

19. Veselinova M., Gesheva R. A polymorphism of *Streptomyces spectabilis* 1000 // Докл. Болг. АН. 1989. Т. 42. № 5. С. 97–100.
20. Бурцева С.А. Влияние γ -излучения на рост и липидообразование *Streptomyces canosus* 71 // Электронная обработка материалов. 2000. № 2. С. 68–73.
21. Chandra S., Heinstejn P., Low P. Activation of a phospholipase A by plant defence elicitors // Plant Physiol. 1996. № 110. P. 979–986.
22. Bradford M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding // Analit. Biochem. 1976. V. 72. P. 248–254.
23. Schagger H, von Jagow G. Tricine-sodium dodecyl sulfate – polyacrylamide gel electrophoresis for the separation of protein in the range from 1 to 100 kDa // Analyt. Biochem. 1987. V. 166. P. 368–379.
24. Bewley J. Seed germination and dormancy // Plant Cell. 1997. V. 9. P. 1055–1066.
25. Chauhry B., Mulleer-Uri F., Cameron-Mills V., Gough S., Simpson D., Skriver K., Mundy J. The barley 60 kDa jasmonate-induced protein (JIP 60) is a novel ribosome-inactivating protein // Plant J. 1994. V. 6. P. 815–824.
26. Bednarek S., Raikhel N. Intracellular trafficking of secretory proteins // Plant Mol. Biol. 1992. V. 2. P. 133–150.

Поступила 16.02.2001

Summary

The phytohormone methyljasmonate (MJ) on exogenously introducing into the culture of *Streptomyces canosus* 71 var. 6, obtained after γ -irradiation, induced synthesis the protein *de novo* with the molecular weight of 50 Kda. The action of MJ provokes a gene (genes) expression that resulted in a 65 kDa protein synthesis. This new precursor after intracellular splicing was exported into the culture medium as 50kDa protein. Morphologically the MJ action was discovered in the colonies' growth inhibition. Based on these dates, protein synthesizing *de novo*, may be classified as a new member of class of the ribosome-inactivated proteins.

А.М. Даниленко, М.П. Купчик, И.С. Гулий

ОБОСНОВАНИЕ РЕЖИМА ВОЗДЕЙСТВИЯ СВЧ-ПОЛЯ НА РАСТИТЕЛЬНУЮ ТКАНЬ

*Украинский государственный университет пищевых технологий,
ул. Владимирская, 68, Киев-33, 01033, Украина*

Механизм типичного процесса денатурации растительной клетки заключается в нарастающем по времени тепловом воздействии на белок мембран вакуоли. Это приводит к увеличению содержания в мембранах высокомолекулярных растворимых белков и, в конечном счете, к частичному разрушению мембран. Таким образом, тепловой процесс денатурации носит биохимический характер [1–4]. Однако денатурация растительной клетки может быть достигнута и за счет физического воздействия внутриклеточной жидкости растительной ткани на мембранные перегородки. Такое воздействие обусловлено различными диэлектрическими свойствами жидкости и веществ белково-пектинового комплекса. Так, в диапазоне частот $3 \cdot (10^8 - 10^9)$ Гц величина диэлектрических потерь $\varepsilon'' = \varepsilon' \cdot \operatorname{tg} \delta$ во внутриклеточной жидкости превышает потери в сухих веществах растительной клетки в ~ 80 раз. Это означает, что коэффициент теплового расширения этих сред также отличается примерно на порядок. На основе этого эффекта возможно механическое разрушение мембран

© Даниленко А.М., Купчик М.П., Гулий И.С., Электронная обработка материалов, 2001, № 3, 54–59.

вакуоли за счет увеличения внутриклеточного давления под действием объемного теплового расширения жидкости. Для того, чтобы создать градиент температур между клеточной жидкостью и окружающими вакуоль тканями необходимо обеспечить такую скорость нагрева, чтобы исключить конвективное выравнивание температуры по всему объему.

Определенная скорость нагрева может быть обеспечена увеличением удельной мощности, подводимой к продукту. Поскольку в технологическом процессе производства сахара продолжительность той или иной технологической операции строго увязана между собой, увеличение скорости нагрева не может быть достигнуто за счет наращивания суммарной выходной мощности источников СВЧ-излучения. Скорость нагрева может быть обеспечена путем подачи мощности в малый объем продукта. Такой режим обработки можно рассматривать как псевдоимпульсный, а именно: аналогично импульсному режиму генерации мощности к малому объему стружки на короткий период времени подводится большая мощность.

Соотношение между величиной подающей СВЧ-мощности и массой свекловичной стружки определяется требуемой скоростью нагрева, которая лежит в пределах 1,3–1,9°С/с. Выбор конструкции камеры для СВЧ-нагрева свекловичной стружки определяется среди прочих условий значением коэффициента полезного действия η [7]:

$$\eta = \frac{P_{\Sigma}}{P_{ex}} = \frac{P_{\Sigma}}{P_{\Sigma} + P_{nom} + P_{omp}}, \quad (1)$$

где P_{ex} – полная входная мощность; P_{Σ} – полезная мощность, рассеиваемая в диэлектрике; P_{nom} – мощность омических потерь в металле стенок камеры и диэлектрическом транспортировочном канале; P_{omp} – мощность, отраженная в плоскости падения входящей мощности из-за неидеальности согласования антенны, возбуждающей резонатор.

В исследованной нами ранее [5] структуре подачи мощности в слой диэлектрика через систему встречных полосковых Y – разветвлений [6, 7] коэффициент согласования между выходом генератора и коаксиально-полосковым переходом в диапазоне $f=915$ МГц с разбросом в 15% не превышал 1,15–1,2. Отсюда следует, что коэффициент полезного действия в полосковой структуре зависит в основном от величины омических потерь в металле стенок камеры и диэлектрике транспортировочного канала. Поэтому задача нагрева стружки с определенной скоростью сводится к созданию камеры нагрева с минимальным объемом, близким к объему самого продукта, с одной стороны, и с максимальным КПД – с другой стороны.

Уменьшение объема камеры ограничивается следующими требованиями:

- минимально допустимое расстояние между бесконечными металлическими проводниками, при которых отсутствует диэлектрический пробой;
- равномерное распределение электромагнитного поля в объеме диэлектрика.

На рис. 1 приведено поперечное сечение экранированных связанных полосковых линий в виде двух полосок, расположенных одна над другой.

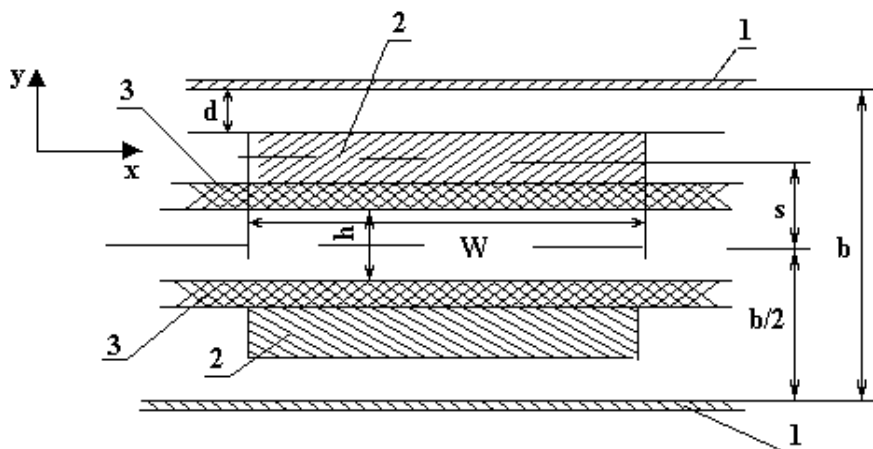


Рис. 1. Схема экранированных связанных полосковых линий:

1 – экранирующий кожух; 2 – полоски; 3 – диэлектрический транспортировочный канал.

Максимальная мощность, которая может быть передана по полосковой линии, определяется наибольшей допустимой напряженностью E_{max} для данного диэлектрического заполнения. Связь между E_{max} и разностью потенциалов между полоской и соответствующей экранирующей плоскостью определяется следующим соотношением [8, 9]:

$$E_{max} = \frac{8}{\pi} \cdot \frac{U}{b}, \quad (2)$$

где U – разность потенциалов; b – расстояние между плоскостями, откуда $U_{max} = \frac{E_{max} \pi b}{8}$ и соответственно максимальная мощность, которая может быть передана по полосковой линии, выразится как

$$P_{max} = \frac{0,077 E_{max}^2 b^2}{Z_0} \text{ Вт}, \quad (3)$$

где Z_0 – волновое сопротивление линии.

Числовые расчеты показывают, что между полосками и экранирующими плоскостями при зазоре $d=5$ мм, волновом сопротивлении линии 50 Ом и $E_{max}=3$ кВ/мм в 30-сантиметровом диапазоне возможность пробоя возникает при передаче мощности более $P_{пробоя} = 34,6$ МВт. При расчете во внимание принималось явление краевого эффекта, возникающего на гранях полоски. Если грани полоски скруглить и тем самым свести влияние краевого эффекта к минимуму, то P пробоя увеличится в $\pi/4$ раз.

Равномерность нагрева свекловичной стружки в структуре, приведенной на рис. 1, обеспечивается встречно-симметричным направлением распространения электромагнитной волны в слое диэлектрика. Направление распространения СВЧ-мощности показано на рис. 2.

В приведенной на рис. 2 структуре коаксиально-полосковый переход можно рассматривать как антенну поверхностной волны. Электромагнитная волна распространяется от источника СВЧ-мощности вдоль оси X , при этом напряженность электромагнитного поля линейно убывает. Равномерность нагрева свекловичной стружки вдоль оси X достигается наложением двух распространяющихся во встречном направлении электромагнитных волн. Равномерность нагрева стружки вдоль оси Y обеспечивается наложением проникающих на глубину $V = \frac{\lambda_0}{2\pi\sqrt{\epsilon\mu\tan\delta}}$ электромагнитных волн. Расстояние между полосками определяется из условия $b \approx 2,5-3 V$.

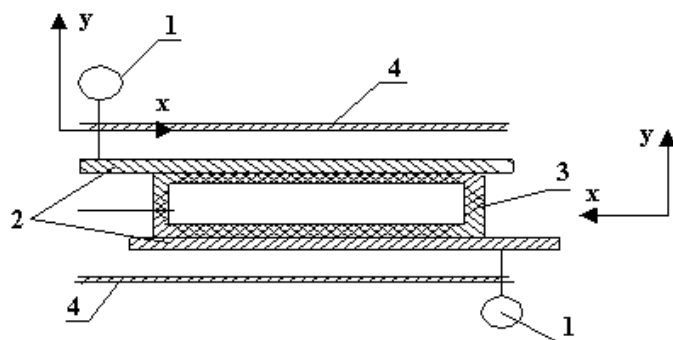


Рис. 2. Схема распространения СВЧ-мощности:

1 – генераторы СВЧ-мощности; 2 – коаксиально-полосковые переходы; 3 – диэлектрический транспортный канал; 4 – экранирующий кожух.

Поперечный размер полоски (рис. 3) определяется путем расчета волнового сопротивления экранированной полосковой линии [9].

Волновое сопротивление полосковой линии Z_0 можно определить через ее емкость на единицу длины, Ом [7]:

$$Z_0 = \frac{\sqrt{\mu \cdot \epsilon}}{3C} \cdot 10^4, \quad (5)$$

где μ и ε – относительные диэлектрическая и магнитная проницаемость среды между металлическими проводниками; C – погонная емкость линии, пФ/м.

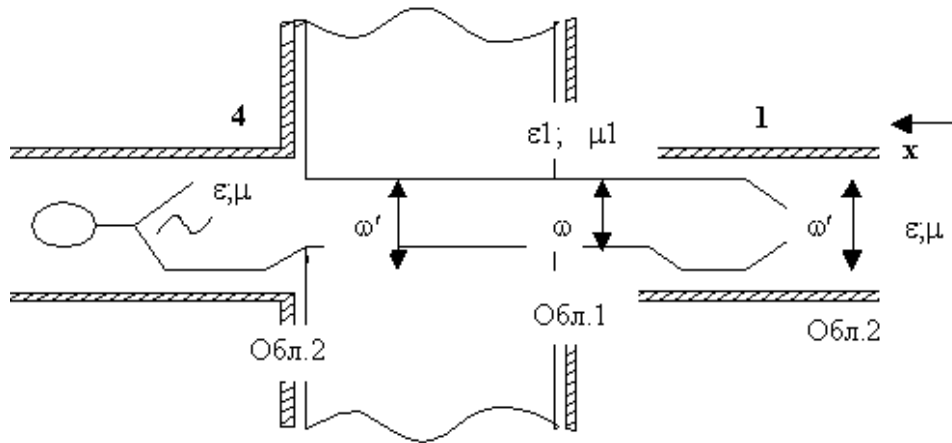


Рис. 3. Схема полоски.

В общем случае произвольной диэлектрической среды $\mu=1$; $\varepsilon \geq 1$ волновое сопротивление линии определяется как

$$Z_b \sqrt{\varepsilon_{эфф}} = \frac{120\pi}{C_o}, \quad (6)$$

где $120\pi = \sqrt{\frac{\mu_o}{\varepsilon_o}}$; $C = C_o \sqrt{\varepsilon_{эфф}} = C_{P1} \sqrt{\varepsilon_1} + C_{P2} + 2C_{f1} \sqrt{\varepsilon_1} + 2C_{f2}$, (7)

где C_p – емкость плоского конденсатора; C_f – емкость краевого поля.

Величины C_p и C_f зависят от геометрических размеров полосковых переходов и их взаимного расположения внутри экранирующего кожуха. Для этих величин после соответствующих выкладок получены следующие выражения:

$$C_{P1} = \frac{2\omega}{b \cdot \left(1 - t/b - \frac{2s}{b}\right)}; ;$$

$$C_{P2} = \frac{2\omega}{b \cdot \left(1 - t/b + \frac{2s}{b}\right)}; \quad (8)$$

$$\pi C_{f1} = 2rl \ln(1 + rl) - r \left[\ln(r^2 l^2 - 1) \right] \frac{t}{b};$$

$$\pi C_{f2} = 2qm \ln(qm + 1) - q \frac{t}{b} \ln(q^2 m^2 - 1), \text{ где}$$

$$r = \left(l - \frac{t}{b}\right)^{-1}; \quad q = \left(m - \frac{t}{b}\right)^{-1};$$

$$l = 1 - 2 \frac{s}{b}; \quad m = 1 + 2 \frac{s}{b}.$$

После выполнения численных расчетов выбраны оптимальные геометрические размеры камеры нагрева стружки с использованием двух встречных коаксиально-полосковых переходов. Конструкция камеры удовлетворяет всем вышеуказанным условиям термообработки диэлектрических материалов, и при этом камера имеет минимальные размеры. Зона воздействия СВЧ-мощности на обрабатываемый материал с некоторым приближением ограничивается объемом

$$V = L \cdot \omega \cdot h, \quad (9)$$

где L – ширина канала транспортировки стружки; ω – ширина полоски в области заполнения диэлектриком пространства между связанными полосковыми линиями; h – высота внутренней полости транспортировочного канала.

Таким образом, обеспечивается возможность исследования зависимости степени денатурации растительной клетки от скорости нагрева. При этом к малому объему стружки V подводится СВЧ-мощность.

Величина подводимой СВЧ-мощности варьировалась от 0,6 до 4,0 кВт. Зависимость температуры нагрева стружки от нормированной мощности показана на рис. 4.

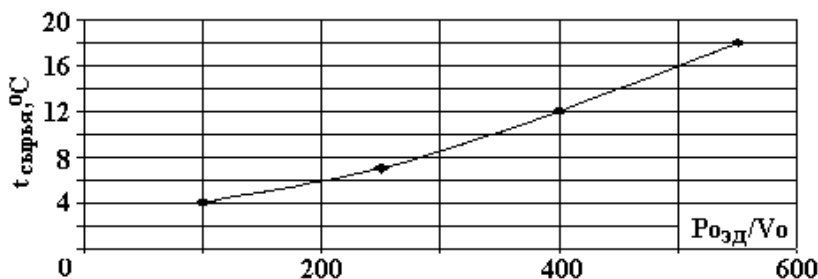


Рис. 4. Влияние нормированной СВЧ-мощности на температуру нагрева свекловичного сырья.

После кратковременного воздействия СВЧ-мощности производилось выслаживание свекловичной стружки в течение 40 минут при температуре 35–40°C. Результаты испытаний сведены в таблице.

Качественные показатели диффузионного сока и свекловичного жома

Суммарная СВЧ-мощность, кВт	Скорость нагрева стружки, $v_{нагр.}, ^\circ\text{C}/\text{с}$	Показатели диффузионного сока			Цветность, единиц оптической плотности	Дигестия жома, %
		СВ, %	Сх, %	Ч, %		
0,6	0,8	5,41	4,32	79,8	16580	12,46
0,8	1,1	12,8	10,81	83,8	12470	5,97
1,0	1,4	15,11	13,15	87,0	10638	3,64
1,2	1,7	17,47	15,46	88,5	9510	1,32
1,4	1,9	17,93	15,81	88,2	9106	0,95
1,6	2,1	18,29	15,89	86,9	8418	0,89
1,8	2,3	18,84	15,95	84,7	8354	0,83
2,0	2,5	19,45	16,02	82,4	8207	0,74
2,2	2,6	19,72	16,08	81,5	8096	0,71
2,4	2,7	19,85	16,10	81,1	8040	0,68

Из таблицы видно, что максимальный эффект денатурации ткани свекловичной стружки достигается при скорости нагрева от 1,4 до 1,9°C/с. Такая скорость нагрева достигается при удельной затрате СВЧ-мощности около 7 кВт на 1кг сырья. Очевидно, что при меньшей скорости нагрева вследствие конвективных явлений не наступает полного плазмолиза мембран свекловичной клетки, и в диффузионный сок поступает лишь часть сухих веществ. Увеличение интенсивности нагрева ухудшает чистоту получаемого диффузионного сока за счет более жесткого режима разрушения мембран вакуоли. Очевидно, более жесткий режим нагрева приводит к частичному разрушению капиллярно-пористых структур в растительной ткани, а также к частичному выделению протопектина. Улучшение доброкачественности диффузионного сока под действием СВЧ-обработки наблюдается и в случае псевдоимпульсного режима обработки в той же степени, что и в случае непрерывного режима подачи мощности. При этом существенно снижается цветность сока и потери сахара в жоме. Высокая степень плазмолиза свекловичной ткани позволяет вести процесс экстрагирования сахарозы при низких температурах, получать высококачественный диффузионный сок и существенно снизить энергозатраты на производство сахара.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сапронов и др. Общая технология сахара и сахаристых веществ. М., 1984.
2. Силин П.М. Технология сахара. М., 1967.
3. Лысянский В.М., Гребенюк С.М. Экстрагирование в пищевой промышленности. М., 1987.
4. Купчик М.П., Матвиенко А.Б. и др. Интенсификация диффузионного процесса при обработке сокоотружечной смеси электрическим полем // Сахарная Промышленность. 1986. № 4.
5. Даниленко А.М., Купчик М.П., Гулый И.С. и др. Создание эффективного устройства СВЧ-обработки свекловичной стружки // Электронная обработка материалов 2000. №1. С. 72–77.
6. СВЧ-энергетика / Под ред. Э. Окресса, М., 1971.
7. Изюмова Т.И. Волноводы, коаксиальные и полосковые линии. М., 1975.
8. Современные проблемы применения СВЧ-энергии // Материалы международной научно-технической конференции. Саратов, 1996.
9. Справочник по элементам полосковой техники / Под ред. А.Л. Фельдштейна, 1979.

Поступила 08.12.2000

Summary

The pseudo-pulse mode of SHF-treatment (super high frequency) of a vegetative tissue is offered and grounded. The dependence of heating temperature of beet shaving from the normalized SHF-power is investigated. It is established, that the increase of diffuse juice' cleanliness in case of a pseudo-pulse mode SHF-treatment occurs in the same degree, as in case of a continuous mode. The high degree of a beet tissue SHF-plazmolysis allows to carry out the extracting of sucrose at low temperatures and to receive high-quality diffuse juice.
