

annular regimes. Food and Environment safety (FES), Vol 17, Issue 1, 2018. p. 9 – 19.

5 Кулов Н.Н. Гидродинамика и массообмен в нисходящих двухфазных пленочно-дисперсных потоках : дис. ...докт.техн.наук : 05.17.08 / Н.Н.Кулов. – М., 1984. – 409 с.

6. Pryadko M.O., Globa O.V., Forsyuk, A.V., Globa V.Z., (2015), Film flows in tubes of apple juice evaporators, SCIENTIFIC WORKS of National University of Food Technologies, vol. 21, №2, pp. 88 – 95.



Експрес-методи прогнозування технологічних показників цукрових буряків і продуктів їх переробки

Чернявська А.І.¹

Моканюк Ю.О.¹

Кухар Володимир Миколайович²

Чернявський Олександр Петрович²

Мількевич Володимир Михайлович³

Головним критерієм для оцінки економічної ефективності цукрового виробництва є вихід кристалічного цукру з кожної тонни переробленої сировини. Науковці різних країн з давніх давен вели пошук найбільш доступних методів прогнозування. Цьому сприяли суттєво розширені за ініціативою проф.а Дедека дослідження з м'ясоутворення у цукровому виробництві та впливу на цей процес хімічного складу сировини. На цій основі виникла нова концепція, сутність якої полягла в прогнозуванні очікуваного вмісту сахарози в м'ясі за хімічним складом сировини, що переробляється, оскільки основна маса невикристалізованої сахарози залишається в цьому продукті. Інтенсивні дослідження і розробки в цих напрямках призвели до появи формул для розрахунків очікуваного вмісту сахарози в м'ясі залежно від вмісту в буряках комплексу нецукрів.

З метою підвищення ефективності використання сировини дуже важливим є експресні методи прогнозування вмісту сахарози в м'ясі та виходу цукру. Особливо це актуально для умов нашої країни, коли в переробку надходять буряки після різних термінів зберігання.



¹ *ІПР НААН України*

² *ТОВ ФІРМА «ТМА»*

³ *ІПДО НУХТ*



Проблема математичного моделювання взаємозв'язків між показниками переробки цукрових буряків і технологічними показниками зумовлена непростим хімічним складом, який формується в процесі вегетації коренеплодів залежно від регіону вирощування, погодно-кліматичних умов та режиму живлення рослин в процесі росту. Тобто, вказані взаємозв'язки характеризуються великою складністю.



Ця складність виявляється у значному числі й різноманітності параметрів, що визначають протікання процесів вегетації, а також подальшого зберігання та переробки цукрових буряків, - у великій кількості внутрішніх зв'язків між параметрами, у їхньому взаємному впливові, а також у накладанні збурень, що статистично розподіляються в часі.

При моделюванні складних систем дослідження необхідно починати з побудови найпростіших моделей, які, однак, мають відповідати характерним особливостям досліджуваних процесів. За наявності достатнього експериментального матеріалу в якості математичного опису складних систем найчастіше висуваються характерні для даних процесів рівняння регресії.



З метою розробки уніфікованої методики для експрес-прогнозування технологічних показників нами проведені дослідження з наважками кашки цукрових буряків, які найчастіше використовуються в лабораторній практиці цукрового виробництва: 52, 26, 13 та 6,5 г. У дистильованій воді та у всіх приготовлених гомогенізованих системах було виміряно питомі електропровідності розчинів, які було приведено до 20°C. Питома електропровідність кашки визначалась за різницею між питомими електропровідностями системи та дистильованої води, яка йшла на її приготування



Такий вибір наважок був зумовнений необхідністю враховувати технічні можливості сировинних та заводських лабораторій: наявністю подрібнювачів-гомогенізаторів, а також необхідністю визначати вміст золи у розчинах, одержаних з використанням дигестійної посудини, а також у разі незначної кількості досліджуваного матеріалу. Для оброблення результатів проведених досліджень нами були використані методи математичної статистики. Зокрема, були визначені коефіцієнти кореляції між основними показниками якості цукрової сировини - цукристістю, вмістом кондуктометричної золи, вмістом кислот; визначені математичні характеристики та рівняння регресії при обробленні одержаних результатів за методом найменших квадратів. Були визначені математичні характеристики та одержані математичні моделі (рівняння регресії) для всіх варіантів досліджень кондуктометричної золи та карбонатної золи, одержаної методом спалювання:



Виконаний аналіз одержаних регресійних рівнянь показав, що існує висока кореляція між показником золи, визначеної методом спалювання, та при використанні уживаних в аналітиці цукрового виробництва наважок.

Таким чином, проведені дослідження та виконаний математичний аналіз одержаних результатів дозволили створити математичні моделі для проведення різних варіантів вимірювань як з використанням різних наважок, подрібнювачів бурякової кашки, існуючих на цукрових заводах, так із використанням дигестійних посудин з денатуруванням бурякових клітин термообробленням при температурі 80 ± 2 °C протягом 30 хв.

У сировинній лабораторії можна користуватись наважками 52 та 26 г бурякової кашки, гомогенізованих з двома об'ємами по $178,2 \text{ см}^3$;

У заводській лабораторії

при наявності подрібнювача тканин можна використовувати вищенаведені величини наважок (52 або 26 г бурякової кашки, гомогенізованих з двома об'ємами по $178,2 \text{ см}^3$ дистильованої води;

за відсутності подрібнювача пропонуються наважки 26 або 13 г перемеленої стружки, термостатованої з $178,2 \text{ см}^3$ дистильованої води при температурі 80 ± 2 °C;

у випадку незначної кількості досліджуваного матеріалу можна користуватися наважками 6,5 або 3,25 г, термостатованих з $178,2 \text{ см}^3$ дистильованої води при температурі 80 ± 2 °C.

Таким чином, узагальнення результатів наукових експериментів та їх обробка методами математичної статистики дозволили одержати робочі математичні моделі показника вмісту кондуктометричної золи - критерію технологічної якості цукрових буряків у якості узагальненого показника їх нецукристого комплексу.

З метою одержання математичної моделі взаємозв'язку вмісту золи, визначеної кондуктометричним способом, та вмісту цукрози у мелясі нами були виконані спеціальні дослідження хімічного складу окремих проб цукрових буряків та продуктів їхньої переробки. Цукрові буряки були перероблені до сиропу, за результатами аналізів якого були виконані розрахунки вмісту цукрози у мелясі.

Результати визначення вмісту золи у буряках та вмісту цукрози у мелясі були оброблені методами математичної статистики, внаслідок чого була одержана математична модель залежності вмісту цукрози у мелясі від вмісту золи в буряках, визначеної кондуктометричним методом. Тобто одержана залежність $\text{Цк}_\text{м} = f(\text{В}_\text{золи})$,

де $\text{Цк}_\text{м}$ - вміст цукрози у мелясі, % до маси буряків;

$\text{В}_\text{золи}$ - вміст золи кондуктометричної, % до маси буряків.

Одержане нами рівняння має вигляд

$$\text{Цк}_\text{м} = 0,7754 + 2,2328 \text{ В}_\text{золи}, \quad (8)$$

де $\text{Цк}_\text{м}$ - вміст цукрози у мелясі, % до маси буряків;



$V_{\text{золи}}$ – вміст золи кондуктометричної, % до маси буряків.

Нами також були виконані порівняння даних, одержаних розрахунковим шляхом з використанням вищенаведеного рівняння та експериментальних даних, які підтвердили адекватність математичної моделі.

З урахуванням одержаної моделі прогнозований вихід сахарози з буряків залежно від термінів їхньої переробки можна обчислювати таким чином:

- для буряків, які будуть перероблятися без зберігання

$$V_{\text{ц}} = \text{Цкб} - 1,1 - \text{Цкм}; \quad (9)$$

де $V_{\text{ц}}$ – вихід сахарози, % до маси буряків;

Цкб – цукристість буряків, % до маси буряків;

Цкм – вміст сахарози у мелясі, % до маси буряків

1,1 – сумарні втрати цукрози при транспортуванні та переробленні буряків.

- для буряків короткострокового зберігання та середніх термінів зберігання

$$V_{\text{ц}} = \text{Цкб} - 1,45 - \text{Цкм}; \quad (10)$$

де $V_{\text{ц}}$ – вихід сахарози, % до маси буряків;

Цкб – цукристість буряків, % до їх маси;

Цкм – вміст сахарози у мелясі, % до маси буряків

1,45 – сумарні втрати цукрози при зберіганні, транспортуванні та переробленні.

- для буряків довгострокового зберігання

$$V_{\text{ц}} = \text{Цкб} - 1,8 - \text{Цкм}; \quad (11)$$

Де $V_{\text{ц}}$ – вихід сахарози, % до маси буряків;

Цкб – цукристість буряків, % до їх маси;

Цкм – вміст сахарози у мелясі, % до маси буряків;

1,8- сумарні втрати цукрози при зберіганні, транспортуванні та переробленні.

Слід зазначити, що одержані математичні моделі придатні для використання при аналізах нормальних буряків, які не підв'ялені, не уражені морозом, хворобами, кореневими гнилями, слизовим бактеріозом тощо.

Прогнозування МБ-фактора цукрових буряків. Критерій МБ-фактор характеризує кількість виробленої меляси на 100 кг сахарози. Обчислення кількості меляси, яка буде вироблена при переробленні аналізованої сировини, % до маси буряків, здійснюють за формулою:

$$V_{\text{ихмел.}} = \text{Цкмел.} \cdot 100 / \text{Цку.м.},$$

де $V_{\text{ихмел.}}$ – вихід меляси, % до маси буряків;

Цкмел. – вміст сахарози у мелясі, % до маси буряків;



Цк_{у.м.} – вміст сахарози в умовній мелясі, % до маси меляси. Вміст сахарози в умовній мелясі приймають як середнє значення по заводу за 5 попередніх сезонів.

Розрахунок МБ-фактора здійснюють за формулою:

$$\text{МБ-фактор} = \text{Вих}_{\text{мел.}} * 100 / \text{Вих}_{\text{цукру}},$$

де Вих_{мел.} - вихід меляси, % до маси буряків;

Вих_{цукру} - вихід сахарози, % до маси буряків.

В узагальненому вигляді формула буде мати вигляд:

$$\text{МБ-фактор} = \text{Цк}_{\text{мел.}} * 100 * 100 / (\text{Цк}_{\text{у.м.}} * \text{Вих}_{\text{цукру}}).$$

Висновки:

1. Проведено теоретичні та експериментальні дослідження взаємозв'язків вмісту золи, визначеної методом спалювання та кондуктометричними вимірюваннями в розчинах, отриманими з різних наважок бурякової кашки.

2. На основі одержаних даних та їх математичної обробки отримані регресійні залежності розрахунків вмісту золи в буряках від розмірів наважок.

3. За результатами переробки буряків на «заводі на столі» встановлено зв'язок між вмістом золи в буряках та вмістом цукру у мелясі та одержані рівняння визначення виходу цукру для буряків свіжовикопаних та після різних термінів їх зберігання.

4. Розроблено схему прогнозування основних технологічних показників цукрових буряків залежно від даних їх хімічного складу.

