

3. Рудобашта, С.П. Математическое моделирование процесса конвективной сушки материалов с учетом их усадки / С.П. Рудобашта, Э.М. Карташов, Г.А. Зуева // Инж.- физ. журнал. (ноябрь-декабрь). – 2020. – Т.3. – № 6 – С. 1446-1454.

4. Pakowski, Z. The Comparison of Two Models of Convective Drying of Shrinkage Materials Using Apple Tissue as an Example / Z. Pakowski and A. Adamski // Drying Technology. – 2007. – V. 25. – P. 1139-1147.

УДК 620:631

РАЗРАБОТКА ДВУХРЕЗОНАТОРНОЙ СВЧ УСТАНОВКИ ДЛЯ РАЗМОРАЖИВАНИЯ И РАЗОГРЕВА КОРОВЬЕГО МОЛОЗИВА

*Новикова Галина Владимировна, профессор ГБОУ ВО
«Нижегородский государственный инженерно-экономический университет»*

*Михайлова Ольга Валентиновна, профессор ГБОУ ВО
«Нижегородский государственный инженерно-экономический университет»*

*Ершова Ирина Георгиевна, старший научный сотрудник ФГБНУ
«Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ»*

***Аннотация.** Разработано конструктивное исполнение резонаторов в виде усеченных конусов с общим перфорированным основанием, позволяющих разделить процессы размораживания и разогрева коровьего молозива. СВЧ установка непрерывно-поточного действия без экранирующего корпуса обеспечивает электромагнитную безопасность.*

***Ключевые слова:** коровье молозиво, разогрев и размораживание, сверхвысокочастотная установка, конические резонаторы.*

Известно, что многие показатели кормовой ценности коровьего молозива (иммуноглобулин, белки, витамин А) существенно снижаются (на 20-50%) если процесс размораживания и разогрева длится более 30 мин. По сравнению с коровьим молоком, молозиво имеет более высокое содержание питательных веществ (27,6%, по сравнению с 12,3%), более высокое содержание белка (14,9% против 2,8%), и жира (6,7% против 4,4%). Содержание иммуноглобулина более 50 мг/мл. Традиционные размораживатели коровьего молозива из-за длительности процесса (до 2 часов, в зависимости от объема бутылок) не в полной мере сохраняют содержание иммуноглобулина. Поэтому возникает *проблема* сохранения кормовой ценности размороженного коровьего молозива путем разработки микроволновой технологии и сверхвысокочастотной установки непрерывно-поточного действия с обеспечением электромагнитной безопасности.

Нами разработаны 8 моделей СВЧ установок с нетрадиционными резонаторами для размораживания и разогрева коровьего молозива в одном

резонаторе, в том числе с биконическим резонатором [1]. Проанализированы их преимущества и недостатки с точки зрения их функционирования с соблюдением электромагнитной безопасности, вариативности производительности и обеспечения минимальных эксплуатационных затрат. Обоснованы параметры электродинамической системы и получены уравнения динамики эндогенного нагрева коровьего молозива при размораживании и разогреве с учетом изменения диэлектрических и физико-механических параметров.

Анализ изменения диэлектрических параметров коровьего молозива в зависимости от температуры показал, что фактор диэлектрических потерь при размораживании коровьего молозива от -10°C до 0°C растет с 4 до 27, а при разогреве от 0 до $+38^{\circ}\text{C}$ падает с 27 до 10 (рис. 1) [2]. Это значит, что для снижения продолжительности размораживания и разогрева коровьего молозива, позволяющей сохранить иммуноглобулин, эти процессы следует реализовать в разных резонаторах, при разных дозах воздействия электромагнитного поля сверхвысокой частоты (ЭМП СВЧ).

Научная инновационная идея состоит в том, что установка должна содержать два резонатора. Один резонатор для размораживания молозива от -10°C до 0, другой резонатор для разогрева до 38°C . Если проводить в одном резонаторе эти процессы, то резкого уменьшения продолжительности всего технологического процесса невозможно достичь, так как фактор диэлектрических потерь при температуре от -10°C до 0 растет, т.е. мощность, поглощаемая сырьем при размораживании в ЭМП СВЧ 5-6 раз увеличивается, это значит, что длительность процесса размораживания можно в 5-6 раз сократить. А вот при разогреве молозива от 0 до 40°C , наоборот фактор диэлектрических потерь падает, т.е. поглощаемая мощность с увеличением температуры нагрева уменьшается, поэтому нужна другая доза воздействия ЭМП СВЧ. Только разделение этих процессов в разных резонаторах резко сократит продолжительность процессов, а, следовательно, происходит сохранение иммуноглобулина и всех показателей кормовой ценности коровьего молозива.

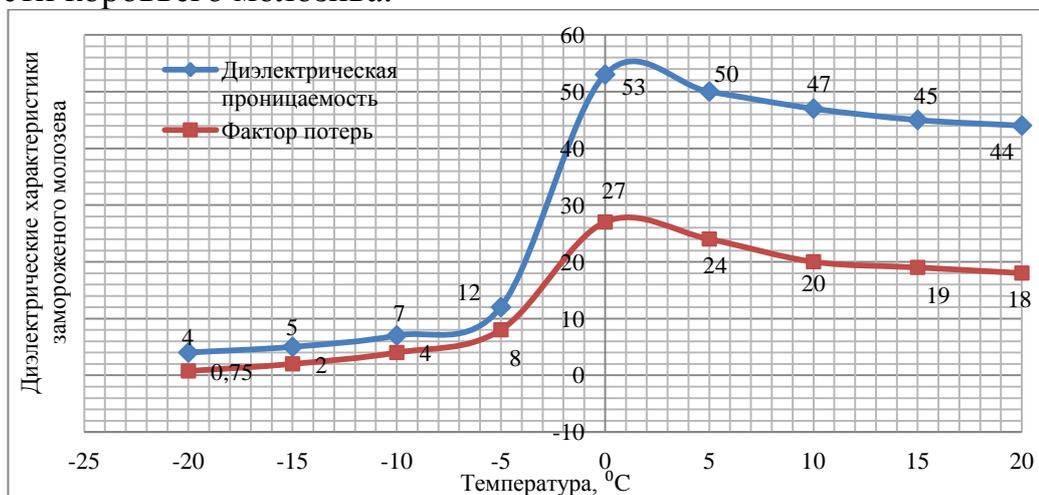


Рис. 1. Диэлектрические характеристики коровьего молозива в зависимости от температуры нагрева

С учетом этих исследований разработано конструктивное исполнение резонаторов в виде усеченных конусов с общим перфорированным основанием, позволяющих разделить процессы размораживания и разогрева коровьего молозива. СВЧ установка (рис. 2) непрерывно-поточного действия без экранирующего корпуса, но обеспечивает электромагнитную безопасность, так как вершины конусов усечены на уровне критического сечения. Диаметр критического сечения зависит от угла наклона образующей и высоты конусов. СВЧ установка с коническими резонаторами 1 с общим перфорированным основанием 2 позволяет разделять процессы размораживания и разогрева коровьего молозива. Маломощные магнетроны 4 с воздушным охлаждением расположены в области перфорированного основания со сдвигом так, что одни излучатели направлены в верхний усеченный конический резонатор, а другие – в нижний усеченный конический резонатор. Замороженное сырье размером не более двух глубин проникновения волны (3 см) попадает через усеченную вершину конуса в верхний резонатор, где происходит размораживание коровьего молозива при одной дозе воздействия ЭМП СВЧ. Далее размороженная жидкая фракция молозива просачивается через перфорированное неферромагнитное основание в нижний резонатор, где подвергается воздействию ЭМП СВЧ другой дозы. Над основанием имеется диэлектрический скребок 5 для перемешивания сырья. Разогретое до 38-40°C коровье молозиво стекает в приемную емкость через шаровой кран. Вершины конусов усечены на уровне критического сечения, где наблюдается полное отражение волн в сторону основания конуса, поэтому излучение из усеченных открытых концов отсутствует. Это обеспечивает электромагнитную безопасность СВЧ установки непрерывно-поточного действия без экранирующего корпуса.

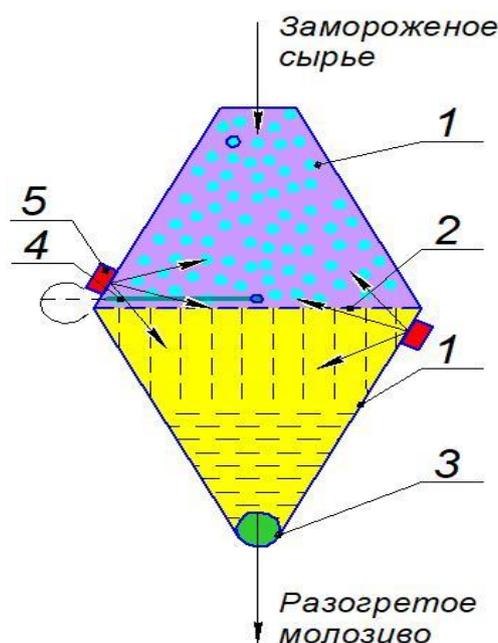


Рис. 2. СВЧ установка с усеченными коническими резонаторами:
 1 – усеченные конические резонаторы; 2 – перфорированное неферромагнитное основание; 3 – шаровой кран; 4 – магнетроны; 5 – скребок

Изготовлен лабораторный образец СВЧ установки с усеченными коническими резонаторами, реализующей процессы размораживания и разогрева коровьего молозива с учетом основных требований к технологическому процессу. Молозиво размораживается в щадящем режиме, равномерно, с сохранением полезных микроэлементов. Время подготовки молозива для выпойки телят уменьшается в 2 раза, что позволяет максимально выдержать технологическую карту по выпойке теленка в первый час после рождения. Экономический эффект от применения СВЧ установки за счет снижения эксплуатационных затрат составляет в пределах 250 тыс. руб./год при объеме выработанной продукции 3600 л/год. Эффективные режимы размораживания и разогрева коровьего молозива в ЭМПСВЧ: продолжительность воздействия ЭМПСВЧ 12 мин; мощность СВЧ генераторов 3,2 кВт; производительность установки 20-40 кг/ч; энергетические затраты на технологический процесс 0,175 кВт·ч/кг, изменение температуры сырья от - 10°С до +38°С.

Библиографический список

1. Патент № 2721484 РФ, МПК А47J.39/00. СВЧ установка с биконическим резонатором для размораживания коровьего молозива в непрерывном режиме / Г.В. Новикова, Д.А. Тараканов, М.В. Белова, О.В. Михайлова; заявитель и патентообладатель НГИЭУ (RU). – № 2019131642; заявл. 09.09.2019. Бюл. № 14 от.19.05.2020. – 10 с.
2. Рогов, И.А. Электрофизические, оптические и акустические характеристики пищевых продуктов / И.А. Рогов. М.: Легкая и пищевая промышленность, 1981. – 288 с.

УДК 637.02

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ СВЧ УСТАНОВКИ ДЛЯ ТЕРМООБРАБОТКИ МЯСНЫХ ОТХОДОВ

***Жданкин Георгий Валерьевич**, доцент, директор ГБПОУ «Ардатовский аграрный техникум»*

***Сторчевой Владимир Федорович**, профессор кафедры автоматизации и роботизации технологических процессов имени И.Ф.Бородина, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева*

***Просвирякова Марьяна Валентиновна**, профессор кафедры «Электрификация и автоматизация» ГБОУ ВО «Нижегородский государственный инженерно-экономический университет»*

***Аннотация.** Разработана сверхвысокочастотная установка непрерывно-поточного действия с комбинированным резонатором, из двух частей. Верхняя часть – полусфера на цепи. Нижняя часть - цилиндр с наклонным основанием, содержащим вращающийся диск и выгрузное отверстие с шаровым краном. По наружному периметру цилиндра расположены магнетроны.*