

УДК 637.1

УСТАНОВКА ДЛЯ ТЕРМООБРАБОТКИ  
СЛИВОЧНОГО МАСЛА

HEAT TREATMENT INSTALLATION FOR BUTTER

Г. А. Александрова

G. A. Aleksandrova

*ФГБОУ ВПО «Чувашская государственная сельскохозяйственная академия»,  
г. Чебоксары*

**Аннотация.** Описаны конструктивные особенности и принцип действия установки для термообработки сливочного масла с использованием энергии электромагнитного поля сверхвысокой частоты (ЭМП СВЧ).

**Abstract.** The article describes the design features and operation principle of the heat treatment installation for butter when using the energy of electromagnetic field of ultrahigh frequency.

**Ключевые слова:** *сливочное и топленое масло, сверхвысокочастотный генератор, цилиндрическая перфорированная резонаторная камера.*

**Keywords:** *dairy butter and melted butter, ultrahigh-frequency generator, cylindrical punched resonating chamber.*

**Актуальность исследуемой проблемы.** Обеспечение эффективного функционирования установок, повышение качества и сокращение потерь продукции возможны за счет организации переработки сырья непосредственно у производителя, что является наиболее эффективным резервом для развития производственных сельскохозяйственных предприятий, поэтому применение термообработки СВЧ-энергоподводом в технологических процессах переработки сырья, позволяющей улучшить качество продукции и снизить энергетические затраты, актуально.

**Материал и методика исследований.** В работе применены основы теории электромагнитного поля, теории процесса диэлектрического нагрева. Экспериментальные исследования проводились в соответствии с разработанными частными методиками и базировались на разработке установки для термообработки сливочного масла и эффективных технологических процессов. Основные расчеты и обработка результатов экспериментальных исследований выполнялись с применением методов математической статистики и регрессионного анализа при использовании теории активного планирования многофакторного эксперимента.

**Результаты исследований и их обсуждение.** Целью настоящего исследования являются разработка и обоснование режимов работы установки для термообработки сливочного масла с использованием энергии ЭМП СВЧ, позволяющей улучшить качество топленого масла при сниженных энергетических затратах.

Основываясь на существующих способах и технических средствах для термообработки сливочного масла, мы предлагаем воздействовать ЭМП СВЧ на сливочное масло в процессе перекачивания его через перфорированные резонаторные камеры для улучшения качества топленого масла.

Технологическая схема выработки топленого масла предусматривает следующие операции: залив воды в рабочую емкость; загрузку масло-сырья; многократное перекачивание смеси воды с частично расплавленным сырьем через перфорированные резонаторные камеры с помощью центробежного насоса; эндогенный нагрев сырья в перфорированных резонаторных камерах в процессе перекачивания; добавление соли; слив продукции с рабочей емкости в фильтрационную тару; охлаждение топленого масла.

Пользуясь основами проектирования, расчетом и конструированием технологического оборудования пищевых предприятий мы разработали нижеописанную СВЧ-установку для термообработки сливочного масла [4].

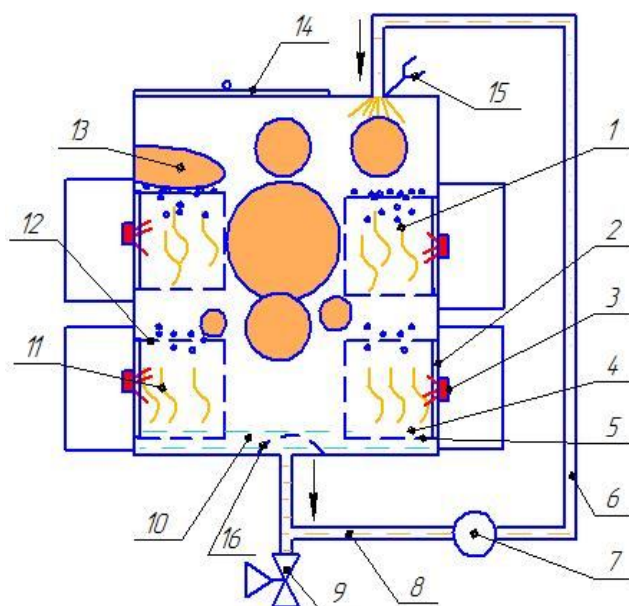
*СВЧ-установка* (рис. 1) [3] содержит перфорированные резонаторные камеры 4 в рабочей емкости 1 (в экранном корпусе), с наружной стороны которой прикреплены генераторные блоки 2 так, что излучатели направлены в соответствующие резонаторные камеры. Центробежный насос 7, соединенный с трубопроводом 6, служит для перекачивания продукта. Производительность установки зависит от количества генераторных блоков с резонаторными камерами и их мощности. Предварительное снижение вязкости сливочного масла происходит на поверхности резонаторной камеры за счет воздействия краевого эффекта ЭМП СВЧ, возникающего на перфорации. Это позволяет увеличить скорость истечения частично расплавленного сырья через перфорацию в резонаторную камеру, где осуществляется его термообработка за счет токов поляризации. Благодаря центробежному насосу жидкая продукция многократно перекачивается через рабочую емкость. Для ограничения попадания крупных частиц сырья и примесей в насос на нижнем основании емкости предусмотрен фильтр 16.

*Рабочая емкость*, выполненная из ферромагнитного материала, предназначена для приемки масло-сырья и содержащая перфорированные резонаторные камеры, обеспечивает общую экранизацию потока электромагнитных излучений, причем конфигурация цилиндрической емкости наиболее удобна для монтажа основных узлов, а размеры боковых сторон обеспечивают монтаж двух резонаторных камер на одной горизонтальной плоскости так, что между их основаниями имеется расстояние не менее четверти длины волны. Высота емкости согласована с количеством рядов резонаторных

камер, влияющих на производительность установки, при этом расстояние между рядами составляет также не менее четверти длины волны, что необходимо для ограничения краевого потока электромагнитных излучений.

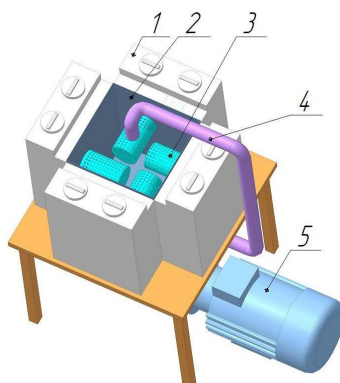
Резонаторные камеры обеспечивают точность процесса термообработки масла-сырья за счет перфорации, причем размеры перфорации и ее плотность на поверхности камеры согласованы с краевым потоком мощности электромагнитных излучений. При этом силовые линии электрического поля замыкаются через сырье, находящееся на наружной поверхности камеры, что и обеспечивает его предварительный нагрев и уменьшение вязкости (за счет циркуляции теплой воды и действия краевого потока излучений). Сырье стекает внутрь перфорированной камеры по мере уменьшения вязкости и за счет работы центробежного насоса.

Центробежный насос, позволяющий циркулировать сырье определенной вязкости через перфорированные резонаторные камеры, осуществляет гомогенизацию смеси (жидких и нерасплавленных частиц сливочного масла), уменьшая ее вязкость, что снижает энергетические затраты на термообработку за счет эндогенного нагрева. Количество циркуляций через резонаторные камеры согласовано с продолжительностью воздействия (160...180 с), с удельной мощностью СВЧ-генератора (2...4 Вт/г) и объемом загрузки смеси сливочного масла с водой. В СВЧ-установке производительностью 30 кг/ч количество циркуляций составляет в пределах 27...30 [2].



**Рис. 1. Схематическое изображение СВЧ-установки для термообработки сливочного масла:**  
1 – рабочая емкость; 2 – СВЧ-генераторы; 3 – магнетрон; 4 – цилиндрические перфорированные резонаторные камеры; 5 – диэлектрическая пластина; 6 – трубопровод для перекачивания продукта в емкость; 7 – центробежный насос; 8 – трубопровод для выкачивания продукта с емкости; 9 – вентиль для слива топленого масла; 10 – топленое масло (смесь с осадком); 11 – частично расплавленное сливочное масло; 12 – перфорация резонаторной камеры; 13 – сливочное масло; 14 – крышка рабочей емкости; 15 – термопара; 16 – фильтр

*Техническая новизна* конструктивного исполнения СВЧ-установки состоит в том, что она содержит экранный корпус 2, внутри которого расположены цилиндрические перфорированные резонаторные камеры 3. Они вворачиваются в соответствующие диэлектрические пластины, жестко закрепленные к внутренней поверхности корпуса в тех областях, где имеются излучатели от СВЧ-генераторов (рис. 2). Электронные блоки 1 установлены с внешней стороны экранного корпуса, содержащего загрузочную крышку, причем между нижним и верхним основаниями корпуса установлен трубопровод 4, соединенный с циркуляционным насосом 5 для перекачивания сырья.



**Рис. 2. Пространственное изображение СВЧ-установки для термообработки сливочного масла:**  
 1 – электронные блоки СВЧ-генераторов; 2 – экранный корпус; 3 – цилиндрические перфорированные резонаторные камеры; 4 – трубопровод;  
 5 – насос для перекачивания сырья

Технические характеристики СВЧ-установки для термообработки сливочного масла приведены в табл. 1.

Таблица 1

**Технические характеристики СВЧ-установки**

Количество СВЧ-генераторов	1	2	4
Производительность, кг/ч	7,5	15	30
Масса единовременной загрузки сырья, кг	0,5	1	2
Потребляемая мощность СВЧ-генератора, Вт	1200	2400	4800
Потребляемая мощность центробежного насоса, Вт	550	550	550
Потребляемая мощность СВЧ-установки, Вт	1750	2950	5350
Удельные энергетические затраты, кВт·ч/кг	0,233	0,196	0,178
Габариты, мм	800 x 1000 x 1000		

*Технологический процесс производства топленого масла* методом отстаивания осуществляется в следующей последовательности. В рабочую емкость перед загрузкой масло-сырья наливают горячую воду (50...60 °С) в количестве 15,0 % от массы перетапливаемого сырья. Затем масло-сырье загружают и проводят термообработку смеси в процессе перекачивания через перфорированные резонаторные камеры. Температуру расплава масло-сырья в зависимости от его качества доводят до 70...100 °С. Далее смесь сливают из емкости в фильтрационную тару. После осветления жировой расплав охлаждают до тем-

пературы 35...40 °С и фасуют. Качество продукции при этом намного лучше, чем при базовом варианте (протокол испытаний № 1115 лаборатории ФБУ «Государственный региональный центр стандартизации, метрологии и испытаний в Чувашской Республике») [1]. Хранят топленое масло при температуре 3...5 °С. Выход топленого масла с 1 кг сливочного масла жирностью 72,5 % составляет 700...720 мл.

**Резюме.** Разработанная установка для термообработки сливочного масла с использованием энергии электромагнитных излучений позволяет получить топленое масло повышенного качества при сниженных энергетических затратах.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Александрова, Г. А.* Результаты исследования технологического процесса термообработки сливочного масла / Г. А. Александрова, М. В. Белова // *Материалы IX Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов «Молодежь и инновации».* – Чебоксары : ЧГСХА, 2013. – С. 188–190.
2. *Александрова, Г. А.* Сверхвысокочастотный маслоплавитель / Г. А. Александрова, О. В. Михайлова // *Вестник Чувашского государственного педагогического университета имени И. Я. Яковлева.* – 2012. – № 2 (74). – С. 12–14.
3. *Александрова, Г. А.* Экономическая эффективность применения СВЧ-маслоплавителя в фермерских хозяйствах / Г. А. Александрова // *Вестник Чувашского государственного педагогического университета имени И. Я. Яковлева.* – 2012. – № 2 (74). – С. 9–11.
4. *Белова, М. В.* Технологическое оборудование для термообработки сельскохозяйственного сырья / М. В. Белова, Г. А. Александрова, Д. В. Поручиков, Г. В. Новикова // *Вестник Чувашского государственного педагогического университета имени И. Я. Яковлева.* – 2013. – № 2 (78). – С. 12–15.