

## ВИЗНАЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОЇ ВЕЛИЧИНИ ПОЧАТКОВОГО СИРОПУ ВАКУУМ-АПАРАТІВ ДЛЯ УВАРЮВАННЯ ЦУКРОВОГО УТФЕЛЮ

Коцюбанський А.М., Мирончук В.Г.

*Анотація.* У статті проаналізовано вплив початкового сиропу на якісні характеристики утфелю на прикладі двох конструкцій вакуум-апаратів ВМА-600 та ВАМЦ-600. Проведено дослідження впливу та знаходження раціональної величини початкового сиропу з застосуванням розробленої імітаційної моделі роботи вакуум-апарату. Проведені обчислювальні експерименти показали, що величина початкового сиропу повинна становити 30-33%. Збільшення величини початкового сиропу не дозволяє отримати якісний утфель внаслідок обмеженого об'єму вакуум-апарату і змушує здійснювати доварювання утфелю, а зменшення нижче 30% не задовольняє з умов текучості утфелю.

*Ключові слова:* вакуум-апарат, утфель, кристалізація, початковий сироп.

**Вступ.** В конструкціях вакуум-апаратів цукротехніки прагнуть створити сприятливі гідродинамічні умови, що забезпечують високу швидкість циркуляції та максимально можливе отримання кристалічного цукру з крупними і рівномірними кристалами [1]. Одним із головних факторів, що визначає вплив конструктивних особливостей вакуум-апаратів на кінцеві характеристики утфелю і кристалічного цукру є об'єм початкового сиропу. Під початковим сиропом розуміють кількість (об'єм) сиропу на момент введення у вакуум-апарат затравки для примусової генерації кристалів цукру. В сучасних конструкціях вакуум-апаратів величина початкового сиропу відрізняється і складає від 53% (вакуум апарат ВМА-600) до 25,6% (вакуум апарат ВАМЦ-600) [1].

Проаналізуємо вплив початкового сиропу цих двох конструкцій вакуум-апаратів на розмір кристалів кінцевого цукру (рис. 1).

Проаналізувавши співвідношення об'єму (маси) початкового сиропу до об'єму (маси) кінцевого утфелю у цих вакуум-апаратах маємо констатувати, що у вакуум-апараті ВАМЦ-600 співвідношення складає 2,9 одиниці а для вакуум-апарату ВМА-600 – 0,9 одиниці. Отже, кількість живильного розчину відносно величини початкового сиропу, однієї і тієї ж якості, що надходить для уварювання на стадії росту кристалів для вакуум-апарату ВАМЦ-600 в 3,2 рази більше ніж для ВМА-600. Таким чином, при одних і тих же умовах вару у вакуум-апараті ВАМЦ-600 отримаємо в 3,2 рази більше кристалічного цукру ніж в ВМА-600. Ця кількість кристалічного цукру зростає переважно за рахунок його розміру, що значно покращує умови центрифугування утфелю і зменшує вміст дрібних кристалів, які проходять через отвори сита центрифуги у відтоки. Крім того, враховуючи, що після відходу першого відтоку при центрифугуванні утфелю залишається на поверхні кристалів 10-15% міжкристалічного розчину, кількість промивної води для кристалів більшого розміру зменшується, в наслідок того, що кількість залишкового міжкристалічного розчину пропорційна сумарній поверхні кристалів.

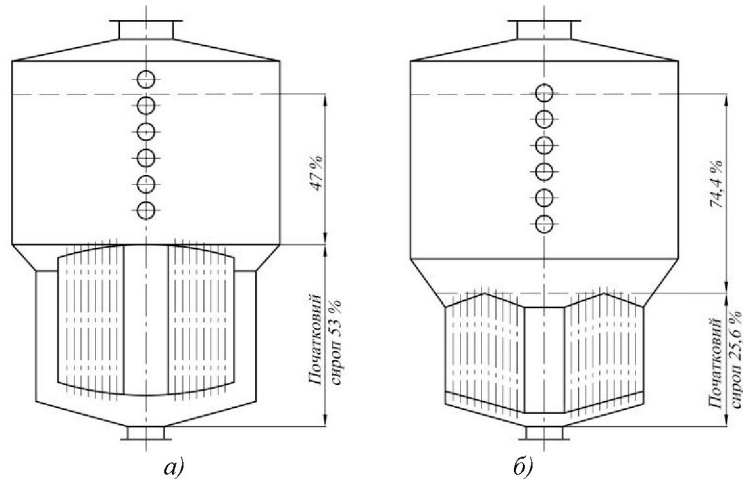


Рис. 1. Схеми конструкцій вакуум-апаратів: а) ВМА-600; б) ВАМЦ-600.

Отже, проведений аналіз свідчить про те, що початковий сироп істотно впливає на кінцеві характеристики утфелю.

Звідси постає завдання проведення відповідних досліджень по визначенню величини раціонального початкового сиропу для забезпечення необхідної якості кінцевого утфелю.

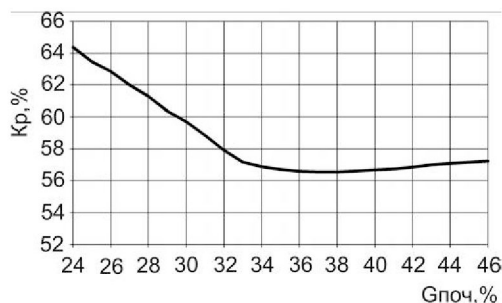
**Методи досліджень.** Для дослідження впливу та знаходження раціональної величини початкового сиропу застосована розроблена нами «Імітаційна модель роботи вакуум апарату періодичної дії». Загальний алгоритм імітаційної моделі роботи вакуум-апарату [2] умовно поділено на чотири основні частини, що відповідають чотирьом основним періодам процесу варки у вакуум-апараті: I - згущення вихідного сиропу; II - генерація кристалів; III - ріст кристалів при живленні цукровим розчином; IV – остаточне згущення. Відповідно до загального алгоритму на основі мови програмування Visual Basic 6.0 була складена комп'ютерна програма [3, 4] «Імітаційна модель роботи вакуум апарату періодичної дії» (Свідоцтво права автора на твір, зареєстроване в Державному департаменті інтелектуальної власності Міністерства освіти і науки України № 30055 від 28.08.2009).

За допомогою імітаційної моделі роботи вакуум-апарату були проведені обчислювальні експерименти впливу початкового сиропу на процес варки утфелю. В якості вихідного цукрового розчину взято розчин стандартної якості для варки утфелю першого продукту, з вмістом сухих речовин 65% та чистотою 91,8%.

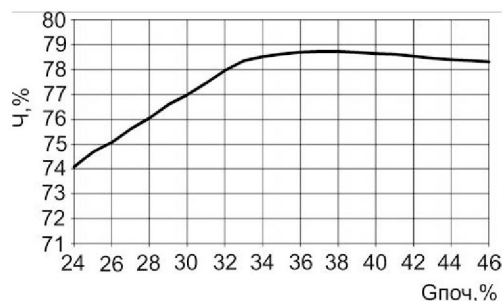
**Результати та обговорення.** Основним призначенням процесу кристалізації є отримання кристалічного цукру стандартної якості. Залежність виходу кристалічного цукру від початкового сиропу в графічному вигляді зображено на (рис. 2). З цього графіку випливає, що чим менший початковий набір тим більший вихід цукру. Але з умов текучості утфелю вміст кристалічного цукру в звареному утфелі першої кристалізації становить 57-60%. Із графіка (рис. 2) видно, що вмісту 57-60% кристалічного цукру відповідає величина початкового сиропу в межах 30-33%.

Крива залежності чистоти міжкристалічного розчину утфелю першого продукту (рис. 3) показує, що в межах величини початкового сиропу  $G_{поч}=30-33\%$  чистота

міжкристалевого розчину становить 77-78%, що повністю корегується з виробничими показниками.



**Рис. 2.** Вплив величини початкового сиропу вакуум-апарату на кінцевий вміст кристалічного цукру.



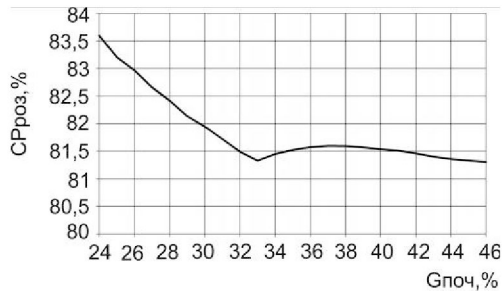
**Рис. 3.** Вплив величини початкового сиропу вакуум-апарату на чистоту міжкристального розчину.

Як відомо, чим нижча кінцева чистота міжкристального цукрового розчину тим більш повне його виснаження. Проаналізувавши данні на (рис.3) можна рекомендувати по можливості мінімізувати величину початкового сиропу.

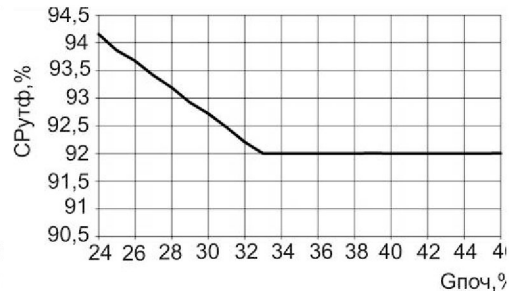
Дослідження показали, що тривалість процесу кристалізації утфелю першого продукту при початковому сиропі 30-33% становить 2,8-3,6 години в залежності від чистоти цукрового розчину, що надходить на уварювання.

Данні досліджень наведенні на (рис. 4) та (рис. 5) свідчать про те, що нормативне значення вмісту сухих речовин в утфелі  $CP_{утф}=92\%$  досягається при величині початкового сиропу  $G_{поч}=33\%$ .

Залежність впливу початкового набору цукрового розчину на кінцевий вміст СР в міжкристальному розчині графічно зображено на (рис. 4), де ми спостерігаємо чіткий перелом кривої в районі  $G_{поч}=33\%$ . Це пояснюється тим, що при даному вмісті сухих речовин та чистоти вихідного цукрового розчину ( $CP=68$ ,  $Ч=91,8$ ), при початковому сиропі  $G_{поч}=33\%$  на при кінець третього періоду (нарощування кристалів) вміст сухих речовин в утфелі становить  $CP_y=92\%$  (рис. 6), що є умовою завершення процесу варки. В такому випадку відсутній четвертий період остаточного згущення утфелю, що є позитивним моментом, оскільки в період остаточного згущення утфелю зростає значення коефіцієнту пересичення і відповідно зростає ризик вторинного кристалотворення. Отже чим більша тривалість періоду остаточного згущення утфелю, тим гірша якість отриманого утфелю. Як видно з графіку (рис. 6) при даних значеннях  $CP=68$  та  $Ч=91,8$  вихідного розчину при перевищенні початкового набору понад  $G_{поч}=33\%$  стрімко зростає величина частки часу періоду остаточного згущення утфелю (рис. 6, рис. 7 переломи кривих на прикінці варки, в межах значень відносного часу 0,7-1). А при  $G_{поч}=50\%$  частка періоду остаточного згущення утфелю становить 30% від загального часу варки.

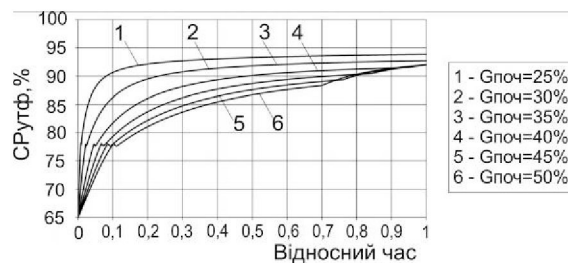


**Рис. 4.** Вплив величини початкового сирону вакуум-апарату на кінцевий вміст СР в міжкристальному розчині.

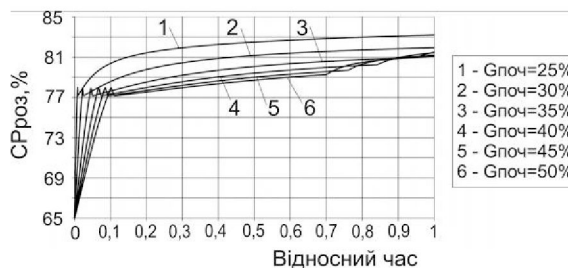


**Рис. 5.** Вплив величини початкового сирону вакуум-апарату на кінцевий вміст СР в утфелі.

Експериментальні данні зміни вмісту сухих речовин в утфелі (рис. 6) та зміни вмісту сухих речовин в міжкристальному розчині (рис. 7) під час кристалізації свідчать про те, що з збільшенням вмісту сухих речовин в міжкристальному розчині погіршуються умови протікання процесу кристалізації, за рахунок збільшення в'язкості цукрового розчину, погіршення умов теплопередачі та підвищення середньої температури розчину (рис. 8), що в свою чергу призводить до збільшення розчинності цукрози та збільшенню її термічного розкладу.



**Рис. 6.** Зміна значення вмісту СР в утфелі під час процесу кристалізації в залежності від величини початкового сирону.



**Рис. 7.** Зміна значення вмісту СР в розчині під час процесу кристалізації в залежності від величини початкового сирону.

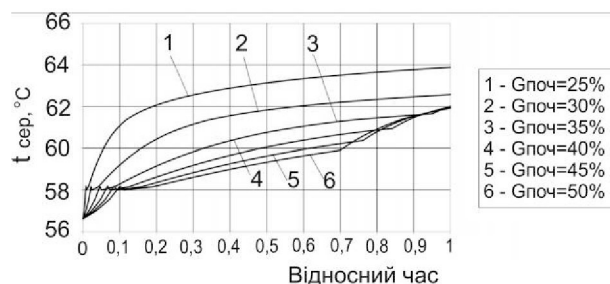


Рис. 8. Зміна значення середньої температури утфеля в залежності від величини початкового сиропу.

#### Висновки.

На основі проведених досліджень за допомогою розробленої нами імітаційної моделі роботи вакуум-апарату встановлено, що величина початкового сиропу не повинна перевищувати 33%. Збільшення величини початкового сиропу не дозволяє отримати якісний уфель в наслідок обмеженого об'єму вакуум-апарату і змушує здійснювати доварювання. Зменшення величини початкового сиропу нижче 30% не ефективно з умов забезпечення текучості утфелю та інтенсивного тепломасообміну в кінці вару.

#### Література.

1. *Современные технологии и оборудование сахарного производства* // Под ред. В.О. Штангеева. – К.: Цукор України, 2004. – 320 с.
2. *Коцюбанський А.М., Мирончук В.Г.* Алгоритм імітаційної моделі роботи вакуум-апарату для уварювання цукрових утфелів // *Обладнання та технології харчових виробництв: Тематичний зб. наук. пр.* – Донецьк: ДДУЕТ ім. Туган-Барановського, 2006, вип. 14. – С. – 132-137.
3. *Коцюбанський А. М., Мирончук В. Г.* Імітаційна модель роботи вакуум-апарату, алгоритм та його реалізація // *Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. №1 (107).* - Луганськ 2007. – с.223-229.
4. *Мирончук В. Г., Коцюбанський А. М.* Імітаційна модель роботи вакуум апарату періодичної дії. Дослідження процесу кристалізації цукрози // *Актуальні проблеми харчування: технологія та обладнання, організація і економіка [Текст]: Міжнар. наук.-техн. конф.: [тези доп.].* – Донецьк: ДонНУЕТ, 2009. – с.40-42.

#### Авторська довідка.

1. *Коцюбанський Андрій Миколайович*; асистент кафедри інженерної і комп'ютерної графіки, Національний університет харчових технологій, e-mail: [prometey1@ukr.net](mailto:prometey1@ukr.net)
2. *Мирончук Валерій Григорович*, д.т.н., професор, звідувач кафедри технологічного обладнання та комп'ютерних технологій проектування, Національний університет харчових технологій, e-mail: [mironchuk@nuft.edu.ua](mailto:mironchuk@nuft.edu.ua)