

Этот метод, принятый FAO – международной сельскохозяйственной организацией. Данный метод определения поливной нормы отличается большой точностью, но требует оборудования метеопоста в хозяйстве и ежедневного учета.

Тензиометрический метод. Применяя новые системы капельного орошения на различных культурах, начинают использовать разные типы тензиометров, определяющие влажность почвы в любом месте поля и на любой глубине активного слоя почвы. Тензиометры бывают водомерные, ртутные, барометрические, электрические, электронно-аналоговые и др. Место установки должно быть типичным для поля и в одной точке устанавливают 2 тензиометра – один на глубине 30 см, другой – 60 см на расстоянии 15-30 см от капельницы. Установка тензиометров проводится после полива участка. Снимать показания тензиометра необходимо в ранние утренние часы, когда температура еще стабильна после ночи. Определение величины поливных норм по показаниям тензиометров проводится с использованием графиков зависимости всасывающего давления, прибора определяющего уровень влажности почвы.

Расчет дефицита влаги производят по формуле

$$Q = 10h(Q_{нв} - Q_{пп}),$$

где Q – дефицит влаги, мм; h – глубина расчетного слоя почвы, мм; Q_{нв} – влажность объема почвы в % Н.В.; Q_{пп} – предполивная влажность объема почвы в % Н.В.

Поливная норма в л/растение определяется по формуле

$$V = (Q_{0-50} + Q_{51-100}) \cdot S,$$

где V – поливная норма, л/растение; Q₀₋₅₀ – влажность почвы в слое 0-50 см, мм; Q₅₁₋₁₀₀ – влажность почвы в слое почвы 51-100 см, мм; S – площадь контура увлажнения капельницы (или нескольких – по количеству на одно дерево), м².

Продолжительность полива определяют по формуле

$$T = V / G,$$

где G – расход воды капельницей, л/час; T – продолжительность полива, час; V – поливная норма, л.

Используя определенные типы тензиометров, можно автоматизировать процесс полива. В этом случае отключение насоса поливной системы проводится несколько ранее (что следует программировать), чем достигается верхний предел необходимой влажности. Для расчета интервала полива в днях необходимо поливную норму V разделить на дневную, определенную тензиометрически [3].

Заключение

1. При расчете систем капельного полива в случае применения удобрительного раствора необходимо учитывать изменения температуры и давления в системе с помощью коэффициента, показывающего изменение вязкости и плотности раствора для данного вида удобрений.

2. Для оперативного определения двух основных показателей: остаточной влажности почвы (Н.В.) (момент начала полива) и достаточного объема поливной воды предпочтительно использовать разные типы тензиометров, определяющие влажность почвы в любом месте поля и на любой глубине активного слоя почвы.

Литература

1. Лихацевич, А. П. Дождевание сельскохозяйственных культур: Основы режима при неустойчивой естественной влагообеспеченности / А. П. Лихацевич. – Минск: Белорусская наука, 2005. – 278 с.
2. Дашков, В.Н. Особенности расчета параметров системы капельного орошения и фертигации овощных культур / В.Н. Дашков, Н.М. Абрамчик, Э.К. Снежко // Инженерный вестник. – 2008. №2(26). – С. 14-17.
3. Друпка, С. Подкоровое миниорошение / С. Друпка // Интенсивные технологии в садоводстве / Пер. с польск. Н.А. Чупеева: (Praca miedzynarodowa pod redakcja naukowa prof. dr S.A. Pieniazka. - Panstwowe Wydawnictwo Rolnicze i Lesne, Warszawa, 1986). – М.: Агропромиздат, 1990. – С. 162-186.

УДК 635.21.077:621.365

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ КОАГУЛЯЦИИ БЕЛКОВ

Дубодел И.Б., к.т.н., доцент

УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»
г. Минск, Республика Беларусь

Рассмотрены энергоэффективные технологии электрокоагуляции белков на примере картофельного сока и молочной сыворотки, показаны факторы, влияющие на электрокоагуляционные процессы, путем моделирования установлена их значимость, предложена математическая модель электро-

коагуляции белкосодержащих сред, получены технологические параметры обработки картофельного сока и молочной сыворотки.

Нехватка кормовых белков в рационах сельскохозяйственных животных составляет около 20 %. Вместе с тем, значительную часть полезных для кормопроизводства веществ, являющихся побочными продуктами, не используют. Ежегодно в Республике Беларусь при производстве картофельного крахмала получают до 105 тыс. тонн сока, содержащего более 3 тыс. тонн белков. Аналогичная проблема возникает и при производстве сыров, творога, казеина. К 2010 году количество получаемой молочной сыворотки достигло 2 млн. тонн в год, содержащей до 20 тыс. тонн высокоценных белков.

Необходимость полной переработки белкосодержащих продуктов обусловлена не только экономической целесообразностью, но также и необходимостью охраны окружающей среды. Так молочная сыворотка, получаемая на сыродельных заводах при переработке 50 тонн молока в смену, загрязняет окружающую среду также, как город с населением 80 тыс. человек.

Извлечь белки можно коагуляцией. Существующие способы коагуляции (тепловые, химические, электротермические) позволяют выделить не более 85 % белков при энергоёмкости 0,15...0,40 МДж/кг. Это объясняется тем, что интенсификация процессов происходит за счет энергоёмкого термического воздействия. Главным действующим фактором выступает температура. Использование химического способа, основным действующим фактором которого является pH среды, позволяет произвести процесс без затрат энергии, но уменьшает выход белков с получением труднориспользуемого осадка. Снизить недостатки существующих способов возможно, заменив действие химреагентов, электрохимическим действием электрического тока, что осуществимо с помощью электрокоагуляции.

Коагуляция белкосодержащих сред под действием внешнего электрического поля зависит от баланса трех энергий – межмолекулярного притяжения $W_{\text{м}}$, электростатического отталкивания $W_{\text{э}}$, диполь-дипольного взаимодействия частиц $W_{\text{д}}$ [1..4]:

$$W = W_{\text{м}} + W_{\text{э}} + W_{\text{д}} = 16 \varepsilon_1 \varepsilon_2 \left(\frac{RT}{F} \right)^2 \frac{\psi_0 z_i e}{4kT} \cdot a e^{-\chi a (s-2)} - \\ - \frac{A}{6} \left(\frac{2}{S^2 - 4} + \frac{2}{S^2} + \ln \frac{S^2 - 4}{S^2} \right) - 4 \varepsilon_1 \varepsilon_2 \left(0,5 - 3 \frac{\bar{n} \hbar \left(\frac{\psi_0 z_i e}{2kT} - 1 \right)}{4 \bar{n} \hbar \left(\frac{\psi_0 z_i e}{2kT} \right) + \chi a} \right) \left(\frac{a}{S} \right)^3 E^2,$$

где $\varepsilon_0, \varepsilon_c$ – электрическая постоянная, Ф/м, и относительная диэлектрическая проницаемость среды; R – газовая постоянная, Дж/(моль К); T – температура, К; F – число Фарадея, Кл/моль; ψ_0 – полный потенциал (потенциал диффузной части двойного слоя), В; z_i – валентность иона; e – заряд электрона, Кл; k – постоянная Больцмана, Дж/К; a – размер частицы, м; $S = ha/a+2$ – относительное расстояние между частицами; h – расстояние между частицами, м; $\chi = \frac{\sqrt{8\pi e \sum n_i z_i}}{\varepsilon_1 \varepsilon_2 kT}$ – параметр Дебая-

Гюккеля, м⁻²; A – постоянная Гамакера, Дж; E – напряженность электрического поля, В/м.

Коагуляция происходит в случае, когда энергия молекулярного притяжения и дипольного взаимодействия превосходят энергию электростатического отталкивания, т.е. при отрицательном знаке суммарной энергии. Анализ уравнения (1), проведенный на ЭВМ, показал, что суммарная энергия взаимодействия коллоидных частиц в наибольшей мере зависит от температуры T и потенциала диффузной части двойного слоя ψ_0 . Напряженность электрического поля не оказывает заметное влияние на суммарную энергию взаимодействия частиц. Следовательно, возможна тепловая и химическая коагуляция белкосодержащих сред.

Тепловая коагуляция происходит при температуре выше 60°C для картофельного сока и 90°C для молочной сыворотки. Химическая коагуляция возможна при $\psi_0 = (30...40) \cdot 10^{-3}$ В для сока и $\psi_0 = (0,25...0,35) \cdot 10^{-3}$ В для сыворотки. Так как ψ_0 -потенциал не поддается экспериментальному определению, его заменяют на электрокинетический потенциал ζ (дзета-потенциал), близкий по значению. На величину электрокинетического потенциала, особенно растворов белков, влияет pH среды, так как водородные и гидроксильные ионы обладают высокой способностью адсорбироваться; первые – благодаря малому радиусу, что позволяет им близко подходить к поверхности частицы, вторые – из-за большого дипольного момента. В кислой среде ζ - потенциал имеет положительный знак, а в щелочной – отрицательный. Значение ζ - потенциала равно нулю соответствует изоэлектрической точке (ИЭТ). В этой точке белки наименее устойчивы, так как число взаимодействующих ионизированных

щелочных и кислотных групп в белковой молекуле будет одинаково и приведет к сворачиванию ее в клубок, плотность которого вследствие сил притяжения между разноименно заряженными группами максимальна. ИЭТ различна для разных растворов белков и колеблется от рН = 2 до рН = 11. Для картофельного сока ИЭТ соответствует рН ≈ 4,8, для молочной сыворотки рН = 8,5 и рН = 5,5 (разброс связан с несколькими видами белков, присутствующих в сыворотке, каждый из которых имеет свою ИЭТ). Следовательно, изменяя рН можно воздействовать на значение ζ - потенциала, а значит на суммарную энергию взаимодействия молекул белков и, в конечном счете, на процесс коагуляции.

Изменить рН среды можно воздействием внешнего электрического тока, регулируя вводимое количество электричества Q, при определенном значении которого белок переходит в изоэлектрическое состояние, наиболее благоприятное для его коагуляции, то есть варьируя величину Q, можно воздействовать на значение электрокинетического потенциала и тем самым контролировать коагуляционные процессы. Кроме того, способ коагуляции белковых молекул снижением ζ - потенциала предпочтительнее способу, основанному на изменении температуры, так как требует меньших затрат энергии. На основании данных положений получена следующая математическая зависимость процесса электрокоагуляции белков сока картофеля:

$$W = 16\epsilon_i \epsilon_e \left(\frac{RT}{F} \right)^2 th^2 \left(\frac{(6,9 \cdot 10^{-2} - 10^{-5} Q) z_i e}{4kT} \right) \times a \frac{e^{-\chi a (s-2)}}{S} -$$

$$-\frac{A}{6} \left[\frac{2}{S^2 - 4} + \frac{2}{S^2} + \ln \frac{S^2 - 4}{S^2} \right] - 4\epsilon_i \epsilon_e \left(0,5 - 3 \frac{ch \left(\frac{(6,9 \cdot 10^{-2} - 10^{-5} Q) z_i e}{2kT} \right) - 1}{4ch \left(\frac{(6,9 \cdot 10^{-2} - 10^{-5} Q) z_i e}{2kT} \right) + \chi a} \right) \left(\frac{a}{S} \right)^3 E^2.$$

Оптимальные параметры электрокоагуляции белков сока определены методом Монте-Карло [5]. Критерием оптимизации служил минимум энергии взаимодействия белковых частиц. В результате получены следующие значения факторов, степень коагуляции при которых максимальна: количество электричества – (6,5...7,5) · 10³ Кл/кг; рН среды – 4,6...5,0; температура обработки – 30...40°С. Основными технологическими параметрами электрообработки белковосодержащих сред являются: количество электричества, рН среды, конечная температура, выход белков (таблица). Эффективность способа обработки белковосодержащих сред подтверждена лабораторной транспортной и регуляции обмена веществ растений института экспериментальной ботаники АН РБ.

Таблица — Технологические параметры обработки некоторых белковосодержащих сред

Обрабатываемая среда	Параметры электрического поля		рН показатель	Температура обработки, °С	Выход белков, %
	количество электричества, Кл/кг	напряженность, В/м			
Картофельный сок	(6,5...7,5) 10 ³	(3...5) 10 ²	4,6...4,8	30...40	93...95
Молочная сыворотка	(5...6) 10 ³	8 · 10 ²	8,5...9,5	25...30	93...95

Таким образом, электрохимический способ увеличивает выход белков на 10...40% в зависимости от вида белкового сырья. Максимально полный сбор и переработка белковосодержащих продуктов, переход на безотходные энергоэкономичные технологии позволит решить проблему охраны окружающей среды и получить ощутимый экономический эффект.

Литература

1. Эстрелла-Льонис В.Р., Духин С.С. Поляризонные взаимодействия и электрокоагуляция // Коллоидный журнал – 1981, вып.5 т.43.
2. Дерягин Б.В. Теория гетерокоагуляции, взаимодействие и влияние разнородных частиц в растворах электролитов // Коллоидный журнал – 1954, вып.16 т.6.
3. Эстрелла-Льонис В.Р. и др. Об энергии взаимодействия двух физических коллоидных частиц во внешнем электрическом поле // Коллоидный журнал 1974, вып. 6 т. 36.
4. Дерягин Б.В. Устойчивость коллоидных систем // Успехи химии – 1979, № 4 т.48.
5. Соболев И.М. Метод Монте-Карло. – М.: Наука, 1978.