: heat treatment, microwave installation, offal, salting, combination of processes

For citation: Poruchikov D.V., Prosviryakova M.V., Larionov G.A., Ershova I.G. Technology for combining the processes of salting and heat treatment of offal in a microwave installation. Agrarian science. 2022; 364 (11): 103–109. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-364-11-103-109> (In Russian).

© Poruchikov D.V., Prosviryakova M.V., Larionov G.A., Ershova I.G., Semenov A.A.

Введение / Introduction

С увеличением производства продукции животноводства встает вопрос рационального использования субпродуктов. В настоящее время такое сырье преимущественно реализуется без переработки. Для повышения рентабельности производства предлагается реализовать субпродукт в вареном виде. Один из способов получения вареной продукции из мелкокускового мясного сырья с хорошими потребительскими свойствами — это использование эндогенного нагрева при массировании в рассоле. Процесс массирования мясного сырья в течение 3–4 ч после инъекции рассолом при производстве копченых изделий широко распространен, но для мелкокускового сырья такая технология исключается из-за трудностей инъектирования рассолом [1, 2].

С учетом направления Стратегии научно-технологического развития РФ (Указ Президента РФ от 01.12.2016 № 642) «Разработка и внедрение систем рациональной переработки сельскохозяйственной продукции, создание безопасных и качественных продуктов питания», разработка технологии термообработки и массирования субпродуктов и обоснование параметров сверхвысокочастотной установки для ее реализации актуальны [3–5].

Целью исследований является разработка и обоснование параметров сверхвысокочастотной установки с щелевым резонатором-барабаном для термообработки субпродуктов в процессе массирования для улучшения потребительских свойства снижения эксплуатационных затрат.

Поставленная цель определила необходимость решения следующих задач:

1. Провести анализ современного состояния, перспектив и проблем переработки субпродуктов в фермерских хозяйствах, разработать принцип совмещения процессов термообработки и массирования мясного сырья для повышения эффективности функционирования СВЧ-установки и улучшения потребительских свойств продукта.
2. Составить модель процесса функционирования СВЧ-установки с магнетронами воздушного охлаждения и с щелевым резонатором-барабаном, имеющим обоснованные конструктивно-технологические параметры.
3. Исследовать электродинамические параметры (ЭД) установки с щелевым резонатором-барабаном с учетом интерференции и дифракции электромагнитных волн сантиметрового диапазона, в том числе в программе CST Microwave Studio, для обоснования собственной добротности, напряженности электрического поля, мощности потока излучений.
4. Апробировать установку в производственных условиях и оценить технико-экономическую эффективность внедрения установки в фермерское хозяйство.

Материал и методы исследования / Materials and method

Теоретические исследования проводили, анализируя физические процессы, связанные с распространением электромагнитных волн в средах с потерями; изучив массообменные процессы в сырье с посолочным веществом при эндогенном нагреве. Визуализацию распределения электромагнитного поля (ЭМП) в цилиндрическом щелевом резонаторе, вычисления собственной добротности и напряженности электрического поля (ЭП) осуществляли в программе CST Microwave Studio.

Обоснование режимов работы установки проводили через регрессионные модели, полученные применением трехфакторного эксперимента типа 2³ в программах Statistic 12.0, Excel 10.0. В программе «Компас-3D 18» проводили трехмерное моделирование конструкционного исполнения цилиндрических щелевых резонаторов-барабанов. Электромагнитную безопасность оценивали по результатам исследований мощности потока излучений установки с помощью измерителей ПЗ-33М, ПЗ-41.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Для термообработки субпродуктов в процессе массирования разработаны цилиндрические щелевые и перфорированные резонаторы-барабаны. Их электродинамические параметры исследованы тремя способами: 1) через традиционные формулы с учетом коэффициента дифракции; 2) через площадь поверхности и объем резонатора с учетом скин-слоя; 3) в программе CST Studio с использованием вычислителя Frequency Domain Solve, позволяющего в частотной области выполнять расчеты трехмерной электродинамической задачи.

Инновационная идея и сущность нагрева рассола за счет излучения заключается в том, что установку с вращающимся резонатором следует использовать для термообработки и массирования мелкокускового мясного сырья в фермерских хозяйствах. Под сырьем подразумеваются субпродукты (птичьи сердца, печень КРС и свиней), а также измельченное мелкокусковое сырье.

Установка выполнена в виде соосно расположенных двух резонаторов: первый — внутренний щелевой резонатор-барабан, второй — коаксиальный резонатор между экранирующим корпусом и резонатором-барабаном. Источником возбуждения ЭМП СВЧ внутреннего щелевого резонатора-барабана является магнетрон воздушного охлаждения, установленный с открытого торца барабана, а возбуждение ЭМП СВЧ в коаксиальном резонаторе происходит за счет излучения ЭМИ через щели барабана.

Таким образом, происходит повторное использование уходящей мощности через щелевой резонатор и сохранение в рассоле суммарного электромагнитного поля бегущей волны.

В коаксиальном резонаторе ЭМП представляет собой волну, двигающуюся только в одном направлении. Именно такую возможность для электромагнитного поля необходимой структуры и предоставляет резонансная система, в которой электромагнитные волны проходят через сырье и рассол. Наличие кольцевого объема между щелевым резонатором-барабаном и экранирующим корпусом создает условия для рекуперации (повторного и многократного использования) электромагнитной мощности, излучаемой системой первичных источников.

Исследования распределения электромагнитного поля в цилиндрическом щелевом резонаторе проводили по существующим методикам (на основе теории распределения электромагнитного поля). Цилиндрические резонаторы выполнены с высотой (h), кратной половине длины волны (λ). Выбор основного колебания зависит от диаметра (D) и высоты цилиндра. Если $h/D < 2,03$, то основным колебанием является E_{010} ; в случае $h/D > 2,03$ основным колебанием будет H_{111} . Конструкционные размеры разработанных резонаторов выбраны с учетом структуры поля основного колебания E_{010} . В связи с тем, что образующие одного цилиндрического резонатора

Рис. 1. Визуализация распределения напряженности ЭМП и плотности тока в цилиндрическом щелевом резонаторе (мода 6, по осям x, y, z)
Fig. 1. Visualization of the distribution of EMF strength and current density in a cylindrical slot resonator (mode 6, x, y, z)

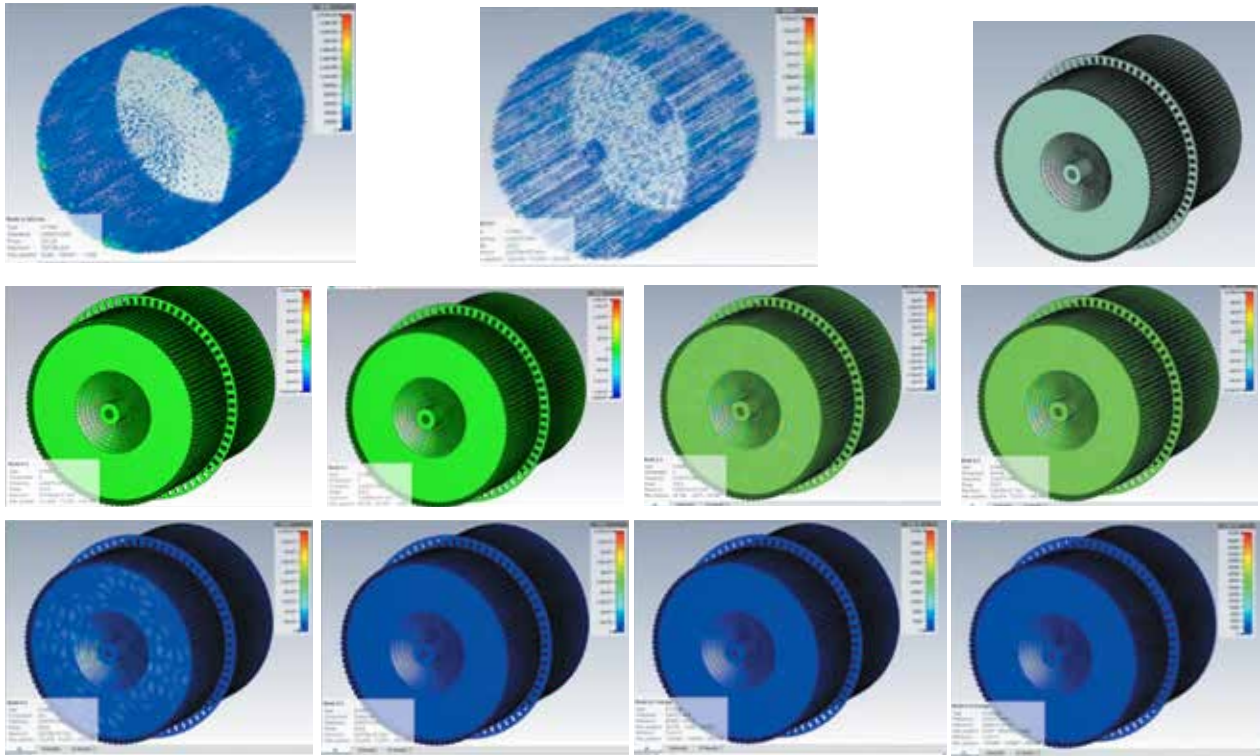
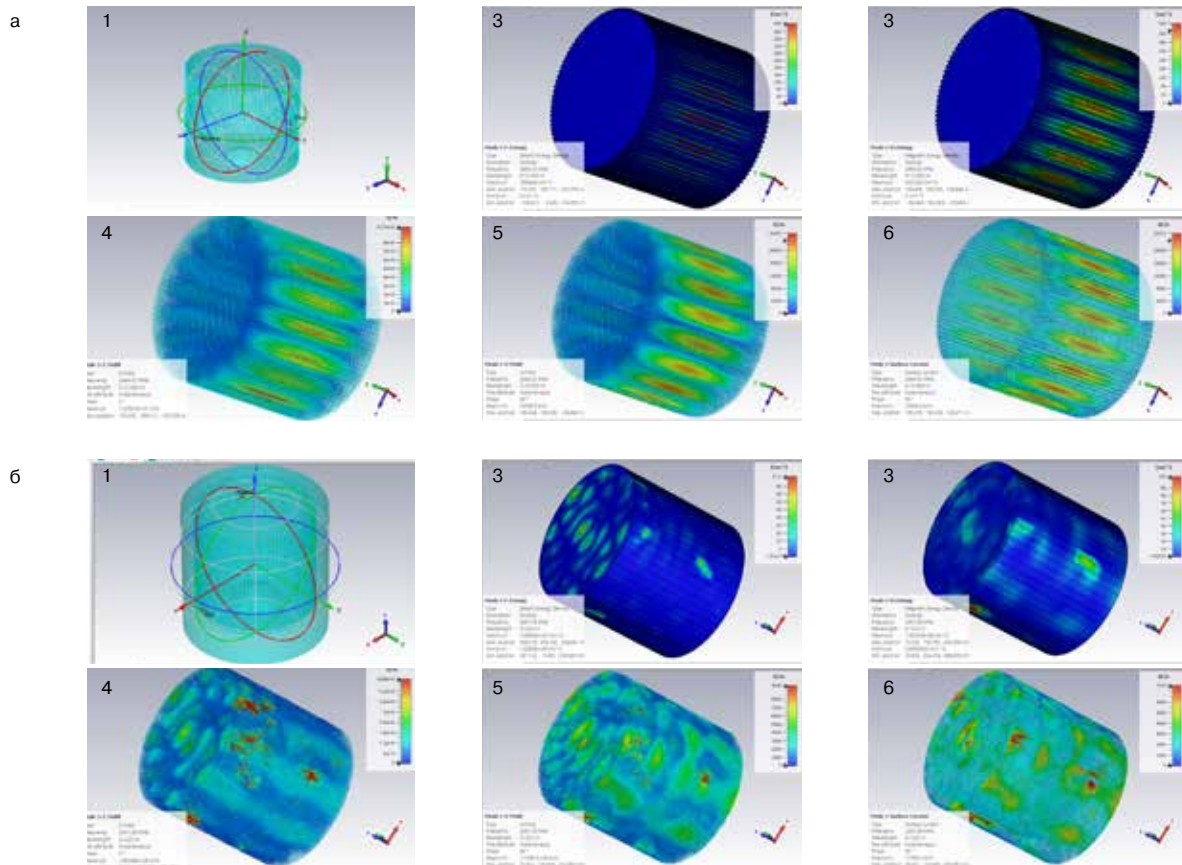


Рис. 2. Электродинамические параметры цилиндрического щелевого резонатора: а — щелевой цилиндрический резонатор; б — щелевой цилиндрический резонатор в экранирующем корпусе; 1 — распределение ЭМП по осям x, y, z; 2 — энергия излучения электрической составляющей, Вт/м³; 3 — энергия излучения магнитной составляющей, Вт/м³; 4 — напряженность электрического поля, В/м; 5 — напряженность магнитного поля, А/м; 6 — поверхностный ток, А/м
Fig. 2. Electrodynamics parameters of a cylindrical slotted resonator: а — slotted cylindrical resonator; б — a slotted cylindrical resonator in a shielding case; 1 — EMF distribution along the x, y, z axes; 2 — radiation energy of the electric component, W/m³; 3 — radiation energy of the magnetic component, W/m³; 4 — electric field strength, V/m; 5 — magnetic field strength, A/m; 6 — surface current, A/m

Fig. 2. Electrodynamic parameters of a cylindrical slotted resonator: а — slotted cylindrical resonator; б — a slotted cylindrical resonator in a shielding case; 1 — EMF distribution along the x, y, z axes; 2 — radiation energy of the electric component, W/m³; 3 — radiation energy of the magnetic component, W/m³; 4 — electric field strength, V/m; 5 — magnetic field strength, A/m; 6 — surface current, A/m



выполнены из стержней, другого — из полых труб, в них возникают явления, связанные со свойством волн огибать препятствия, то есть отклоняться от прямолинейного распространения (возникает *дифракция*). Задачи дифракции электрического поля через щелевой цилиндрический резонатор решали для трех случаев, на основе которых обосновали напряженность электрического поля, мощность потока излучений и собственную добротность [6].

Пользуясь методикой поиска собственных мод резонатора, при помощи программного обеспечения CST Studio 2017 и модуля Time Domain Solver провели исследования напряженности ЭМП, плотности тока, собственной добротности разработанных резонаторов (рис. 1, 2).

Технология производства мясной продукции из мясного сырья и субпродуктов в базовом и проектном вариантах приведена в табл. 1.

Результатом работы разработки сверхвысокочастотной установки с сверхвысокочастотным и инфракрасным энергоподводом к резонатору-барабану из труб с теплоносителем, обеспечивающее термомеханическое воздействие на мясное сырье, стал патент № 2537548. Согласно нему, установка (рис. 3) содержит в экранирующем корпусе 1 резонаторную камеру 3 [7], собранную из труб, с торца которой размещен излучатель от генераторного блока 5. Полый вал 7 проложен через центральную ось резонатора. Вал жестко соединен с торцевым полым диском 15 и кольцевой трубой 6 резонатора.

Под корпусом установлены ИК-лампы 2. Рассол просачивается через щели 13 между трубами на дно корпуса и заливает часть мясного сырья, находящегося в камере. Подают теплоноситель в трубы резонатора через муфту 11; он поступает в правую камеру, так как в полном валу 7 имеется заглушка. Затем, обойдя трубчатый резонатор, он поступает в левую камеру и через трубу возвращается в трубопровод. В таком режиме производят варку и копчение изделия, затем открывают люк и выгружают готовое копченое изделие.

На основе критериальных уравнений получены *регрессионные зависимости*, позволяющие определить рациональные режимы работы установки для эндогенного нагрева [8]. В качестве основных факторов, влияющих на процесс термообработки субпродуктов, были выбраны: удельная мощность генераторов $P_{уд}$, Вт/г (x_1); продолжительность обработки τ , ч (x_2); частота вращения резонатор-барабана n , об/мин (x_3). Выбор интервалов изменения факторов обусловлен технологическими условиями и конструктивными параметрами установки. Пределы их изменения: $0,08 \cdot 10^{-3} \leq P_{уд} \leq 0,4 \cdot 10^{-3}$ Вт/кг; $0,5 \leq \tau \leq 1$ ч; $13 \leq n \leq 33$ об/мин. Критериями оптимизации являются: Y_1 — производительность установки (Q , кг/ч); Y_2 — доза воздействия ЭМП СВЧ (D , Вт·ч/кг); Y_3 — бактериальная обсемененность сырья (общее микробное число ($ОМЧ$), КОЕ/г); Y_4 — энергетические затраты (W , кВт·ч/кг). С использованием программы «Statistica 12.0» построены поверхности отклика и двумерные сечения в изолиниях моделей производительности установки, дозы воздействия, бактериальной обсемененности и энергетических затрат в зависимости от варьируемых параметров (рис. 4).

Таблица 1. Технология производства мясной продукции из субпродуктов и кускового мясного сырья базовым и проектным вариантами

Table 1. Technology for the production of meat products from by-products and lumpy meat raw materials with basic and design options

Технология		Сырье животного происхождения			
		Мелкокусковое мясное сырье	Желудок и сердце куриные		Печень КРС и свиней
Базовая	Вареный мясной продукт	Массирование сырья в рассоле и вакууме с использованием традиционного барабанного мясомассажера			
		Обработка в термокамере (КТОМИ)			
Термообработка и массирование сырья с накоплением посолочных веществ, в резонаторе:					
цилиндрического щелевого барабана из стержней		цилиндрического перфорированного барабана	цилиндрического щелевого барабана из труб	цилиндра с перемешивающим механизмом	
Упаковка вареного продукта					
Проектная					

Уравнения регрессии адекватно описывают процесс термообработки субпродуктов под влиянием исследуемых факторов. Наиболее соответствующая производительность СВЧ-установки для термообработки и массирования сырья (10 кг/ч) достигается при удельной мощности 1,6 Вт/г и продолжительности обработки 1,0 ч.

$$Q = 42,29 - 1,79 \cdot 10^5 \cdot x_1 - 28,12 \cdot x_2 + 2,53 \cdot 10^8 \cdot x_1^2 + 27865,39 \cdot x_1 \cdot x_2 + 7,37 \cdot x_2^2.$$

$$D = -0,16 + 12327,34 \cdot x_1 - 1,53 \cdot x_2 + 2,59 \cdot 10^7 \cdot x_1^2 + 1 \cdot 10^6 \cdot x_1 \cdot x_2 + 0,73 \cdot x_2^2.$$

$$ОМЧ = 1,47 \cdot 10^6 - 3,48 \cdot 10^9 \cdot x_1 - 6,53 \cdot 10^5 \cdot x_2 + 1,45 \cdot 10^{12} \cdot x_1^2 + 1,53 \cdot 10^9 \cdot x_1 \cdot x_2 - 5394,41 \cdot x_2^2.$$

Рис. 3. Установка: 1 — экранирующий корпус; 2 — лампы; 3 — резонатор из труб; 4 — лопасти; 5 — генераторный блок; 6 — кольцевая труба; 7 — полый вал; 8 — подшипниковый узел; 9 — диэлектрическая прокладка; 10 — стопорная гайка; 11 — муфта; 12 — люк; 13 — щель между трубами; 14 — сливной патрубок; 15 — полый диск

Fig. 1. Installation: 1 — shielding case; 2 — lamps; 3 — resonator from pipes; 4 — blades; 5 — generator unit; 6 — annular pipe; 7 — hollow shaft; 8 — bearing assembly; 9 — dielectric gasket; 10 — lock nut; 11 — clutch; 12 — hatch; 13 — gap between pipes; 14 — drain pipe; 15 — hollow disc

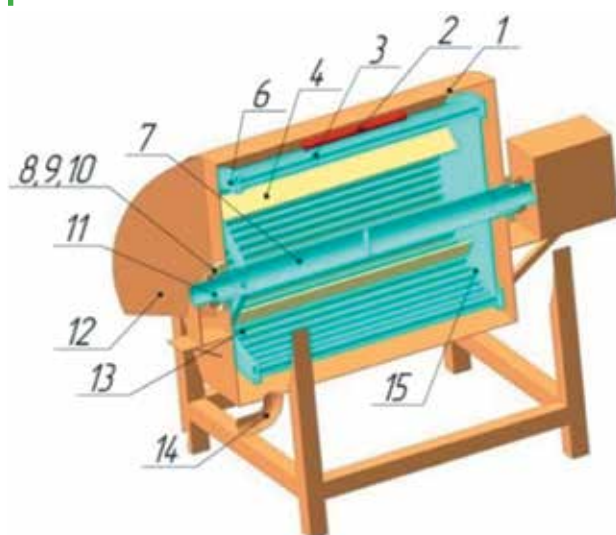


Рис. 4. Поверхность отклика и двумерное сечение в изолиниях трехфакторных моделей в зависимости от удельной мощности генератора и продолжительности эндогенного нагрева при частоте вращения барабана, равной 23 об/мин: а — производительность; б — доза воздействия; в — общее микробное число; г — энергетические затраты

Fig. 4. The response surface and a two-dimensional section in the isolines of three-factor models, depending on the specific power of the generator and the duration of endogenous heating at a drum speed of 23 rpm: а — performance; б — exposure dose; в — total microbial count; г — energy costs

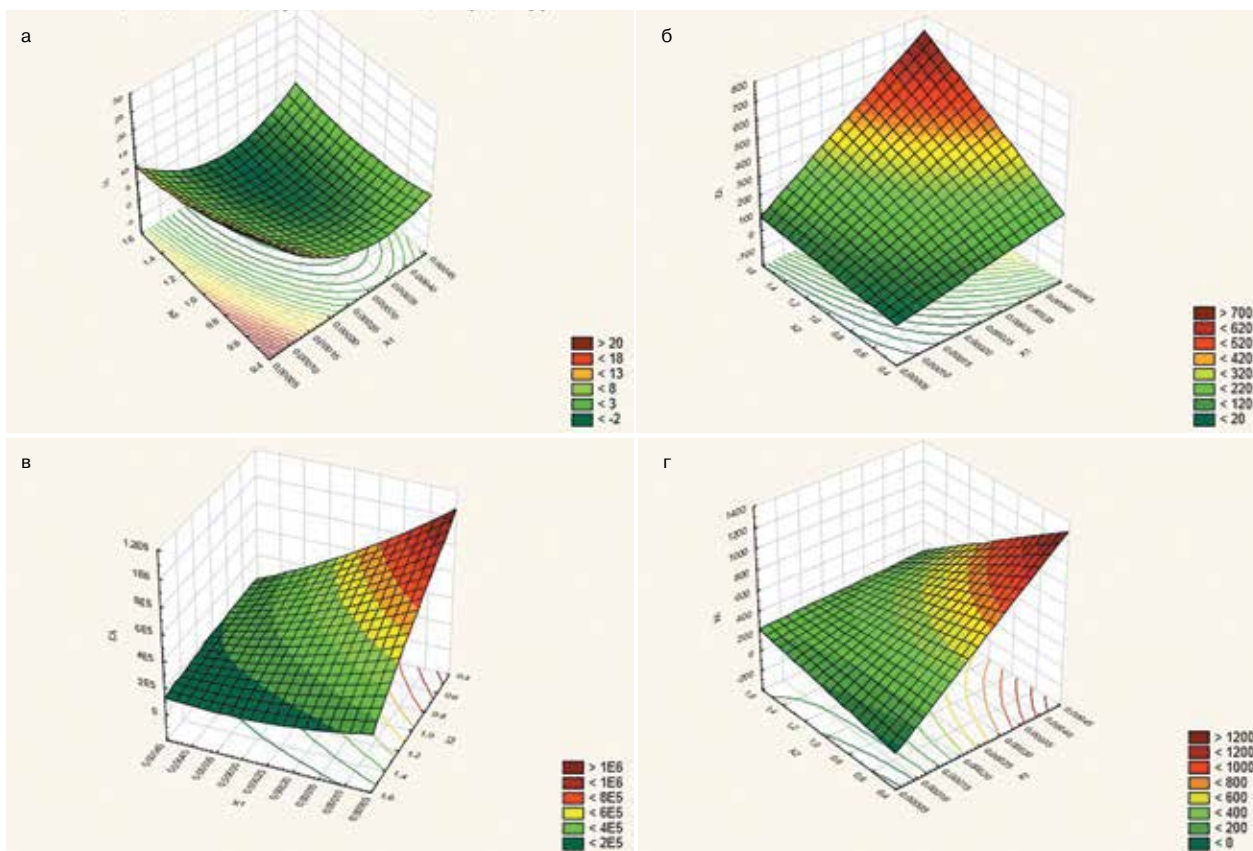
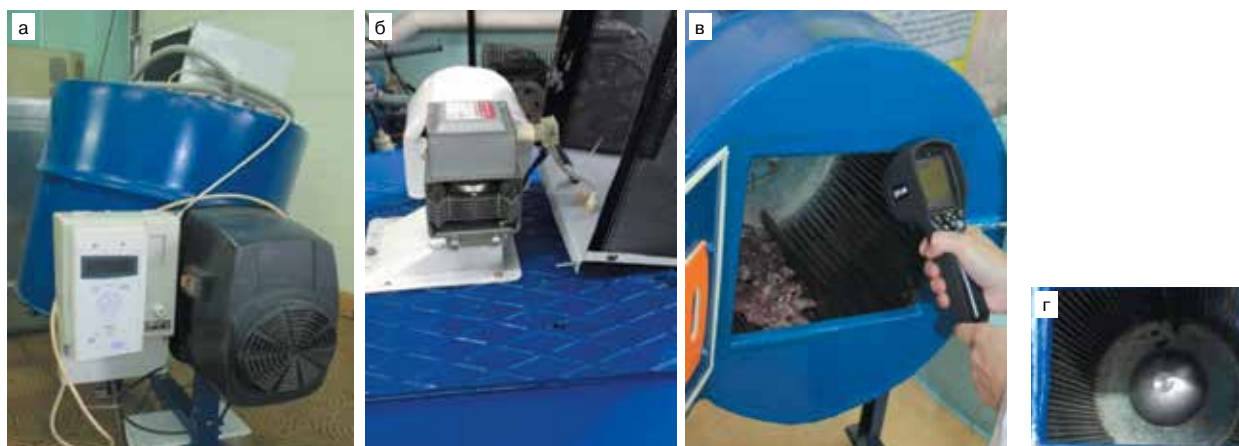


Рис. 5. Установка для термообработки и массирования субпродуктов: а — установка; б — магнетрон на дверце; в — сырье в щелевом резонаторе-барабане; г — стержневая боковая поверхность резонатора

Fig. 5. Installation for heat treatment and massaging offal: а — installation; б — magnetron on the door; в — raw material in a slotted resonator-drum; г — rod side surface of the resonator



$$W = -356,66 + 4,46 \cdot 10^6 \cdot x_1 + 354,91 \cdot x_2 - 6,02 \cdot 10^7 \cdot x_1^2 - 2,66 \cdot 10^6 \cdot x_1 \cdot x_2 - 0,15 \cdot x_2^2. \quad (1)$$

Изготовленная установка с цилиндрическим щелевым резонатором-барабаном для термообработки и массирования субпродуктов показана на рис. 5. Установка позволяет провести термообработку субпродуктов.

Годовой эффект составляет 400 тыс. руб. за счет снижения эксплуатационных затрат при объеме выработанной продукции 16,8 т в год. Рентабельность повысится на 13%.

Предложения по дальнейшему совершенствованию установки для термообработки субпродуктов в рассоле сводятся к обеспечению непрерывного режима работы [9, 10] с использованием тороидального резонатора, в

конденсаторной зоне которого — поворотная платформа с отсеками, а центральный цилиндр представляет собой емкость для рассола. Для исключения пробоа, избежания тепловых нагрузок и обеспечения электромагнитной безопасности рекомендуется эксплуатировать установку в соответствии с требованиями СанПиН 1.2.3685–21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности для человека» (Постановление от 28.01.2021, № 2).

Выводы / Conclusion

Результаты исследования электродинамических параметров установки с цилиндрическим щелевым резонатором-барабаном с учетом интерференции и дифракции электромагнитных волн сантиметрового диапазона, а также с использованием программы CST

Microwave Studio, позволили обосновать собственную добротность резонаторов (3712–6020). Напряженность ЭП в цилиндрическом резонаторе из стержней с тремя магнетронами установлена на уровне 2400 Вт, при расположении в экранирующем корпусе составила 0,6–1 кВ/см, коэффициент дифракции — 0,3–0,4, а с одним резонатором — 0,2 кВ/см.

Установлены режимы работы разработанной и изготовленной СВЧ-установки с щелевым цилиндрическим резонатором-барабаном для термообработки и массирования сырья с учетом регрессионных моделей. Они таковы: производительность 10 кг/ч; удельная мощность 1,6 Вт/г; продолжительности обработки 1,0 ч при концентрации соли 12,88%; удельные энергетические затраты 0,165 кВт·ч/кг; частота вращения резонатора-барабана 23 об/мин.

Все авторы несут ответственность за свою работу и представленные данные.

Все авторы внесли равный вклад в эту научную работу. Авторы в равной степени участвовали в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

All authors bear responsibility for the work and presented data.

All authors have made an equal contribution to this scientific work. The authors were equally involved in writing the manuscript and bear the equal responsibility for plagiarism. The authors declare no conflict of interest.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Жданкин Г.В., Новикова Г.В., Белова М.В. Микроволновая установка для обезвоживания и термообработки непищевых отходов убоя животных. *Вестник Алтайского ГАУ*, Барнаул, Алтайский ГАУ, 2018, 74(6), С. 121–125.
2. Ивашов В.И. Технологическое оборудование предприятий мясной промышленности. М., Колос, 2001, 552 с.
3. Жданкин Г.В., Белова М.В., Михайлова О.В., Новикова Г.В. Радиоволновые установки для термообработки непищевых отходов животного происхождения. *Известия Оренбургского ГАУ*, Оренбург, Оренбургский ГАУ, 2018, 4(72), С. 198–202.
4. Михайлова О.В., Сорокина М.Г., Ершова И.Г. Способ термообработки жиросодержащего сырья в электромагнитном поле сверхвысокой частоты. *Вестник НГИЭИ*, 2015, 2 (45), С. 72–74.
5. Новикова Г.В., Селиванов И.М., Белова М.В., Белов А.А., Резонаторы, обеспечивающие термообработку сырья в поточном режиме, *Естественные и технические науки*, 2015, 6. С. 504–507.
6. Poruchikov D., Vasilyev A., Samarin G., Ershova I., Kovalev A. and others, Experimental data of meat raw parameter change by electrophysical impact. *Helix*. Vol. 9 (4). 2019. P. 5144–5151.
7. Белова М.В., Зиганшин Б.Г., Уездный Н.Т. Установка для термообработки крови с.-х. животных, *Вестник Казанского государственного аграрного университета*. Казань: 2015, 3 (29). С. 53–56.
8. Mukesh K. Choudhary, P. Ravindran, First principle design of new thermoelectrics from TiNiSn based pentanary alloys based on 18 valence electron rule, *Computational Materials Science*, Volume 209, 2022, 111396.
9. Karimi S, Layeghinia N and Abbasi H 2021 Microwave pretreatment followed by associated microwave-hot air drying of Gundelia tournefortii L.: drying kinetics, energy consumption and quality characteristics. *Heat. Mass. Transfer*. 57(1) 133 <https://doi.org/10.1007/s00231-020-02948-0>
10. Новикова Г.В., Жданкин Г.В., Михайлова О.В., Белов А.А., Анализ разработанных сверхвысокочастотных установок для термообработки сырья. *Вестник Казанского государственного аграрного университета*. Казань: ФГБОУ ВО «Казанский ГАУ». 2016, (42). С. 89–93.

REFERENCES

1. Zhdankin G.V., Novikova G.V., Belova M.V. Microwave installation for dehydration and heat treatment of non-food waste of animal slaughter. *Bulletin of the Altai State Agrarian University*, Barnaul, Altai State Agrarian University, 2018, 74 (6), P. 121–125.
2. Ivashov V.I. Technological equipment of meat industry enterprises. M., Kolos, 2001, 552 p.
3. Zhdankin G.V., Belova M.V., Mikhailova O.V., Novikova G.V., Radio wave installations for heat treatment of non-food waste of animal origin. *Proceedings of the Orenburg State Agrarian University*, Orenburg: Orenburg State Agrarian University, 2018, 4 (72), P. 198–202.
4. Mikhailova O.V., Sorokina M.G., I.G. Ershova, The method of heat treatment of fat-containing raw materials in an electromagnetic field of ultrahigh frequency. *Vestnik NGIEI*. - 2015, 2 (45). P. 72–74.
5. Novikova G.V., Selivanov I.M., Belova M.V., Belov A.A., Novikova G.V., Resonators providing heat treatment of raw materials in a continuous mode. *Natural and technical sciences*, 2015, 6., P. 504–507.
6. Poruchikov D., Vasilyev A., Samarin G., Ershova I., Kovalev A. and others, Experimental data of meat raw parameter change by electrophysical impact. *Helix*. Vol. 9 (4). 2019. P. 5144–5151.
7. Belova M.V., Ziganshin B.G., Uezdnyi N.T. Installation for heat treatment of animal's blood, *Bulletin of the Kazan State Agrarian University*, Kazan: 2015, 3 (29). P. 53–56.
8. Mukesh K. Choudhary, P. Ravindran, First principle design of new thermoelectrics from TiNiSn based pentanary alloys based on 18 valence electron rule, *Computational Materials Science*, Volume 209, 2022, 111396.
9. Karimi S, Layeghinia N and Abbasi H 2021 Microwave pretreatment followed by associated microwave-hot air drying of Gundelia tournefortii L.: drying kinetics, energy consumption and quality characteristics. *Heat. Mass. Transfer*. 57(1) 133 <https://doi.org/10.1007/s00231-020-02948-0>
10. Novikova G.V., Zhdankin G.V., Mikhailova O.V., Belov A.A. Analysis of the developed microwave installations for heat treatment of raw materials, *Bulletin of the Kazan State Agrarian University*. Kazan: FGBOU VO «Kazan State Agrarian University». 2016, 4 (42). P. 89–93.

ОБ АВТОРАХ:

Дмитрий Витальевич Поручиков, аспирант
Чувашский государственный аграрный университет, ул. К. Маркса 29, г. Чебоксары, Чувашская республика, 428003, Российская Федерация
научный сотрудник Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ,

1-й Институтский проезд дом 5, стр. 1, г. Москва, 109428, Российская Федерация

<https://orcid.org/0000-0002-4210-3468>

E-mail: dv.poruchikov@yandex.ru

Марьяна Валентиновна Просвирякова, доктор технических наук, доцент, Российский государственный аграрный университет - Московская сельскохозяйственная академия имени К.А. Тимирязева, д. 49, ул. Листвиническая, г. Москва, 127550, Российская Федерация

E-mail: prosviryakova.maryana@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0003-3258-260X>

Геннадий Анатольевич Ларионов, доктор биол. наук, профессор Чувашский государственный аграрный университет, ул. К. Маркса 29, г. Чебоксары, Чувашская республика, 428003, Российская Федерация

<https://orcid.org/0000-0001-6414-5995>

E-mail: eig85@yandex.ru

Ирина Георгиевна Ершова, канд. техн. наук, докторант, Российский государственный аграрный университет - Московская сельскохозяйственная академия имени К.А. Тимирязева, д. 49, ул. Листвиническая, г. Москва, 127550, Российская Федерация

<https://orcid.org/0000-0003-1126-3837>,

E-mail: eig85@yandex.ru

ABOUT THE AUTHORS:

Dmitrii Vitalyevich Poruchikov, PhD student
Chuvash State Agrarian University, 29 K. Marx Str., Cheboksary, Chuvash Republic, 428003, Russian Federation

research scientist, Federal Scientific Agroengineering Center VIM,

5, build. 1, 1st Institutskiy proezd, Moscow, 109428, Russian Federation

<https://orcid.org/0000-0002-4210-3468>

E-mail: dv.poruchikov@yandex.ru

Mariana Valentinovna Prosviryakova, Dr. Sci. (Engineering), Associate Professor, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, 49, Listvinicheskaya street, Moscow, 127550, Russian Federation

E-mail: prosviryakova.maryana@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0003-3258-260X>

Gennady Anatolyevich Larionov, Doctor of Biological Sciences, professor, Chuvash State Agrarian University, 29 K. Marx Str., Cheboksary, Chuvash Republic, 428003, Russian Federation

<https://orcid.org/0000-0001-6414-5995>

E-mail: eig85@yandex.ru

Irina Georgievna Ershova, Cand. tech. science, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, 49, Listvinicheskaya street, Moscow, 127550, Russian Federation

<https://orcid.org/0000-0003-1126-3837>,

E-mail: eig85@yandex.ru