

Дисперсний аналіз частинок суспензій для оптимізації технологічних процесів цукробурякового виробництва

С.В. Ткаченко, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник відділу технології цукру, цукровмісних продуктів та інгредієнтів Інституту продовольчих ресурсів НААН України

Т.В. Шейко, кандидат технічних наук, ТОВ «НПЦ Цукробурякового виробництва»

Л.М. Хомічак, доктор технічних наук, професор, член-кореспондент НААН, завідувач відділу технології цукру, цукровмісних продуктів та інгредієнтів Інституту продовольчих ресурсів НААН України

Є.В. Стичинський, директор ТОВ «Фабрика Філконт»

О.В. Коротинський, директор ТОВ «НПЦ Цукробурякового виробництва»

В статті показано можливість застосування лазерного дифракційного аналізатора розмірів частинок SHIMADZU SALD-201V для аналізу напівпродуктів та допоміжних матеріалів цукрового виробництва. Описано конструкцію, принцип дії та наведено приклад протоколу вимірювань.

Представлено інформацію щодо результатів використання даного аналізатора у виробничий сезон 2017 року на одному з цукрових заводів західного регіону України для оцінки ефективності проведення основних етапів технологічного процесу.

Також наведено перспективи використання дифракційного аналізатора розмірів частинок SHIMADZU SALD-201V в технологічному процесі цукробурякового виробництва.

Ключові слова: аналізатор, дисперсний аналіз, фільтрувальна перегородка, суспензії, вапняне молоко, перліт, цукрове виробництво.

The article shows the possibility of using a laser diffraction particle size analyzer SHIMADZU SALD-201V for the analysis of semi-products and auxiliary materials of sugar production. The design and operation principle are described and an example of the measurement protocol is given.

Information is presented on the results of using this analyzer in the production season of 2017 at one of the sugar factories in the western region of Ukraine to assess the effectiveness of the main stages of the technological process.

Also, prospects for the use of the SHIMADZU SALD-201V diffraction particle size analyzer in the process of beet-sugar production are presented.

Keywords: analyzer, disperse analysis, filter partitions, suspensions, lime milk, perlite, sugar production.

Аналіз розмірів частинок оцінюється кількісним співвідношенням структурних елементів твердої фази різного розміру. За його результатами можна зробити висновки про дисперсність різних суспензій, емульсій і порошкоподібних матеріалів, а також провести їх класифікацію. Крім того, granulометричний склад дозволяє класифікувати їх за структурною характеристикою та походженням, оцінювати деякі їх фізичні та хімічні властивості.

Методи аналізу розмірів частинок або дисперсного аналізу, що широко використовуються на практиці не набули поширення в технологічному процесі цукробурякового виробництва, оскільки

мають загальні і власні похибки, такі як похибка по масі частинок, коливання за визначення щільності частинок речовини, зміна температури, в'язкості і густини суспензії і т.д. Пріоритетними чинниками за визначення розміру частинок має бути простота підготовки проби і швидкість проведення випробувань.

В якості альтернативи загальноприйнятим методам досліджень розглядається метод лазерної дифрактометрії на прикладі дифракційного лазерного аналізатора моделі SALD-201V (далі аналізатора) виробництва SHIMADZU (Японія) [1], що наведено на рис. 1.



Рис. 1. Фотознімок загального вигляду лазерного дифракційного аналізатора розмірів частинок Shimadzu-SALD-201V

Аналізатор призначений для вимірювання дисперсних параметрів (розмірів частинок і функцій розподілу часток за розмірами) суспензій, емульсій і порошкоподібних матеріалів в діапазоні від **0,1 мкм до 350,0 мкм**.

Принцип його дії заснований на реєстрації оптичного випромінювання, розсіяного частинками досліджуваного зразка в кюветі аналізатора під різними кутами. Схема роботи аналізатора зображена на рисунку 2.

відсотковому співвідношенні. Для проведення вимірювань використовуються проточна або непроточна кювети.

Конструктивно аналізатор складається з оптично-аналітичного блоку і одного блоку пробопідготовки. Непроточна кювета встановлюється в відповідне гніздо оптично-аналітичного блоку.

Управління аналізатором здійснюється за допомогою персонального комп'ютера.

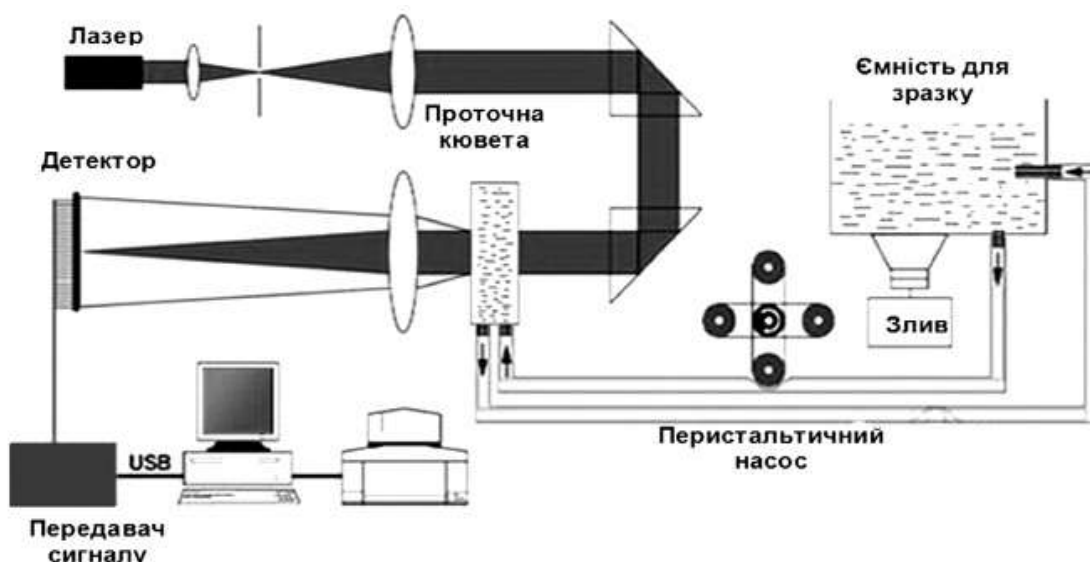
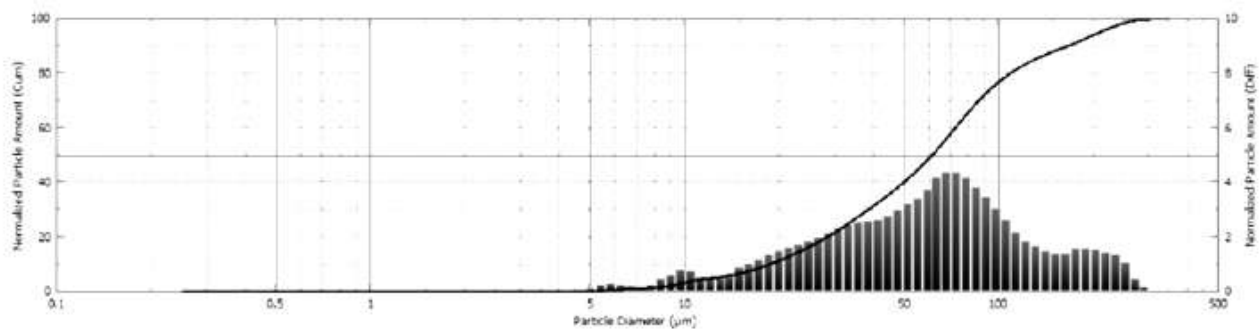


Рис. 2. Схема роботи лазерного дифракційного аналізатора розмірів частинок Shimadzu-SALD-201V

Розсіяне (відбите) частинками лазерне випромінювання реєструється за допомогою високочутливого багатoelementного детектора. В залежності від виміряної інтенсивності розсіяного випромінювання та кута розсіювання здійснюється розрахунок розподілу частинок за розмірами та

Прилад має автономне програмне забезпечення (ПЗ) «WingSALD II», що призначене для проведення вимірювань розмірів частинок в суспензіях, емульсіях і порошкоподібних матеріалах. ПЗ використовується для налаштування параметрів відображення результатів вимірювань, установки ре-



	Diam x(µm)	Cum% Q3(%)	Diff% q3(%)		Diam x(µm)	Cum% Q3(%)	Diff% q3(%)		Diam x(µm)	Cum% Q3(%)	Diff% q3(%)		Diam x(µm)	Cum% Q3(%)	Diff% q3(%)
1	350,000	100,000	0,000	27	53,220	43,292	3,212	53	8,092	1,624	0,234	79	1,231	0,000	0,000
2	325,542	100,000	0,000	28	49,501	40,080	2,994	54	7,527	1,390	0,153	80	1,145	0,000	0,000
3	302,793	100,000	0,177	29	46,042	37,086	2,777	55	7,001	1,237	0,227	81	1,065	0,000	0,000
4	281,633	99,823	0,484	30	42,824	34,308	2,643	56	6,512	1,010	0,244	82	0,990	0,000	0,000
5	261,953	99,339	1,081	31	39,832	31,665	2,606	57	6,057	0,766	0,276	83	0,921	0,000	0,000
6	243,647	98,258	1,373	32	37,048	29,059	2,527	58	5,633	0,490	0,240	84	0,857	0,000	0,000
7	226,621	96,885	1,454	33	34,459	26,532	2,457	59	5,240	0,250	0,123	85	0,797	0,000	0,000
8	210,785	95,432	1,544	34	32,051	24,075	2,333	60	4,874	0,127	0,064	86	0,741	0,000	0,000
9	196,055	93,887	1,600	35	29,812	21,742	2,145	61	4,533	0,063	0,032	87	0,689	0,000	0,000
10	182,355	92,287	1,578	36	27,728	19,597	1,996	62	4,216	0,030	0,011	88	0,641	0,000	0,000
11	169,611	90,709	1,411	37	25,791	17,602	1,863	63	3,922	0,019	0,012	89	0,596	0,000	0,000
12	157,759	89,297	1,412	38	23,988	15,739	1,732	64	3,648	0,007	0,007	90	0,555	0,000	0,000
13	146,735	87,886	1,513	39	22,312	14,007	1,615	65	3,393	0,000	0,000	91	0,516	0,000	0,000

Рис. 3. Зображення частини протоколу вимірювання розмірів частинок карбонізованого соку на аналізаторі Shimadzu-SALD-201V

жимів вимірювань, виконання вимірювань, збереження результатів вимірювань, перегляду і очищення архіву вимірювань, передачі результатів вимірювань на зовнішні пристрої (принтер і т.д.).

Представлення результатів вимірювань передбачено у вигляді таблиць і графіків (рис. 3).

Спектр застосування лазерного дисперсного аналізу частинок у цукровому виробництві дуже широкий, це і аналіз соків I, II карбонізації, сиропів, осадів, суспензії, вапняного молока, матеріалів, що використовуються для створення намівного фільтрувального шару. Зокрема на етапах I та II карбонізації однією з умов якості проведення технологічного процесу є отримання однорідних частинок осаду з метою забезпечення гарних фільтраційних властивостей соків. Визначивши розмір частинок вапняного молока, можна встановити та контролювати режим випалу вапняку [2], а визначення розмірів частинок намівного матеріалу для фільтрування (перліт, кізельгур, діатоміт, тощо) дозволить підібрати дисперсний матеріал, що забезпечить оптимальне співвідношення між якісними показниками отриманого продукту та пропускну здатністю фільтрувальної перегородки.

Окрім цього, дисперсний аналіз частинок дасть змогу оцінити ефективність використання різноманітних фільтрувальних перегородок (фільтру-

вальних тканин, сит, нетканих матеріалів) порівнюючи дані розміру частинок у напівпродуктах до фільтрувальної перегородки та після неї та дію різноманітних флокулянтів та коагулянтів, щодо укрупнення частинок на етапах технологічного процесу очищення дифузійного соку.

Використовуючи даний аналізатор у виробничий сезон 2017 року було проведено оцінку технологічного процесу 10 цукрових заводів, серед яких заводи України, Молдови, Білорусі.

В якості нормативних показників розмірів частинок у напівпродуктах використовували відомі із літературних джерел дані (табл. 1).

Таблиця 1

Характеристики дисперсності частинок напівпродуктів цукрового виробництва

Назва	Орієнтовний розмір частинок, мкм
Нефільтрований сік I карбонізації	10...40 [3]
Нефільтрований сік II карбонізації	5...16 [4]
Сироп після випарної станції	2...5 [5]

Для більш точної кількісної оцінки гранулометричного складу напівпродуктів цукрового виробництва (соки, сиропи, суспензії), застосовува-



Рис. 4. Загальний вигляд комплекту портативного мутноміра Orion AQ4500

ли сучасний портативний мутномір Orion AQ4500 (рис. 4), що давав можливість не тільки оцінити рівень мутності досліджуваних напівпродуктів в одиницях мг/л, а й отримати дійсний кількісний розподіл частинок за розмірами.

Оскільки дифракційний аналізатор дає відсотковий розподіл частинок у розчині, а мутність це і є фактично концентрація частинок в розчині, то для визначення дійсного кількісного розподілу частинок в мг/л достатньо перерахувати відсоткове співвідношення частинок через мутність відповідного розчину.

Для оцінки мутності напівпродуктів цукрового виробництва за нормативи використовували дані, що наведені у таблиці 2 [6].

За результатами аналізів до якості фільтрації соку ІІ карбонізації і контрольної фільтрації виникли деякі зауваження. Для фільтрування використовувалася монофіламентна тканина, яка має задовільні характеристики щодо фільтрування соків, але є зауваження щодо проведення її регенерації. За роботи на обладнанні під тиском, тканина дещо розтягується і частинки твердої фази з соку можуть проходити за фільтрувальну перегородку, за цього середній розмір частинок твердої фази складає 245,2 мкм, але їх кількість незначна, що можливо прослідкувати по величині мутності фільтрованого соку яка становить 2,2 мг/л. Однією з причин збільшення розмірів твердих частинок у фільтраті є інкрустація та укрупнення їх за

Таблиця 2
Норми мутності напівпродуктів цукрового виробництва [6]

Назва	Фільтрувальне обладнання	Норма (одиниці) мг/л
Фільтрований сік І карбонізації	ФиЛС, П9-УФЛ, МВЖ, гравітаційні відстійники, дискові фільтри	200-500
Фільтрований сік ІІ карбонізації	ФиЛС, П9-УФЛ, МВЖ, гравітаційні відстійники, дискові фільтри, патронні фільтри	70-100
Фільтрований сироп з клеровкою	МВЖ, дискові фільтри, патронні фільтри	25-30

Результати технологічної оцінки одного із цукрових заводів Західного регіону України представлені у таблиці 3.

Аналіз отриманих даних показав, що розділення суспензії І карбонізації проходить у відстійниках, які відповідають продуктивності заводу. Отриманий декантат має високі технологічні показники. Мутність складає 7,2 мг/л, а середній розмір зважених частинок досягає 24 мкм.

фільтрувальною перегородкою з подальшим «відриванням» за досягнення великих розмірів.

На контрольній фільтрації також спостерігається проходження за фільтрувальну тканину частинок осаду. Після контрольної фільтрації на фільтрувальній тканині мутність соку складає 2,0 мг/л, а розмір частинок 188,2 мкм. Отримані осади є глинистими, на що, у свою чергу, впливає і хімічний склад вапнякового каменю.

Таблиця 3

Результати аналізу допоміжних матеріалів та напівпродуктів на цукровому заводі Західного регіону України (дані отримані у виробничий сезон 2017)

Назва	Середнє значення розміру частинок, мкм	Максимальне значення розміру частинок, мкм	Мінімальне значення розміру частинок, мкм	Найбільша кількість частинок з розміром, мкм	Мінімальне значення розміру частинок більше 1%, мкм	Мутність, мг/л
Нефільтрований сік I карбонізації	43,5	127,1	4,2	66,1	16,7	4041,0
Декантат соку I карбонізації	23,9	42,8	4,2	32,1	13,4	7,2
Нефільтрований сік II карбонізації	36,9	95,0	11,6	42,8	11,6	2900,0
Фільтрований сік II карбонізації	245,2	350,0	196,6	262,0	182,3	2,2
Сік II карбонізації, після контрольної фільтрації	188,2	350,0	61,5	350,0	71,1	2,0
Перліт той, що використовує завод	32,0	169,6	2,0	53,2	8,7	-
Вапняне молоко	18,3	82,2	0,5	32,1	7,5	-

Вапняне молоко, що використовується на заводі, має розмір частинок в середньому 18,3 мкм, що відповідає м'якому режиму випалу вапняку [2].

Розмір частинок перліту, що використовується на заводі, в середньому складає 32,0 мкм.

Таким чином, застосування сучасного методу лазерного дисперсного аналізу дозволяє досліджувати напівпродукти цукрового виробництва і допоміжні матеріали практично на всіх стадіях технологічного процесу очищення дифузійного соку. Це дає змогу значно поглибити і розширити спектр показників контролю технологічного процесу виробництва цукру з метою удосконалення чи оптимізації виробничих процесів та оптимального підбору фільтрувальних тканин, що будуть найкраще відповідати поставленим вимогам. ■

Список використаних джерел

1. Shimadzu-SALD-201V [Електронний Ресурс]: Технічний опис та характеристика аналізатора – Режим доступу:

<https://www.shimadzu.com/an/powder/sald201v/201v.html>

2. Гусарук Т.С. Технологічна оптимізація якості вапняного молока для підвищення ефекту очи-

щення дифузійного соку : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.18.05 «Технологія цукристих речовин та продуктів бродіння» / Т.С. Гусарук. Київ, 2008. 22 с.

3. Структура частиц осадка I сатурации [Електронний Ресурс]: Агропромышленный портал – Режим доступу: <http://agro-portal24.ru/tehnologiya-sahara/6838-struktura-chastich-osadka-i-saturacii.html>

4. Голыбин В.А. Использование фильтроперлита при проведении карбонизации сока в сахарном производстве [Текст] / В.А. Голыбин, К.В. Голова // Вестник ВГУИТ. 2013. №4. С. 216–218. DOI:10.20914/2310-1202-2013-4-216-218

5. Содержание суспендированных веществ в сиропе с клеровкой [Електронний Ресурс]: Агропромышленный портал – Режим доступу:

<http://agro-portal24.ru/tehnologiya-sahara/6919-soderzhanie-suspendirovannyh-veschestv-v-sirope-s-klerovkoy.html>

6. Правила ведення технологічного процесу виробництва цукру з цукрових буряків. Правила усталеної практики (ПУП) 15.83 37-106:2007 / М. М. Ярчук, М. Ф. Калініченко, В. П. Чупахіна та ін. // Видавництво ТОВ «Інформаційно-аналітичний центр «Цукор України». К. : 2007. 420 с.