

Профессор Ю.И. Шишацкий, доцент Е.С. Бунин,
аспирант Е.И. Голубятников
(Воронеж. гос. ун-т. инж. технол.) кафедра промышленной энергетики,
тел. (473) 255-44-66

Исследование процесса стабилизации цветности свеколовичного жома

Представлены результаты экспериментальных исследований процесса стабилизации цветности свеколовичного жома с последующей математической обработкой полученных данных методом статистического анализа.

There are presented the results of pilot studies of chromaticity stabilization of a beet press process, as well as subsequent mathematical processing the obtained data by the method of the statistical analysis.

Ключевые слова: свеколовичный жом, цветность, уравнения регрессии.

Для выработки свеколовичного пектина и пищевых волокон в России имеется огромная сырьевая база. Свеколовичный жом является самым дешевым видом пектинсодержащего сырья [1]. Содержание пектиновых веществ в жоме в зависимости от зоны возделывания колеблется от 20 до 30% на сухую массу. Распределение пектиновых веществ в различных частях сахарной свеклы показано на рис. 1.

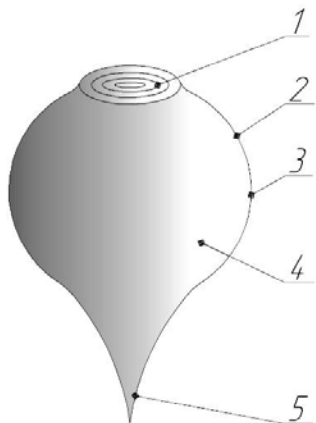


Рис. 1. Распределение пектиновых веществ в корнеплоде сахарной свеклы (% на массу сырья): 1 – головка (2,81 %); 2 – покровный наружный слой (0,98 %); 3 – вторичный слой (2,26 %); 4 – центральная часть (2,14 %); 5 – хвостик (2,65 %)

Последними исследованиями доказано, что свеколовичный пектин по своим физико-химическим свойствам является наилучшим природным комплексообразователем по отношению к тяжелым металлам и радионуклидам[1].

Сухие вещества свеколовичного жома представлены, кроме пектинов, целлюлозой (22-25 %), гемицеллюлозой (21-23 %), азотистыми веществами (1,8-2,5 %), золой (0,8-1,3 %), сахарами (0,15-0,20 %). Кроме того, в свежем сыром жоме обнаружены витамин С и необходимые в питании аминокислоты – лизин и треонин.

Таким образом, жом, а также «бой» и хвостики сахарной свеклы являются сырьем для производства новых видов продукции – пектина и пищевых волокон [2].

Пектин нашел широкое применение в различных отраслях пищевой промышленности (кондитерской, консервной, хлебопекарной, молочной, бродильной и др.), а также в косметической промышленности и медицине. Пищевые волокна (ПВ) – ценная пищевая добавка. Медико-биологическая ценность пищевых волокон обусловлена их физико-химическими свойствами и способностью регулировать функционирование ряда органов и систем организма человека [2].

Следовательно, пектин и пищевые волокна как ценные составляющие пищи способствуют укреплению здоровья человека.

Технология производства пектина и пищевых волокон включает в себя ряд процессов, среди которых важное место отводится подготовке сырья. В результате предварительной подготовки сырого свеколовичного жома существенно улучшаются органолептические и физико-химические показатели ценных пищевых добавок – пектина и пищевых волокон.

К числу подготовительных процессов относится стабилизация цветности свекловичного жома. Получение светлого продукта не только увеличивает его привлекательность, но и расширяет область применения.

С целью получения светлого жома и стабилизации его цветности, то есть исключения потемнения жома при дальнейшей технологической обработке, нами использовалась лимонная кислота. Последняя является реагентом, ингибирующим окислительные процессы, в результате чего стабилизируется цветность свекловичного жома. Существенное достоинство лимонной кислоты заключается в том, что она является пищевым антиоксидантом.

Если соблюдены все технологические параметры до диффузионного аппарата и в нем, то свекловичный жом практически сохраняет свой белый цвет или даже становится светлее, поскольку из нее вымываются красящие вещества. Введение лимонной кислоты непосредственно в диффузионный аппарат нежелательно вследствие возможного изменения состава и осложнения очистки свекловичного сока, который, как известно, представляет собой поликомпонентную систему. Он содержит сахарозу (около 98 %), несахара (70-80 %), представленные растворимыми белковыми, пектиновыми веществами и продуктами их распада, редуцирующими сахарами, аминокислотами, амидами кислот, слабыми азотистыми основаниями, солями органических и неорганических кислот [3]. Поэтому технологически целесообразно более глубоко отбеливать и стабилизировать цветность жома после диффузии, так как в дальнейшем неизбежно её потемнение.

Экспериментальное исследование заключалось в следующем. В емкость с мешалкой заливался раствор лимонной кислоты и загружался свекловичный жом непосредственно после диффузионного аппарата. Массовая доля лимонной кислоты и продолжительность её контакта со свекловичным жомом изменялась в широком диапазоне и гидромодуле 1:0,5. Затем жом прессовался и высушивался до конечной влажности 10 %. Высушенный жом измельчался на лабораторной мельнице, просеивался через сито № 38. Крупность прохода составляла 60-100 мкм. Показатель белизны определялся на лабораторном приборе «БЛИК-РЗ». Для этого измельченный жом насыпался до краев кюветы и выравнивался при помощи разравнивающей пластины. На поверхность жома укладывался

светозащитный экран и обеспечивался равномерный нажим на него разравнивающей пластины до соприкосновения с бортиком кюветы. Легким вращением кюветы обеспечивалась параллельность её плоскости относительно фотометрического блока. Интенсивность отраженного светового потока измерялась при остановке вращающейся кюветы.

Строились зависимости белизны свекловичного жома B в единицах шкалы прибора от отношения массовой доли лимонной кислоты к массе жома g (%), а также длительности её контакта с жомом τ (мин).

Результаты исследования представлены на рис. 2 и 3.

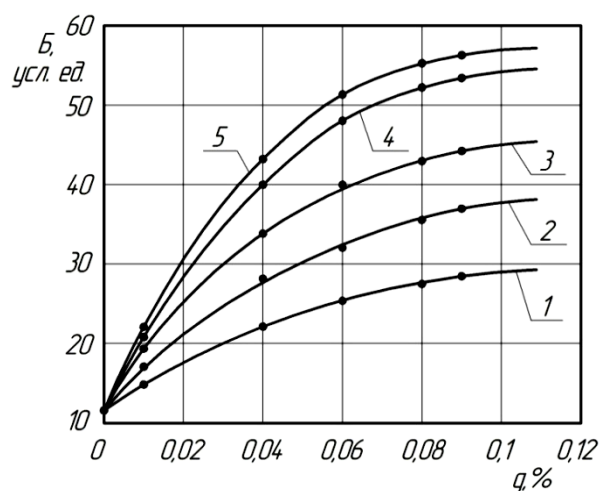


Рис. 2. Зависимость белизны свекловичного жома B от массовой доли лимонной кислоты g к массе жома при продолжительности контакта τ с раствором лимонной кислоты, мин: 1 – 5; 2 – 10; 3 – 30; 4 – 40; 5 – 45.

Видно, что с увеличением массовой доли кислоты свекловичный жом светлеет. Его максимальная цветность стабилизировалась через 40-45 мин при массовой доле кислоты $g = 0,08-0,09\%$.

Как следует из рис. 3, цветность стабилизировалась до максимального значения 55-57 условных единиц при продолжительности контакта 40-45 мин.

Таким образом, при массовой доле лимонной кислоты $g = 0,08-0,09\%$ и продолжительности контакта с раствором лимонной кислоты $\tau = 40-45$ мин достигалось максимальное значение цветности: 55-57 условных единиц.

Математическое описание исследованного процесса может быть получено эмпирически. При этом его математическая модель имеет вид уравнения регрессии,

найденного статистическими методами на основе экспериментов.

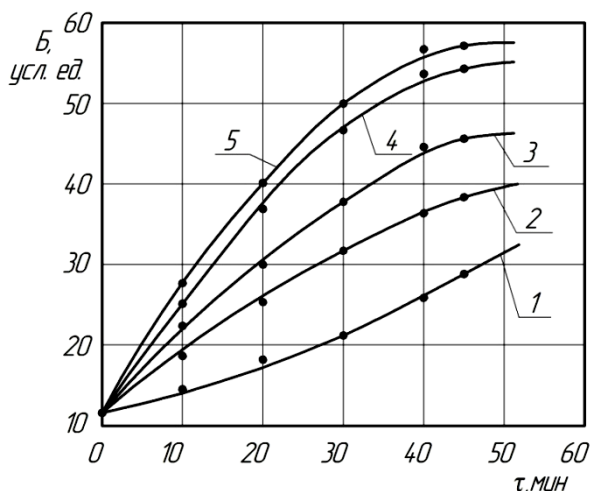


Рис. 3. Зависимость белизны свекловичного жома B от продолжительности контакта τ с раствором лимонной кислоты при массовой доле лимонной кислоты $g, \%$: 1 – 0,01; 2 – 0,04; 3 – 0,06; 4 – 0,08; 5 – 0,09.

В качестве основных факторов, влияющих на физико-химические показатели свекловичного жома, выбраны: x_1 – массовая доля лимонной кислоты, %; x_2 – продолжительность контакта с раствором лимонной кислоты, мин. Выбранные факторы не коррелируют между собой.

Критерием оценки влияния указанных факторов на физико-химические показатели свекловичного жома принята белизна γ , усл.ед.

Экспериментальные исследования проводили по системе центрального композиционного ротатбельного планирования (ЦКРП), обеспечивающего получения одинаковой величины дисперсии предсказания для любой точки в пределах изучаемой области [4-6].

Статистическая обработка экспериментальных данных заключалась в вычислении оценок регрессионных коэффициентов, проверке их значимости, оценке воспроизводимости опытов и установлении адекватности полученных регрессионных уравнений. При этом были использованы статистические критерии Стьюдента, Кохрена и Фишера (при доверительной вероятности 95 %).

В результате статистической обработки результатов эксперимента получено уравнение регрессии второго порядка, адекватно описывающее зависимость белизны свекловичного жома от изучаемых факторов:

$$\gamma = 26,02 + 7,322X_1 + 8,407X_2 + 2,575X_1X_2 + 0,344X_1^2 - 1,643X_2^2, \quad (1)$$

где X_i – кодированные значения факторов, связанные с натуральными значениями x_i соотношениями:

$$X_1 = \frac{x_1 - 0,04}{0,028}; \quad X_2 = \frac{x_2 - 20}{14,184}. \quad (2)$$

Анализ регрессионного уравнения показывает, что характер влияния изучаемых факторов на белизну свекловичного жома идентичный: увеличение массовой доли лимонной кислоты и продолжительности контакта с раствором приводят к увеличению белизны жома; сокращение продолжительности выдержки жома и понижение концентрации раствора вызывает уменьшение белизны свекловичного жома.

Так как значения регрессионных коэффициентов b_1 и b_2 при независимых переменных отличаются друг от друга незначительно (7,322 и 8,407 соответственно), то и «сила» влияния искомых факторов на величину белизны жома является практически одинаковой.

На рис. 4 представлена геометрическая интерпретация полученного уравнения регрессии в виде двумерных сечений поверхности отклика. Искомая графическая зависимость имеет вид номограммы, которая позволяет решить одну из двух важных практических задач.

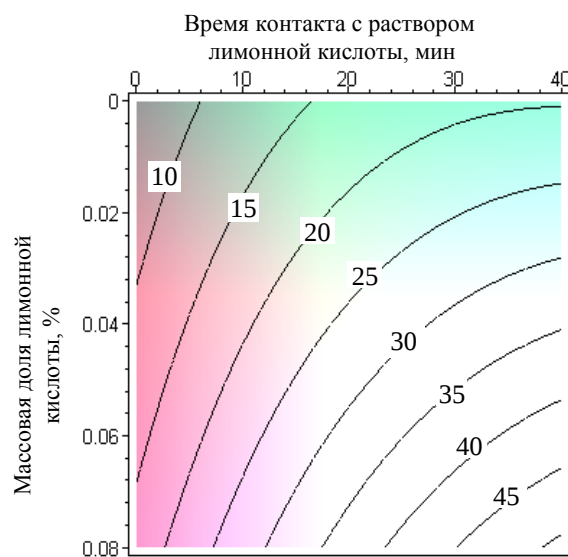


Рис. 4. Поверхность отклика (числа на кривых – значения белизны свекловичного жома, усл. ед.)

Первая задача заключается в прогнозировании белизны жома при заданных значениях массовой доли лимонной кислоты и продолжительности обработки жома. Вторая – сводится к определению режимов обработки, обеспечивающих получение свекловичной жома заданной белизны.

ЛИТЕРАТУРА

1 Донченко, Л. В. Пектин: основные свойства, производство и применение [Текст] / Л. В. Донченко, Г. Г. Фирсов. – М.: ДеЛи принт, 2007. – 276 с.

2 Лосева, В. А. Производство сахара и новых продуктов с использованием электрохимической активации [Текст] / В. А. Лосева, А. А. Ефремов. – Воронеж: Издательско-полиграфический центр Воронежского государственного университета, 2010. – 179 с.

3 Сапронов, А. Р. Технология сахарного производства [Текст] / А. Р. Сапронов. – М.: КолосС, 1999. – 495 с.

4 Грачев, Ю. П. Моделирование и оптимизация тепло- и массообменных процессов пищевых производств [Текст] / Ю. П. Грачев, А. К. Тубольцев. – М.: Лег. и пищ. пром-ть, 1984. – 287 с.

5 Грачев, Ю. П. Математические методы планирования экспериментов [Текст] / Ю. П. Грачев. – М.: Пищ. пром-ть, 1979. – 306 с.

6 Адлер, Ю. П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий [Текст] / Ю. П. Адлер. – М.: Наука, 1971. – 240 с.

REFERENCES

1 Donchenko, L. V. Pectin: basic properties, production and use [Text] / L. V. Donchenko G. G. Firsov. – M.: DeLee print, 2007. – 276 p.

2 Loseva, V. A. Production of sugar and new products using electro-chemical activation [Text] / V. A. Loseva, A. A. Efremov. – Voronezh: Publishing and printing center of Voronezh State University, 2010. – 179 p.

3 Sapronov, A. R. Technology of sugar production [Text] / A. R. Sapronov. – M.: Coloss, 1999. – 495p.

4 Grachev, U. P. Modeling and optimization of heat and mass transfer processes of food production [Text] / U. P. Grachev, A. K. Tuboltsev. – M.: Light and food ind., 1984. – 287 p.

5 Grachev, U. P. Mathematical methods of experiments design [Text] / U. P. Grachev. – M.: Food ind., 1979. – 306 p.

6 Adler, U. P. Planning experiment in finding the optimal conditions [Text] / U. P. Adler. – M.: Science, 1971. – 240 p.