

УДК 66.011:663.837.1

MODELLING THE CLARIFICATION PROCESS OF APPLE JUICE USING SHUNGITE

S. Matko, L. Melnyk, O. Bessarab
National University of Food Technologies

Key words:

Apple juice
Adsorption purification
Shungit
Regression
Optimization

ABSTRACT

With the help of mathematical modelling, regression equation for determining pectin contents and indicator of transparency in apple juice processed by shungite is developed. The optimal technological parameters of the process for clarifying apple juice by shungite are obtained.

Article history:

Received 21.02.2015
Received in revised form
12.03.2015
Accepted 25.04.2015

Corresponding author:

L. Melnyk
E-mail:
plqaz@ukr.net

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ОСВІТЛЕННЯ ЯБЛУЧНОГО СОКУ ШУНГІТОМ

С.В. Матко, Л.М. Мельник, О.С. Бессараб
Національний університет харчових технологій

На основі використання методів математичного моделювання у статті розроблено рівняння регресії для визначення вмісту пектинових речовин і показника прозорості яблучного соку, очищеного шунгітом. Встановлено оптимальні технологічні параметри проведення процесу освітлення яблучного соку шунгітом.

Ключові слова: *яблучний сік, адсорбційне очищення, шунгіт, рівняння регресії, оптимізація.*

Постановка проблеми. Виробництво освітлених і концентрованих яблучних соків в Україні з кожним роком зростає, що пояснюється їх дієтичною і харчовою цінністю, наявністю сировинної бази, широким попитом у безалкогольній, виноробній, консервній, кондитерській промисловостях. Вуглеводи в соках представлені переважно глюкозою і фруктозою. Ефірні олії, кислоти, вітаміни, мікроелементи формують букет продукту, сприяють травленню, знижують кров'яний тиск, позитивно впливають на обмінні процеси організму людини [1].

Соки є біохімічно нестійкими системами і при зберіганні можуть втрачати товарний вигляд через утворення помутнінь і колоїдно-білкових осадів. Для

отримання освітлених, особливо концентрованих соків, необхідно видаляти частину колоїдних речовин з високою молекулярною масою (пектинові, білкові і дубильні), які при випаровуванні осідають на нагрівальні поверхні та викликають локальний перегрів і пригорання.

Процес освітлення в промислових умовах здійснюється оклеюванням за допомогою одновідсоткового розчину желатину або комбінації таніну й желатину, обробленням соку пектолітичними ферментними препаратами чи термообробленням при високій температурі. Після оброблення в освітленому соку визначають показники якості: масову частку осаду (нормується до 0,05—0,1 %), прозорість (90—98 %); масову частку сухих речовин (9—11 %) [2].

Дослідження, проведені авторами, підтверджують доцільність видалення частини пектинових речовин (ПР) із яблучного соку та підвищення ступеня його прозорості за допомогою оброблення соку природним мінералом шунгітом, адсорбентом вуглецевої природи, що містить нанотрубки, який є екологічно безпечним, володіє ефективною поглинальною здатністю, придатний до багаторазового використання [3, 4]. Щоб адсорбційні процеси були ефективними і дешевими, їх необхідно проводити за оптимальних умов, пошук яких можна здійснити, використавши методи математичного моделювання.

Мета статті. Розробити рівняння регресії для визначення вмісту пектинових речовин і розрахунку показника прозорості в яблучному соку, попередньо очищеному шунгітом, та оптимізувати процес освітлення яблучного соку шунгітом.

Виклад основних результатів дослідження. З метою складання рівняння регресії для визначення вмісту пектинових речовин у яблучному соку, очищеному шунгітом, використали метод повного факторного експеримента (ПФЕ=2³) [5]:

$z_1 = \tau$ — тривалість процесу, хв;

$z_2 = c$ — концентрація адсорбента, % мас.;

$z_3 = t$ — температура, при якій відбувається очищення яблучного соку, °С.

$Y = f(\tau, c, t)$ — загальний вигляд рівняння математичної моделі.

Рівні варіювання вибрали за результатами проведених досліджень з урахуванням вимог до виробництва освітленого яблучного соку (табл. 1).

Таблиця 1. Вибір рівнів варіювання

	z_1	z_2	z_3
	τ , хв	c , % мас.	t , °С
+	60	2,0	80
0	40	1,5	60
-	20	1,0	40
Δ	20	0,5	20

Для математичного опису процесу адсорбційного очищення яблучного соку від ПР шунгітом використали рівняння регресії виду:

$$Y = b_0 + b_1 \cdot x_1 + b_2 \cdot x_2 + b_3 \cdot x_3 + b_{1,2} \cdot x_1 \cdot x_2 + b_{1,3} \cdot x_1 \cdot x_3 + b_{2,3} \cdot x_2 \cdot x_3 + b_{1,2,3} \cdot x_1 \cdot x_2 \cdot x_3, \quad (1)$$

де x — кодовані фактори; Y_1, Y_2, Y_3 — вміст ПР в обробленому шунгітом яблучному соку.

При розрахунку матриці планування використовували критерій Кохрена (табл. 2).

Таблиця 2. Матриця планування експерименту

№ п/п	x_0	x_1	x_2	x_3	x_1x_2	x_1x_3	x_2x_3	$x_1x_2x_3$	Y_1	Y_2	Y_3	$Y_{\text{ср}}$	$S^2_{\text{одн}} \cdot 10^3$
1	+	+	+	+	+	+	+	+	0,56	0,58	0,59	0,58	0,233
2	+	+	+	-	+	-	-	-	0,65	0,63	0,67	0,65	0,4
3	+	+	-	+	-	+	-	-	0,66	0,65	0,67	0,66	0,1
4	+	+	-	-	-	-	+	+	1,1	1,0	1,3	1,13	23,333
5	+	-	+	+	-	-	+	-	0,65	0,63	0,66	0,65	0,233
6	+	-	+	-	-	+	-	+	1,0	0,8	1,1	0,97	23,333
7	+	-	-	+	+	-	-	+	0,8	0,7	0,6	0,7	10
8	+	-	-	-	+	+	+	-	1,35	1,37	1,36	1,36	0,1

$$\sum S^2_{\text{одн}} = 57,733 \cdot 10^{-3}$$

$$\max. S^2_{\text{одн.}} = 23,333 \cdot 10^{-3}$$

Розрахунок коефіцієнтів рівняння регресії здійснювали методом найменших квадратів. Значущість коефіцієнтів регресії перевіряли за критерієм Стьюдента.

Після розкодування отримали рівняння регресії для визначення вмісту ПР в очищеному шунгітом яблучному соку:

$$\hat{Y}_{\text{ПР}} = 3,978 - 0,034 \cdot \tau - 1,585c + 0,032 \cdot t + 1,16 \cdot 10^{-4} \cdot \tau \cdot t + 6,78 \cdot 10^{-3} c \cdot t + 0,312 \cdot c^2. \quad (2)$$

Аналогічно складено рівняння регресії для встановлення показника прозорості яблучного соку, обробленого шунгітом:

$$\hat{Y}_{\text{П}} = 116,03 + 0,97 \cdot \tau + 25,35 \cdot c - 3,02 \cdot t + 0,29 \cdot c \cdot \tau + 0,48 c \cdot t - 0,01 \cdot \tau^2 - 15,62 \cdot c^2 + 0,02 \cdot t^2. \quad (3)$$

Визначені дослідним шляхом показники прозорості та вмісту ПК в освітленому соку відрізняються від аналітично отриманих результатів на 5—7 %.

Для оптимізації процесу освітлення яблучного соку, очищеного шунгітом, використали узагальнений критерій оптимізації, який дозволяє поєднати кілька локальних критеріїв оптимальності (в натуральній формі) і розроблені рівняння регресії (2) та (3):

$f_1(x)$ — вміст ПР, мг/дм³;

$f_2(x)$ — показник прозорості освітленого соку, %;

$f_3(x)$ — температура, °С;

$f_4(x)$ — тривалість процесу, хв.

Концентрацію шунгіту прийнято сталою ($c = 1,5$ % мас.). Вагові коефіцієнти, з урахування важливості локальних критеріїв оптимізації, вибрані, відповідно, такі: 0,25; 0,55; 0,15; 0,15.

Перші два показники характеризують якісні властивості обробленого соку: в процесі оброблення прозорість має зростати, а вміст ПР зменшуватися до нуля. Тривалість і температуру процесу очищення слід обмежувати з технологічних і економічних міркувань, оскільки із зростанням цих параметрів знижується вміст вітамінів в освітленому соку та збільшуються енерговитрати.

Використання узагальненого критерію оптимізації вимагає перетворення локальних критеріїв оптимізації з натуральної в безрозмірну форму, яке

можна здійснити методом Харрінгтона через визначення проміжних параметрів f_b за допомогою функції бажаності. Нові, безрозмірні значення локальних критеріїв, отримані за допомогою функції бажаності, повинні змінюватись від 0,01 до 0,99, тому що в узагальненому критерії оптимізації вони не будуть чутливими при наближенні до 0 або до 1 [6].

Для достовірності отриманих результатів інтервал 0,01...0,99 поділили на п'ять частин. Проміжки від 0,01 до 0,2 відповідають оцінці “дуже погано”, від 0,2 до 0,37 — “погано”, від 0,37 до 0,63 — “задовільно”, від 0,63 до 0,8 — “добре” і від 0,8 до 0,99 — “дуже добре”. Значення локальних критеріїв оптимальності наведені в табл. 3. Інтервали бажаностей (табл. 3) вибирали з урахуванням визначених значень локальних критеріїв оптимальності.

Оптимізація і розрахунок оптимальних параметрів процесу освітлення яблучного соку виконані за допомогою пакета прикладних програм Mathcad Professional 2001.

Таблиця 3. Інтервали бажаності локальних критеріїв оптимальності для яблучного соку

Локальні критерії оптимальності	Значення бажаності	
	0,01	0,99
$f_1(x)$	1,132	0,54
$f_2(x)$	55	98
$f_3(x)$	80	40
$f_4(x)$	60	20

На рисунку представлені лінії рівня узагальненого критерію оптимізації процесу очищення яблучного соку шунгітом при $c=1,5\% \text{ мас}$.

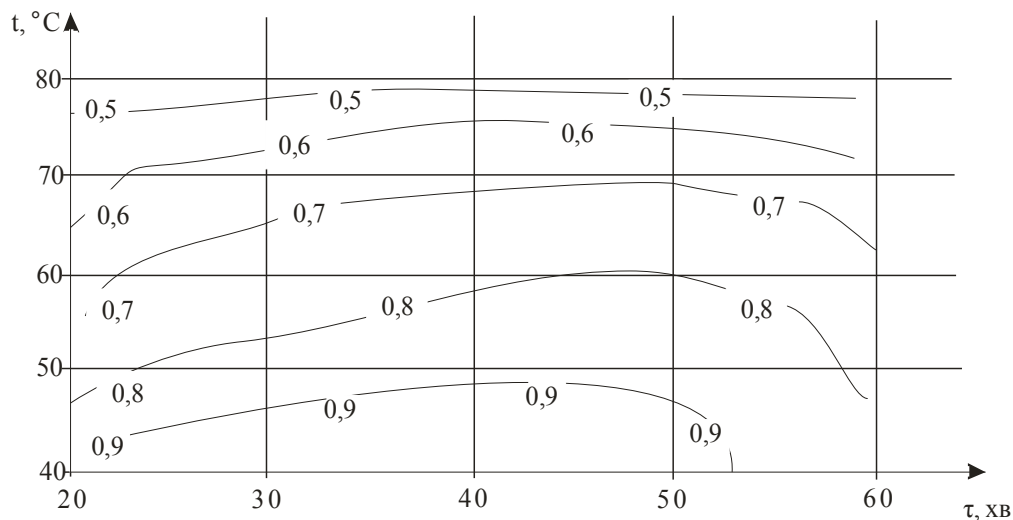


Рис. Графіки ліній рівня

З наведених результатів видно, що максимального значення узагальненого критерію оптимізації можна досягти при тривалості процесу 30...35 хв і

температурі 40 °С. Встановлені оптимальні параметри процесу освітлення яблучного соку за допомогою шунгіту узгоджуються із результатами виробничих випробувань.

Висновки

1. Отримано рівняння регресії, за допомогою яких аналітично можна встановити вміст пектинових речовин і показник прозорості яблучного соку, очищеного шунгітом.

2. Проведено оптимізацію процесу освітлення яблучного соку шунгітом з використанням методу Харрінгтона.

3. Встановлено оптимальні параметри адсорбційного очищення яблучного соку шунгітом: температура 40 °С, тривалість процесу — 30...35 хв при концентрації адсорбента в суміші сік:шунгіт 1,5 % мас.

Література

1. Шобингер У. Фруктовые и овощные соки. Научные основы и технологии / У. Шобингер. — СПб.: Профессия, 2004. — 265 с.

2. Матко С.В. Удосконалення процесу адсорбційного очищення яблучного соку та його купажу : дис. ... канд. тех. наук : 6.081.3 / Матко Світлана Василівна; НУХТ. — К., 2008. — 165 с.

3. Sheiko T. Utilization of shungite for improving quality and safety of juices / T.Sheiko, L.Melnik // The Annual World Conference on Carbon — Clemson, South Carolina, USA. — 2010. — P. 16.

4. Патент 61474 UA, МПК С 12Н 1/06 (2006.01) Спосіб активації природного вуглецевмісного мінералу шунгіту / Шейко Т.В., Мельник Л.М., Матко С.В. заявник Національний університет харчових технологій. — № u 201014128 ; заявл. 26.11.2010; опубл. 25.07.2011, Бюл. № 14.

5. Алексеев Е.Л. Моделирование и оптимизация технологических процессов в пищевой промышленности / Е.Л. Алексеев. — М.: Агропромиздат, 1988. — 273 с.

6. Пытьев Ю.П. Методы анализа и интерпретация эксперимента / Ю.П. Пытьев. — М., 1990. — 288 с.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОСВЕЩЕНИЯ ЯБЛОЧНОГО СОКА ШУНГИТОМ

С.В. Матко, Л.Н. Мельник, А.С. Бессараб

Національний університет пищевых технологий

В статье с помощью методов математического моделирования разработаны уравнения регрессии для определения содержания пектиновых веществ и показателя прозрачности яблочного сока, очищенного шунгитом. Установлены оптимальные технологические параметры проведения процесса освещения яблочного сока шунгитом.

Ключевые слова: яблочный сок, адсорбционная очистка, шунгит, уравнения регрессии, оптимизация.