

УДК 664.123.4:621.374

METHODOLOGY OF THE DETERMINING OF STRUCTURAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF SUGAR BEET TISSUE

T. Nykytiuk, V. Olishevskiy, E. Babko, A. Ukrainets, A. Bashta

National University of Food Technologies

O. Prokopiuk

«Teplocom», LLC

Key words:

sugar beet cloth,
extraction,
pressing,
nanosized aluminum
hydroxide,
elasticity,
modulus of elasticity

Article history:

Received 23.04.2018

Received in revised form

21.05.2018

Accepted 06.06.2018

Corresponding author:

tarasnykytiuk@gmail.com

ABSTRACT

The aim of the research is to study the technique for determining the structural and mechanical properties of sugar beet tissue, taking into account the use of additional reagents in the extraction of sucrose. The modulus of elasticity of a fabric is an indicator characterizing its rigidity and the ability to resist deformation under the action of force. The maximum effective extraction of sucrose from sugar beet shavings can be achieved with a diffusion process in which the beet tissue has optimal strength and elasticity. The main criterion for determining the degree of quality of sugar beet tissue is its ability to restore its shape and elasticity under periodic compressive loads during the extraction processes and subsequent pressing in production conditions. The quantity that most accurately describes the quality of the beetroot tissue is precisely the modulus of elasticity. The obtained samples of beet tissue of cylindrical shape were subjected to heat treatment (extraction) in aqueous solutions of additional reagents at a temperature of 70—72°C. During the research were used, solutions of ground natural gypsum CaSO_4 , weak base salt and strong acid $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ and nanosized aluminum hydroxide $\text{Al}(\text{OH})_3$ obtained by the method of underwater electrospark synthesis. In the course of the research, several series of experiments of the heat treatment and direct-flow extraction with a duration of 60 minutes were carried out with the addition of chemical reagents to the extractant, which interact with the beet tissue. It has been established that all additional reagents improve the elastic and structural properties of beet tissue, while nanosized aluminum hydroxide $\text{Al}(\text{OH})_3$ has shown that it is its presence in the solution of the additional reagent that guarantees high structural and mechanical properties of the beet tissue.

DOI: 10.24263/2225-2916-2018-23-10

МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ СТРУКТУРНО-МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ БУРЯКОВОЇ ТКАНИНИ

Т.В. Никитюк

В.В. Олішевський, канд. техн. наук

Є.М. Бабко, канд. техн. наук

А.І. Українець, д-р. техн. наук

А.В. Башта, канд. техн. наук

Національний університет харчових технологій

О.М. Прокопюк, канд. техн. наук

ТОВ «Теплоком»

У статті наведено й адаптовано видозмінену методику для визначення структурно-механічних характеристик тканини цукрового буряка в дифузійно-пресовому способі екстрагування сахарози з використанням додаткових реагентів. Встановлено, що використання додаткових реагентів сприяє покращенню пружних властивостей бурякової тканини, при цьому нанорозмірний гідроксид алюмінію $Al(OH)_3$ показав у кінцевому результаті найкращі показники.

Ключові слова: бурякова тканина, екстрагування, пресування, нанорозмірний гідроксид алюмінію, пружність, модуль пружності.

Постановка проблеми. Традиційний дифузійно-пресовий спосіб вилучення сахарози з бурякової стружки відбувається при її тепловому нагріванні з подальшим пресуванням та поверненням жомопресової води на екстрагування. Тому актуальними є питання покращення структурно-механічних властивостей бурякової стружки, а саме: збереження цілісності структури її тканини в процесі сокодобування [1].

Одним із сучасних напрямків покращення структурно-механічних характеристик бурякової тканини є застосування хімічних реагентів у процесі екстрагування [2; 3]. Відомо, що іони полівалентних металів (Ca^{2+} , Fe^{2+} , Fe^{3+} , Al^{3+} та ін.) здатні зв'язувати полісахариди клітинних стінок бурякової стружки в нерозчинні комплекси, знижуючи тим самим перехід нецукрів у дифузійний сік. Тому використання додаткових реагентів сприятиме збільшенню модуля пружності бурякової стружки і, як наслідок, підвищення її транспортно-пресувальних характеристик.

На сьогодні відомий спосіб визначення структурно-механічних характеристик описаний у методиці [7; 9]. Сутність цієї методики полягає в закріпленні одного кінця вирізаного з коренеплоду зразка в затискний пристрій та відхилення вільного кінця зразка від вертикального положення. Наступним кроком є вимірювання відстані відхилення вільного кінця зразка і розрахунок модуля пружності за формулою. Це досягається закріпленням на вільному кінці зразка пластини з магнітного матеріалу та розміщення його біля зразка електромагніту, підключеного до джерела струму, для притягання пластини до електромагніту. Потім за методикою визначають силу струму, що подається в котушку електромагніту, і силу тяжіння пластини залежно від встановленої сили струму та подальше використання величини значення сили тяжіння для розрахунку модуля пружності. Недоліками цієї методики є досить висока складність і виконання, як наслідок, невисока точність отриманих результатів модуля пружності з похибкою 5—7%, особливо в зразках тканини частково знецукреного цукрового буряка.

Мета дослідження: видозмінення, вивчення й адаптація методики визначення структурно-механічних характеристик бурякової тканини для оцінки ефективності використання додаткових реагентів у процесі екстрагування сахарози.

Матеріали і методи. Максимально ефективне виділення сахарози з бурякової стружки може бути досягнуто при такому режимі дифузійного процесу, коли бурякова тканина має оптимальні показники міцності, пружності та ін. [4; 5].

Дослідження термохімічного впливу водних розчинів додаткових реагентів на структурно-механічні властивості бурякової тканини проводилися на лабораторній установці, представлений на рис. 1.

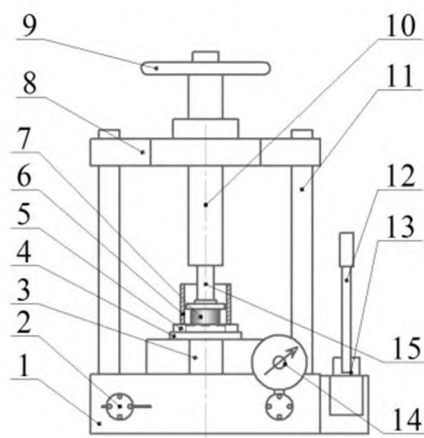


Рис. 1. Схема адаптованої лабораторної установки для дослідження структурно-механічних характеристик бурякової тканини: 1 — корпус; 2 — випускний гвинт; 3 — бак; 4 — п'ята; 5 — перфороване днище; 6 — знімна камера пресування; 7 — дослідний зразок; 8 — поперечина; 9 — ручка гвинта; 10 — притискний гвинт; 11 — стійка; 12 — ручка насоса; 13 — ручний насос; 14 — манометр. 15 — гідроциліндр

В основу роботи установки покладено принцип гідравлічного пресування. Лабораторний прес типу ПГР-10 (рис. 1) складається з корпусу 1, вертикальних стійок 11, до яких кріпляться поперечина 8. На «п'яті» 4 розміщена знімна камера пресування 6 з перфорованим днищем 5. Обертання ручки гвинта 9 притискає дослідний зразок до притискного гвинта 10. За допомогою ручки насоса 12 нагнітається масло в гідроциліндрі 15 та здійснюється вертикальне підняття «п'яти» 4. Тиск контролюється манометром 14.

Використання даного інженерно-пресувального устаткування забезпечувало високий тиск ущільнення дослідного матеріалу до стану з незначним (наближеним до нуля) об'ємним вмістом газорідної фази.

Під час пресування, залежно від структурних змін, що відбуваються в досліджуваному зразку дисперсного матеріалу заданого об'єму, можна умовно виділити чотири зони пресування (рис. 2) [5].

На I етапі пресування відбувається витіснення дисперсійного середовища (повітря, рідини) з об'єму матеріалу; процес характеризується незначним підвищенням тиску при значних переміщеннях пуансона.

На II етапі відбувається ущільнення безпосередньо дисперсної фази; процес характеризується зменшенням переміщення пуансона та поступовим підвищенням тиску.

На III етапі проходить витіснення газорідної фази з об'єму твердих часток матеріалу; процес характеризується значним підвищенням тиску при невеликих переміщеннях.

На IV етапі відбувається ущільнення складових дисперсної фази (руйнування клітин) при різкому підвищенні тиску та незначній величині переміщення пуансона.

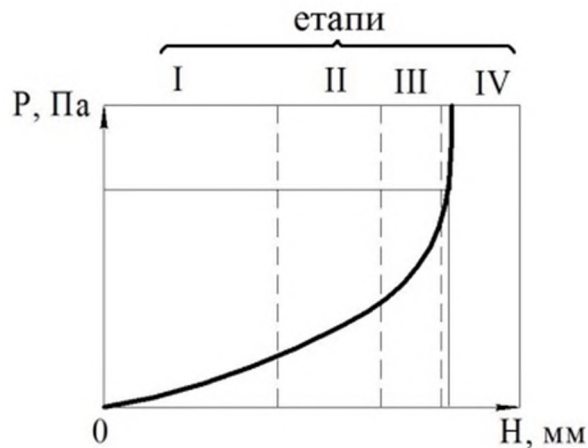


Рис. 2. Графік залежності тиску P від лінійної деформації H при пресуванні дисперсного зразка випробування

Дослідження структурно-механічних характеристик бурякової тканини проводили таким чином: із коренеплоду цукрового буряка отримували зразки циліндричної форми із заданими геометричними параметрами — діаметром 50 мм та висотою 25 мм. Кожен з отриманих зразків підлягав тепловій обробці у водних розчинах різних реагентів при температурі $70 \dots 72^\circ\text{C}$ при тривалості дослідження 60 хв. Як реагенти використовували розчини CaSO_4 , $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ та нанорозмірний гідроксид алюмінію $\text{Al}(\text{OH})_3$, одержаний методом підводного електроіскрового синтезу [6]. Співвідношення кількості та концентрація реагентів описані в табл. 1. Після закінчення процесу екстрагування дослідні зразки поміщали в камеру 6 лабораторної установки і проводили пресування в діапазоні зусиль $0,5 \dots 2,5$ мПа. При цьому вимірювались зміни геометричних форм зразків — висоти h бурякової тканини при різних показниках стискаючих навантажень. Результати порівнювалися з контрольними зразками бурякової тканини, які підлягали тепловій обробці без використання додаткових реагентів.

Результати досліджень. Відомо, що бурякова тканина має здатність частково відновлювати свою пружність при її водонасиченні при температурі, яка викликає її термічну денатурацію [7]. Очевидно, що під час процесу екстрагування вона поглинає вологу і під дією занадто високих температур руйнується. З підвищенням температури процесу вище 72°C високомолекулярні сполуки із менш стійких тканин переходять в розчин, змінюється геометрія стружки, що приводить до погіршення гідродинамічних умов в дифузійному апараті, проникності сокостружкової суміші і, як наслідок, до зниження чистоти дифузійного соку.

Критерієм визначення ступеня якості бурякової тканини є її здатність відновлювати свою форму та пружність при періодичних стискаючих наванта-

женнях на стружку під час процесів екстрагування й подальшого пресування жому у виробничих умовах. Величиною, яка найточніше може описати якість бурякової тканини, є саме модуль пружності.

Величина модуля пружності залежить від тургору тканини, який, у свою чергу, залежить від спрямованості функціонування клітинних мембран, тому фактори, що негативно впливають на тургор, знижують і модуль пружності. Так, для здорових цукрових буряків модуль пружності коливається в межах від 6 до 14 МПа.

Після кожної серії дослідів проводилося вимірювання зміни геометричної форми зразків, а саме: висоти h , циліндричності форми бурякової тканини до та після стискаючих навантажень.

Модуль пружності визначався за законом Гука з відношення:

$$E = \frac{G}{\varepsilon}, \quad (I)$$

де G — напруження, що викликається в зразку діючою силою; ε — пружна деформація зразка, викликана напруженням.

$$G = \frac{P}{F}, \quad (II)$$

де P — сила стискання, прикладена до зразка; F — площа поперечного перерізу зразка.

$$\varepsilon = \frac{\Delta h}{h}, \quad (III)$$

де Δh — зміна розміру зразка після деформації; h — початковий розмір зразка до дії сили.

Результати досліджень, внесені до таблиці, були отримані при статистичній обробці даних серії дослідів [8]. Похибка результатів вимірювань і розрахунків модуля пружності знаходиться в межах 3%, що свідчить про досить високу точність і достовірність результатів досліджень. До переваг видозміненої та адаптованої методики визначення структурно-механічних характеристик також слід віднести досить невисоку складність проведення вимірювання та розрахунків, що дасть можливість максимально швидко контролювати пружні характеристики бурякової тканини у виробничих умовах.

Таблиця. Вплив додаткових реагентів на структурно-механічні властивості бурякової тканини

Спосіб екстрагування сахарози	Концентрація		Модуль пружності зразка тканини цукрового буряка, МПа		СР віджатого жому, %
	реагенту в розчині, %	реагенту до маси бурякової стружки, %	до екстрагування	після екстрагування	
1	2	3	4	5	6
Типовий варіант	—	—	6,1	0,95	24,2

Продовження табл.

1		2	3	4	5	6
З додавання хімічних реагентів	Al ₂ (SO ₄) ₃	10,0	0,02	6,1	0,98	25,1
	CaSO ₄	10,0	0,04	6,1	1,12	26,5
	Al(OH) ₃	0,2	0,0015	6,1	1,31	28,1

Висновки. В ході досліджень нами було видозмінено й адаптовано методу визначення структурно-механічних характеристик бурякової тканини. Результати, наведені в табл. 1, підтверджують доцільність використання запропонованого способу визначення модуля пружності зразка тканини цукрового буряка, яка дає змогу досить точно й оперативно контролювати структурно-механічні характеристики сировини при її зберіганні та переробці. Це дає можливість оптимізувати процес екстрагування сахарози та пресування жому і таким чином підвищити вихід та якість цільового продукту.

Також встановлено, що всі додаткові реагенти покращують пружні характеристики бурякової тканини, при цьому нанорозмірний гідроксид алюмінію $\text{Al}(\text{OH})_3$ показав, що саме його наявність у розчині додаткового реагенту гарантує високі структурно-механічні показники бурякової тканини.

Отже, застосування в процесі екстрагування додаткових реагентів, особливо — нанорозмірного гідроксиду алюмінію $\text{Al}(\text{OH})_3$, одержаного методом підводного електроіскрового синтезу [6], забезпечить збереження цілісності структури бурякової тканини в процесах виробничого екстрагування сахарози та пресування жому; зменшить ступінь переходу нецукрів у жомопресову воду в процесі пресування; гарантує високу якість екстрагенту, дифузійного та очищеного соку.

ЛІТЕРАТУРА

1. Сапронов А.Р. Технология сахарного производства. / А.Р. Сапронов. — 2-е изд., исправл. и доп. — М. : Колос, 1999. — 495 с.
2. Семенихин С.О. Совершенствование технологии извлечения сахарозы из свекловичной стружки: дис. к-та техн. наук: 05.18.05 / Семен Олегович Семенихин. — Краснодар, 2015. — 126 с.
3. Bosse E.D. Increase in dry substance of pressed pulp by addition of pressing aids into the pulp press / 29th General Meeting of the American Society of Sugar Beet Technologists Phoenix, Arizona March 2 to 5, 1997. — P. 233—235.
4. Карташов А.К. Реакция свекловичной ткани на различные воздействия / А.К. Карташов, Е.П. Коваль // Сахарная промышленность. — 1985. — № 2. — С. 12—15.
5. Островский Э.В. Оценка механических свойств свекловичной стружки / Э.В. Островский, Д.В. Озеров // Сахарная промышленность. — 1989. — № 2. — С. 17—20.
6. Патент на корисну модель 38461 UA, МПК (2006) B22F 9/08. Пристрій для отримання колоїдних розчинів ультрадисперсних порошків металів / К.Г. Лопатько, Є.Г. Афтандіянц, А.А. Щерба, С.М. Захарченко, С.А. Яцюк, заявник і патентовласник Національний аграрний університет. — № u200810312; заявл. 12.08.2008; опубл. 12.01.2009, Бюл. № 1, 2009.
7. Беляева Л.И. Исследование упругости ткани сахарной свеклы / Л.И. Беляева, А.И. Чугунов, Д.В. Озеров, П.А. Анатьева // Сахар. — 2007. — № 5. — С. 22—24.
8. Досвід використання нанокompозиту алюмінію в умовах бурякоцукрового виробництва / В.В. Олішевський, А.І. Українець, К.Г. Лопатько, Н.М. Пушанко, Є.М. Бабко, А.М. Вільченко, В.В. Костюченко, А.І. Маринін, Т.В. Никитюк, С.О. Лапшин // Цукор України. — 2016. — № 11—12(131—132). — С. 11—17.

9. Патент 2183015 МКИ 7 G 01 N 3/40 / М.Б. Коновалов, В.В. Спичак, Д.В. Озеров, Э.А. Кирута / Способ определения модуля упругости корнеплодов сахарной свеклы — Б.И., — 2002. — № 15.

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ СТРУКТУРНО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СВЕКОЛЬНОЙ ТКАНИ

Т.В. Никитюк, В.В. Олишевский, Е.Н. Бабко, А.И. Украинец, А.В. Башта

Национальный университет пищевых технологий

О.Н. Прокопюк

ООО «Теплоком»

В статье приведена и адаптирована видоизмененная методика для определения структурно-механических характеристик ткани сахарной свеклы в диффузионно-прессовом способе извлечения сахарозы с использованием дополнительных реагентов. Установлено, что использование дополнительных реагентов способствует улучшению упругих свойств свекольной ткани, при этом наноразмерный гидроксид алюминия $Al(OH)_3$ показал в конечном итоге лучшие показатели.

Ключевые слова: *свекловичная ткань, экстрагирование, прессование, наноразмерный гидроксид алюминия, упругость, модуль упругости.*