

Микроволновые технологии интенсификации пищевого производства

Сообщение 1. Технология регулирования активности хлебопекарных дрожжей низкоинтенсивным электромагнитным полем мм-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 экономически оправданная локальная микроволновая технология, позволяющая регулировать физиологическую активность хлебопекарных дрожжей, одновременно способствующая повышению экологической и технологической эффективности производства.

Ключевые слова: крайне высокие частоты, КВЧ, микроволновые технологии, хлебопекарные дрожжи, физиологическая активность, культуральная среда.

Введение

В последние десятилетия в результате многочисленных исследований выявлен достаточно широкий круг возможных приложений электромагнитной обработки (ЭМО) биообъектов, основу которых составляют электромагнитные воздействия низкой интенсивности и продолжительности, вызывающие либо определенные биологические эффекты, либо изменение свойств материалов и сред [1-2], [8-11]. При этом ЭМО – это экологический чистый метод, позволяющий сократить время обработки, снизить расход энергии и повысить качество продукции.

Выбор режима микроволновой обработки хлебопекарных дрожжей

Ввиду отсутствия в настоящее время однозначного понимания механизмов восприятия ЭМП (электромагнитных полей) биологическими средами и(или) объектами, единственно продуктивный способ нахождения наиболее эффективного и экономичного режима их микроволновой обработки состоит в проведении эксперимента, конечной целью которого является сокращение приведенных (частотно-зависимых) энергозатрат.

Из литературных данных [3 – 4] известно, что величина и характер воздействия ЭМП КВЧ зависят от целого ряда физических параметров его генерации: частоты обработки, интенсивности, времени экспозиции и локализованности воздействия, модуляции и др., а также индивидуальных особенностей исследуемого объекта.

Например, рассмотрим данные табл. 1, где представлены результаты исследования отклика дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* на ЭМО [5-6] в относительно широком диапазоне КВЧ в виде соответствующих значений максимумов (точек превышения контрольного (100%) уровня прироста биомассы не менее, чем на 25%). Электромагнитная обработка проводилась в диапазоне частот от 53,5 до 67 ГГц с шагом 0,2 ГГц и временем экспозиции в режиме непрерывной генерации 5 минут, причем прохождение каждой точки частотного диапазона занимало не менее 2 суток, которые требовались для определения окончательного значения прироста биомассы в культуральной среде после ЭМО.

Длительность ЭМО и мощность генерации уточнялись в аналогичных экспериментах, но для уже выбранной оптимальной частоты максимального прироста биомассы.

Таблица № 1

Параметры электромагнитного стимулирования роста дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* в диапазоне КВЧ от 53,5 до 67 ГГц при времени экспозиции $\tau = 5$ мин. и удельной мощности $N = 100$ мкВт/см².

Частота, ГГц	Прирост биомассы, %
54,17	136
55,8	125
56,2	135
59,2	142
60,2	150
61,8	130
65,6	130

При выборе параметров обработки первоначально ориентировались на данные литературных источников. В ряде работ авторы обращают особое внимание на тот факт, что для получения значительного эффекта от воздействия ЭМП КВЧ на различные биообъекты, требуется неоднократное и длительное по времени воздействие [1 - 4]. В то же время оказалось, что для исследуемой нами культуры дрожжей достаточно их однократной обработки на оптимальных частотах. При этом максимальный прирост биомассы на стимулирующей частоте 60,2 ГГц наблюдается при длительности обработки культуральной среды $\tau = 5$ минут и слабо зависит от времени контрольного замера выросшей в ней биомассы (24 или 48 часов), что и было использовано в дальнейших экспериментах. Следовательно минимальным энергозатратам при максимальном качестве соответствует частота 60,2 ГГц и время обработки 5 мин. (табл. 1). Поэтому исследование зависимости получаемого биоэффекта от плотности потока мощности ЭМП при использовании этих параметров.

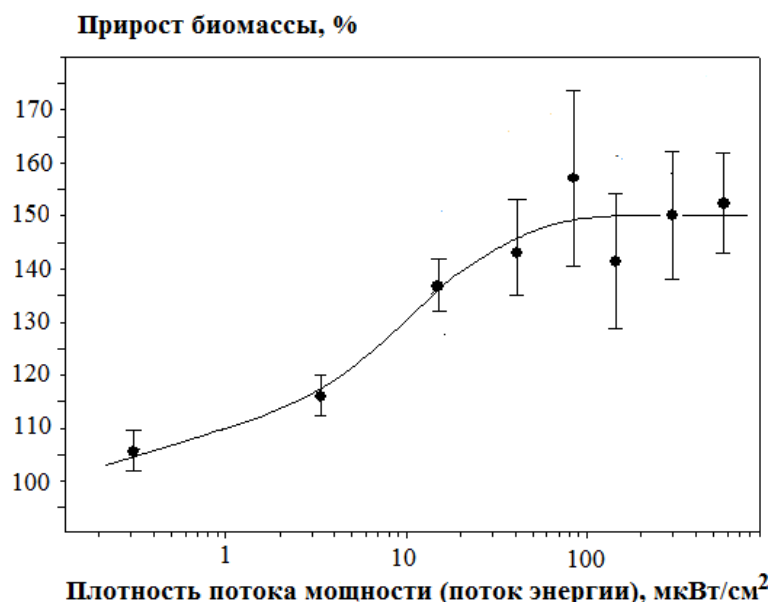


Рис. 1. – Зависимость изменения физиологической активности хлебопекарных дрожжей от мощности ЭМП.

Из полученного графика (рис. 1) следует, что зависимость биоэффекта от плотности потока мощности ЭМП ожидаемо имеет S-образную форму. При этом обнаружено, что, начиная со значений 50 - 60 мкВт/см², величина прироста биомассы слабо меняется при увеличении интенсивности генерации на несколько порядков.

Одновременно нам удалось уточнить и снизить в два раза ранее использованную для ЭМО микроорганизмов [5-6] интенсивность электромагнитного поля (со 100 до 50 мкВт/см²).

Таким образом, полученному в эксперименте (и рекомендуемому) режиму обработки данного биообъекта (инокулята), направленному на стимулирование прироста биомассы, соответствуют следующие параметры: частота 60,2 ГГц, длительность - 5 минут, расстояние от рупора до культуры (чашки Петри диаметром до 10 см с обрабатываемой средой высотой 1–2 мм) - 15 см, удельная мощность ЭМП - 50 мкВт/см².

Использование компонентов электромагнитных технологий в производстве хлебопекарных дрожжей

Узловой точкой цепочки размножения хлебопекарных дрожжей является «пробирочная» стадия получения маточной культуры [5], которая одновременно является и наиболее удобной для электромагнитной обработки ввиду своего незначительного масштаба и приемлемого для производства периода сохранности получаемого от их электромагнитной обработки биоэффекта, соответствующего сроку хранения маточных дрожжей (не менее месяца [2]).

При этом предварительные эксперименты показали, что наиболее эффективным способом электромагнитной обработки микробных культур является обработка инокулята (посевого материала), растущего в виде «газона» на поверхности плотной питательной среды.

Таким образом, в предлагаемой модификации технологии производства хлебопекарных дрожжей действию электромагнитного поля подвергается чистая культура дрожжей, выросшая как на поверхности твердой среды, так и в пробирке, то есть образовавшаяся на условно «пробирочной» стадии масштабирования инокулята в ЦЗЛ, и помещенная на поверхность чашки Петри или непосредственно, или вместе с питательной средой, в которой она развивалась.

После электромагнитной обработки содержимое чашки Петри поступает в колбу на дальнейшее масштабирование. В этом случае сравнительно простыми способами можно добиться приемлемого качества электромагнитной обработки биообъекта, поскольку при подобной ЭМО не требуется детального анализа (уточнения) режима микроволновой обработки.

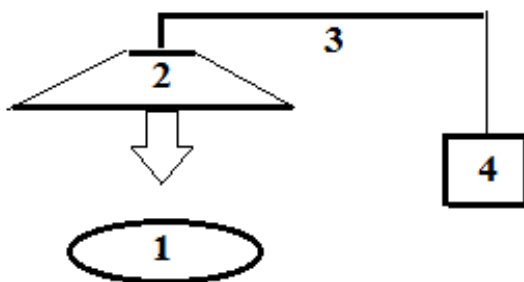


Рис. 2. Принципиальная блок-схема оборудования точечной электромагнитной обработки: 1 - чашка Петри со средой, предназначенной для электромагнитной обработки; 2 – рупор (антенна – облучатель) и защитный экран; 3 – фидер (высокочастотный волновод); 4 – генератор ЭМП.

Аппаратурное обеспечение этого участка производства хлебопекарных дрожжей включает в себя: генератор ЭМП КВЧ (4), антенно-фидерное устройство ((2) + (3)) с защитным экраном (2), чашку Петри. Принципиальная блок-схема оборудования точечной электромагнитной обработки представлена на рис. 2, а его технико-экономический состав

(необходимый минимум стоимости технологической оснастки соответствующего стандартного оборудования) показан в табл. 2.

Таблица № 2.

Технико-экономический состав оборудования для ЭМО

№ п/п	Наименование	Кол-во	Цена, тыс. руб.
1	Генератор ЭМП КВЧ	1	40
2	Фидер (волновод)	1	7
3	Антенна	1	5
4	Чашка Петри	10	$10 \times 0,1 = 1$

Предполагаемый участок микроволновой обработки не требует существенных затрат. Основные затраты связаны с аппаратурным обеспечением участка микроволновой обработки уже действующего производства.

На основе этих данных проведен технико-экономический анализ перспективности предлагаемого варианта внедрения микроволновой технологии в производство хлебопекарных дрожжей.

При расчете экономической эффективности проекта мы исходили из того, что оборудование устанавливается на уже существующем производстве, поэтому не требуются дополнительные траты на аренду (постройку) помещения и оплату труда рабочих. 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 итоговые показатели инвестиционного проекта:

Чистая приведенная стоимость	1 818 327,90р.
Индекс рентабельности	35,31
Внутренняя норма доходности	11,09
Срок окупаемости	менее 1 года



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

Литература

1. Морозов Г.А. Низкоинтенсивные микроволновые технологии. М.: Радиотехника. 2003. 112 с.
2. Крыницкая А.Ю. Влияние электромагнитных излучений крайне высокой частоты на жизнеспособность и мутагенез микробных популяций // Миллиметровые волны в биологии и медицине, 2010, №1(57). С. 46-50.
3. Кузнецов А.Н. Биофизика электромагнитных воздействий. М.: Энергоатомиздат. 1994. 256с.
4. Гапеев А.Б. Действие непрерывного и модулированного ЭМИ КВЧ на клетки животных. Обзор. Часть I. Особенности и основные гипотезы о механизмах биологического действия ЭМИ // Вестник новых мед. технол. 1999. Т.VI. №1. С. 15-22.
5. Фараджаева Е.Д. Производство хлебопекарных дрожжей: практическое руководство. СПб. Профессия. 2002. 167 с.
6. Крыницкая А.Ю. Влияние когерентного КВЧ-излучения нетепловой интенсивности на рост *Vas. subt.* // М.: Биомедицинская радиоэлектроника, № 2, 2001. С. 49-53.
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. Morozov G.A. Nizkointensivny`e mikrovolnovy`e texnologii. [Low-intensity microwave technology]. M. Radiotexnika. 2003. 112 p.
2. Krynitskiya A.Yu. Millimetrovy`e volny` v biologii i medicine, 2010, №1 (57). pp. 46-50.
3. Kuznecov A.N. Biofizika e`lektromagnitny`x vozdejstvij. [Biophysics of electromagnetic effects]. M. E`nergoatomizdat. 1994. 256 p.
4. Gapeev A.B. Vestnik novy`x med. texnol. 1999. Volume VI. №1. pp. 15-22.
5. Faradzhayeva E.D. Proizvodstvo xlebopekarny`x drozhzhej: prakticheskoe rukovodstvo. [Production of baker's yeast: a practical guide]. SPb. Professiya. 2002. 167 p.
6. Krynitskiya A.Yu. M. Biomedicinskaya radioe`lektronika, № 2, 2001. pp. 49-53.
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. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2018, №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N2y2018/4989
9. Vasilyev A.N., Budnicov D.A., Vasilyev A.A. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 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.