

Микроволновые технологии интенсификации пищевого производства

Сообщение 2. Конвейерная технология обеззараживания пивной дробины низкоинтенсивным электромагнитным полем миллиметрового диапазона

П.П. Крыницкий

*Казанский национальный исследовательский
технический университет им. А. Н. Туполева, Казань*

Аннотация: По методике научно-исследовательского центра прикладной электродинамики (НИЦ ПРЭ) КНИТУ им. А.Н. Туполева (г. Казань) разработана экологически чистая и экономически оправданная конвейерная микроволновая технология деконтаминации сухой пивной дробины, позволяющая поднять хранимоспособность до требуемых производством сроков. Это обеспечивает возможность ее дальнейшего использования для нужд животноводства и способствует повышению экологической и технологической эффективности как пивоваренного, так и животноводческого производства.

Ключевые слова: крайне высокие частоты, КВЧ, микроволновые технологии, пивная дробина, деконтаминация.

Введение

Одним из традиционных направлений повышения производительности труда в сельскохозяйственном секторе экономики и пищевой промышленности является применение интенсивных химических, физических и(или) физико-химических методов воздействия на используемое сырье и(или) конечные биотехнологические продукты [1-2]. Однако эти методы, как правило, не являются щадящими и(или) чисто каталитическими по механизмам своего действия [2].

Альтернативой являются физические методы воздействия, результаты которых не накапливаются в продукте и не нарушают его строения ни на макроскопическом, ни на наноразмерном уровне. И одним из подобных эффективных средств воздействия на метаболизм микроорганизмов и регулирования их активности является электромагнитное поле крайне высоких частот (ЭМП КВЧ) или миллиметрового диапазона длин волн нетепловой интенсивности [3], [8-11]. При этом практическое освоение

микроволновых технологий требует, прежде всего, создания эффективного и экономичного оборудования.

Использование низкоинтенсивного электромагнитного поля миллиметрового диапазона для обеззараживания пивной дробины

В настоящее время в качестве корма для животных часто используется пивная дробина [4-5]. Она содержит большое количество питательных веществ и полезных микроэлементов. При этом ее использование в составе комбикормовых смесей позволяет попутно решать экологические проблемы, связанные с утилизацией отходов крупнотоннажных пивоваренных производств [4-5]. Однако пивная дробина обладает низкой хранимоспособностью [4-5], и поэтому вопросы снижения микробной контаминации, а, следовательно, увеличения сроков ее хранения, представляются крайне важными.

В настоящее время для повышения хранимоспособности влажную пивную дробину, получаемую при производстве пива, подвергают высушиванию до влажности 7-9%, обеспечивающей ее длительное хранение [6]. Заводами по производству комбикормов нормируется срок хранения пивной дробины в 6 месяцев. Вместе с тем порча за счет развития микробных инфекций начинает проявляться уже через месяц-полтора. Решить эту проблему позволяет дополнительная обработка ЭМП КВЧ. Такая обработка позволяет целевым образом уничтожать только микроорганизмы, не оказывая влияния на химический состав. Это обеспечивает сохранность ее пищевой и биологической ценности, и в конечном итоге на основе обработанной пивной дробины удастся получать комбикормовый продукт более высокого качества.

В таблице 1 представлены данные, характеризующие влияние частоты и времени экспозиции на общую микробную обсемененность исследуемого объекта, которая и явилась основным показателем качества микроволновой

обработки пивной дробины. Частоты и интенсивность ЭМП (300 мкВт/см^2) выбраны из литературных и полученных нами данных для процессов ингибирования микробиологических процессов [3].

Таблица № 1

Влияние параметров ЭМП на общую микробную обсемененность пивной дробины при $N = 300 \text{ мкВт/см}^2$

Частота, ГГц при $\tau = 20$ мин	КОЕ $\cdot 10^3$ на 1 г пивной дробины	Время (мин) экспозиции τ при 64,8 ГГц	КОЕ $\cdot 10^3$ на 1 г пивной дробины
58,0	$6,4 \pm 0,5$	контроль	66 ± 3
59,0	$4,4 \pm 0,4$	1	$2,8 \pm 0,3$
60,5	$4,3 \pm 0,3$	2	$6,2 \pm 0,4$
61,0	$4,1 \pm 0,4$	3	$7,5 \pm 0,3$
61,2	$4,0 \pm 0,3$	5	$8,0 \pm 0,4$
61,6	$3,8 \pm 0,3$	10	$11,1 \pm 0,6$
63,6	$3,9 \pm 0,4$	15	$4,1 \pm 0,3$
64,0	$4,0 \pm 0,4$	20	$2,8 \pm 0,5$
64,8	$2,8 \pm 0,5$	30	$2,8 \pm 0,4$
66,4	$4,5 \pm 0,4$	40	$5,9 \pm 0,4$

Как видно из таблицы 1, ЭМП КВЧ эффективно подавляет активность микроорганизмов по сравнению с контролем. При этом максимальный эффект снижения общей микробной обсемененности наблюдается при воздействии ЭМП КВЧ в течение 1 мин. и в интервале от 20 до 40 минут.

Однако наиболее надежным, то есть слабо меняющимся относительно ближайших к нему соседних величин, нам представляется выбор именно значения $\tau = 20$ минут в качестве режимного времени экспозиции.

В свою очередь, интенсивность ингибирующего ЭМП также существенно сказывается на эффективности процесса ЭМО (электромагнитной обработки).

Из S – образной зависимости КОЭ от интенсивности ЭМП (рис.1) следует, что порог эффективности ЭМО пивной дробины начинается с $N \sim 100$ мкВт/см² (падение КОЭ почти в 3 раза), но становится близким к минимуму и постоянным в области значений $N \sim 200 – 250$ мкВт/см².

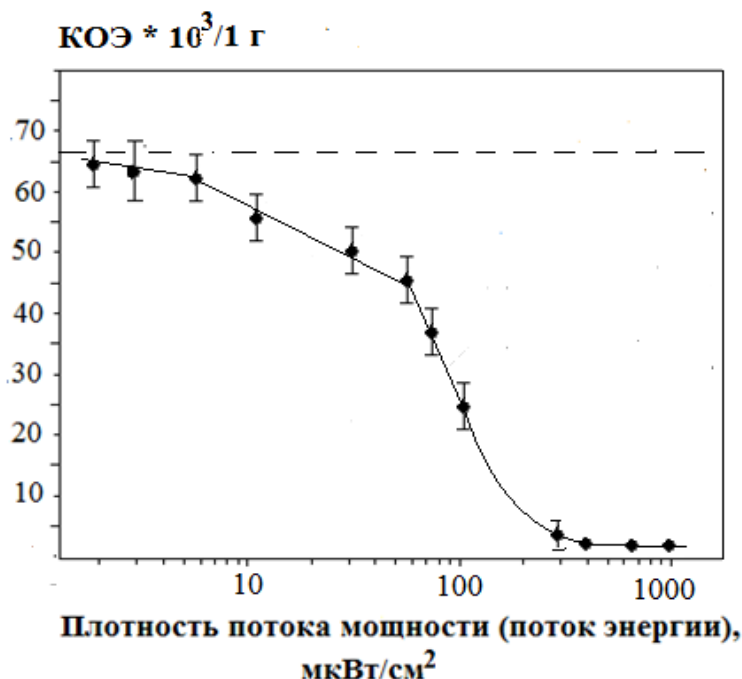


Рисунок 1. Влияние интенсивности ЭМП на эффективность ЭМО пивной дробины (общую микробную обсемененность) на частоте 64,8 ГГц при $\tau = 20$ мин.; - - - контрольный уровень.

Таким образом, оптимальными параметрами микроволнового режима обработки являются: частота 64,8 ГГц, длительность - 20 минут, расстояние от рупора до культуры (чашки Петри диаметром до 10 см с обрабатываемой средой высотой 1 – 2 мм) - 15 см, удельная мощность ЭМП - 250 мкВт/см²

Технологическая схема конвейерной электромагнитной обработки пивной дробины

Существует ряд разработок схем электромагнитной обработки диамагнитных органических продуктов [6], учитывающие их природу и специфику восприятия электромагнитного поля.

По аналогии с ними предлагаемая принципиальная технологическая схема поточной электромагнитной обработки любого крупнотоннажного биотехнологического объекта (в том числе и пивной дробины) (рис. 2) включает в себя: мерник для исходного продукта (в данном случае - пивной дробины – (1)), сборник готового (обработанного) продукта – бункера (5), между ними - транспортер (4), генератор миллиметрового поля (6) и сопряженные с ними антенно-фидерное устройство ((2) + (3)) и защитный экран (корпус) (2).

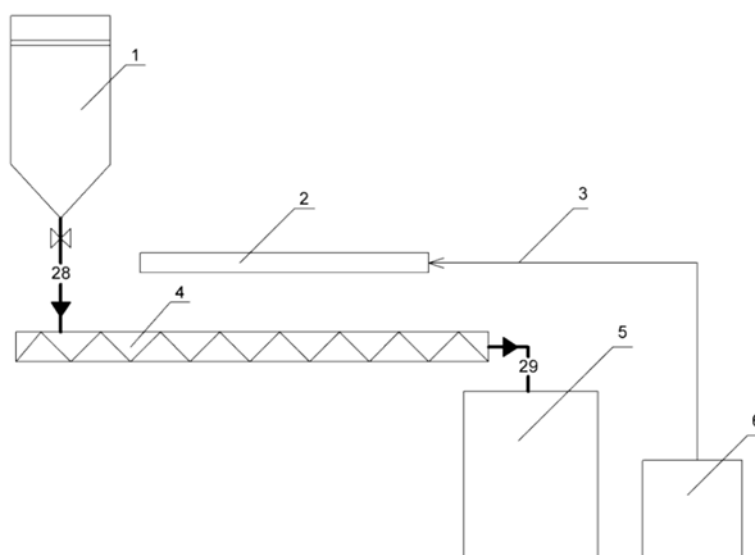


Рис. 2. Технологическая схема для конвейерной электромагнитной обработки твердофазного биотехнологического продукта (пивной дробины, и т.п.); перечень потоков: 28 - пивная дробина, 29 - обработанная пивная дробина.

Скорость движения конвейерной ленты и, соответственно, подачи сырья, определяется временем его электромагнитной обработки при выбранной геометрии и конструкции антенно-фидерного устройства (АФУ) и(или) режима его работы при заданной толщине обрабатываемого поверхностного слоя.

В качестве примера рассмотрим ориентировочные технические характеристики технологического комплекса на основе серийного генератора электромагнитного поля ЭМИ Г4 – 142 (Россия):

- объем рабочей камеры (мерника) – 500 л;
- минимальная загрузка сырья при КВЧ обработке - 20 л;
- максимальная загрузка – 400 л;
- время КВЧ - обработки - от 20 до 40 минут;
- потребляемая мощность при КВЧ обработке - менее 100 Вт (общая потребляемая мощность определяется выбором типа конвейера и другого механического оборудования);
- электропитание - 220 В, 50Гц;
- диапазон рабочих температур - от -5 до +45°С;
- относительная влажность - до 80 % при температуре 25°С;
- рекомендуемые габариты установки: длина – ориентировочно $5 \div 10$ м (определяется временем обработки, то есть скоростью движения конвейера и параметрами АФУ), ширина – порядка 1 м, высота зависит от расстояния между рупором или АФУ и конвейерной лентой, а также от высоты последней над полом;
- масса установки – $50 \div 70$ кг (в зависимости от длины установки и соответствующих размеров АФУ).

Необходимый минимум стоимости технологической оснастки (соответствующего стандартного оборудования) показан в табл. 1. На основе этих исходных данных проведен технико-экономический анализ внедрения электромагнитной обработки в подготовку пивной дробины к длительному хранению на основе отечественной элементной базы.

При расчете экономической эффективности проекта мы исходили из того, что оборудование устанавливается на уже существующем

производстве, поэтому не предполагаются дополнительные затраты на помещение, а обслуживание конвейерной установки требует дополнительного привлечения не более одного работника.

Таблица. 2.

Технико-экономический состав оборудования

№ п/п	Наименование элемента оборудования	Кол-во	Цена, тыс. руб.
1	Мерник	1	120
2	Антенна	1	25
3	Фидер (волновод)	1	30
4	Транспортер	1	130
5	Бункер	1	250
6	Генератор ЭМП КВЧ	1	40

Расчет произведен по методикам, изложенным в [7]. В ходе расчета подсчитывался эффект от инвестиционной, финансовой, операционной деятельности по годам в течение первых 5 лет эксплуатации.

В результате были получены следующие основные показатели инвестиционного проекта:

Чистая приведенная стоимость	1 839 687,09 р.
Индекс рентабельности	4,09
Внутренняя норма доходности	1,24
Срок окупаемости	1 год

Они позволяют сделать вывод о высокой экономической эффективности проекта и быстрой окупаемости первоначальных инвестиций.

Литература

1. Бурлакова Е.Б. Действие сверхмалых доз биологически активных веществ и низкоинтенсивных физических факторов // Хим. физика, 2003, Т. 22. № 2 С. 21-40.

2. Нефедов Е.И. Взаимодействие физических полей с биологическими объектами // Тула, изд-во ТулГУ. 2005. 344 с.
 3. Матисон В.А. Повышение стабильности пива и безалкогольных напитков путем применения микроволновой пастеризации. / Пивоваренная и безалкогольная промышленность. Обзорная информация. Сер. 22. - Вып. 2-3. // М.: АгроНИИТЭИПП, 1993. С.1-47.
 4. Данченко, О.С. Рациональное использование отходов пивоваренного производства // Информационный обзор. - Минск, 1970. - 86с.
 5. Сницарь А.И. О перспективах использования пивной дробины // Мясная индустрия. 2000. №10. С.38-39.
 6. Сницарь А.И. Обоснование работы и экономической эффективности линии производства муки из пивной дробины // Вестник "Аромарос-М". 2004. №1. С.44-48.
 7. Стрекалова, Н.Д. Бизнес-планирование: Учебное пособие. СПб.: Питер, 2012. 352 с.
 8. Веденькин Д.А., Халиков А.З., Хабибуллин Р.Р. Модель конвейерного способа переработки веществ при помощи СВЧ-нагрева // Инженерный вестник Дона, 2018, №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N2y2018/4989
 9. Васильев А.Н., Будников Д.А., Васильев А.А. Компьютерная модель тепло - влагообмена в зерновом слое при СВЧ – конвективном воздействии // Инженерный вестник Дона, 2017, №3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2017/4310
 10. E.M. Grant. Jangue's, Thuery. Microwave Industrial, Scientific and Medical Applications // Larstin Arteda House: Boston, London, 1992. - 670 p.
 11. Usatii A. The influence of low intensity millimeter waves on the multiplication and biosynthetic activity of *Saccharomyces carlsbergensis*
-



CNMN-Y-15 YEAST // Annals of the University of Oradea-Faculty of Biology. Romania. № 17. 2010. pp. 208–212.

References

1. Burlakova, E.B. *Xim. fizika*, 2003, V. 22. № 2 pp. 21-40.
2. Nefedov, E.I. *Vzaimodejstvie fizicheskix polej s biologicheskimi ob`ektami*. [Interaction of physical fields with biological objects]. Tula. izd-vo TulGU. 2005. 344 p.
3. Matison, V.A. *Pivovarennaya i bezalkogol'naya promy`shlennost`*. *Obzornaya informaciya*. Ser. 22. Vy`p. 2-3. M.: AgroNIITE`IPP, 1993. pp.1-47.
4. Danchenko, O.S. *Racional`noe ispol`zovanie otxodov pivovarenного производства* [Rational use of brewing waste]. *Informacionny`j obzor*. Minsk, 1970. 86 p.
5. Sniczar`, A.I. *Myasnaya industriya*. 2000. №10. pp.38-39.
6. Sniczar` A.I. *Vestnik "Aromaros-M"*. 2004. №1. pp.44-48.
7. Strekalova, N.D. *Biznes-planirovanie: Uchebnoe posobie*. [Business Planning: Tutorial]. SPb. Piter, 2012. 352 p.
8. Veden'kin D.A., Khalikov A.Z., Khabibullin R.R. *Inženernyj vestnik Dona (Rus)*, 2018, №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N2y2018/4989
9. Vasilyev A.N., Budnicov D.A., Vasilyev A.A. *Inženernyj vestnik Dona (Rus)*, 2017, №3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2017/4310
10. *Applications*. Larstin Arteda House: Boston, London, 1992. - 670 p.
11. Usatii A. *Annals of the University of Oradea-Faculty of Biology*. Romania. № 17. 2010. pp. 208–212.