

Дослідження вологоутримувальної здатності сухого жому

Н.В. Іващенко, кандидат технічних наук, кафедра теплоенергетики та холодильної техніки, Національний університет харчових технологій

В.В. Шутюк, кандидат технічних наук, доцент, кафедра технології консервування Національний університет харчових технологій

О.Ф. Буляндра, доктор технічних наук, професор, кафедра теплоенергетики та холодильної техніки, Національний університет харчових технологій

С.М. Василенко, доктор технічних наук, професор, завідувач, кафедра теплоенергетики та холодильної техніки, Національний університет харчових технологій

Одним із основних інгредієнтів корму для великої рогатої худоби в Україні має стати сухий жом, виробництво якого є важливим завданням з огляду на необхідність перероблення побічних продуктів цукрового виробництва за відсутності великих тваринних комплексів.

У статті наведено результати дослідження оводнення зразків розсипного та гранульованого бурякового жому, отриманих на виробництві та в лабораторних умовах, як одного з якісних показників сухого продукту. В результаті аналізу проведених експериментів встановлено, що жом, висушений низькотемпературним способом, набухає, в основному, за перших 15...20 хв. Тривалість набухання для промислово висушеного гранульованого жому становить 80 хв, для розсипного – 20 хв. Більше значення показника набухання сухого жому відповідає меншим температурним режимам сушіння.

Ключові слова: цукрова промисловість, сушіння, жом, вологоутримувальна здатність.

Одним из основных ингредиентов корма для крупного рогатого скота в Украине должен стать сухой жом, производство которого является важной задачей, учитывая необходимость переработки побочных продуктов сахарного производства при отсутствии больших животноводческих комплексов.

В статье приведены результаты исследования оводнения образцов рассыпного и гранулированного свекловичного жома, полученных на производстве и в лабораторных условиях, как одного из качественных показателей сухого продукта. В результате анализа проведенных экспериментов установлено, что жом, высушенный низкотемпературным способом, набухает, в основном, за первые 15...20 мин. Продолжительность набухания для промышленно высушенного гранулированного жома составляет 80 мин, для рассыпного – 20 мин. Большее значение показателя набухания сухого жома соответствует меньшим температурным режимам сушки.

Ключевые слова: сахарная промышленность, сушки, жом, влагоудерживающая способность.

Вступ. Побічні продукти перероблення цукрових буряків жом і меляса є основним кормом, який згодують тваринам. Буряковий жом, як продукт з високим вмістом клітковини (до 25% сухої маси) [4], ефективно використовується для годування жуйних тварин. Він може замінити значну частку злаків у концентрованій суміші для молочної худоби. Допускається заміна корму до 30% сухої маси у харчуванні молочних порід корів і до 50% - для м'ясних. У світі виробляється близько 8,6 млн. тонн сушеного бурякового жому (гранульованого та стружки), який використовується як корм в основному для великої рогатої худоби у вигляді окремого компоненту або комбікормового інгредієнта.

Основними країнами-виробниками бурякового гранульованого жому є Німеччина, Франція, Велика Британія, Україна, США, Канада, Японія, Китай і Чилі. У Німеччині, Франції, Великій Британії і США виробляють понад 50% світового виробництва сушеного гранульованого бурякового

жому (близько 4,5 млн. тонн) на 96 цукрових заводах, тоді як кількість цукрових заводів у всьому світі становить близько 700 [2, 6].

Склад корму для великої рогатої худоби зазвичай визначається через так звану Програму Найменшої Вартості (Least Costing Program). Якщо всі компоненти кормових продуктів відомі, заключний та кінцевий склад для великої рогатої худоби, залежно від споживчої потреби (життєвий цикл, виробничий план), підбирається з доступних кормових продуктів за Програмою Найменшої Вартості. Оптимальний склад залежить від ціни на один кормовий продукт обчислюється з урахуванням необхідної продуктової цінності за мінімальну ціну. Одним із основних інгредієнтів корму для великої рогатої худоби в Україні має стати сухий жом, виробництво якого є важливим завданням з огляду на необхідність перероблення побічних продуктів цукрового виробництва за відсутності великих тваринних комплексів [5].

Мета досліджень. Визначення відновлення сухого бурякового жому, висушеного різними способами та за різних температурних режимів.

Завдання досліджень. Привернути увагу до проблеми збільшення виробництва сушеного жому цукрових буряків і підвищення його якості. Дати практичні рекомендації щодо способів та режимів сушіння жому цукрових буряків.

Методи і об'єкти досліджень. Як продукт використовували свіжий жом цукрових буряків у вигляді екстрагованої січки від 50 мкм до 1 мм з вологовмістом 76...80%. Сухі речовини містили, %: геміцелюлозу - 25...33, целюлозу - 20...27, лігнін - 1...6, уронові кислоти - 21,5...23, білок - 7...12, залишкову сахарозу - до 0,5, золу - 4. Зразки жому заморожували (-40 °C) для зберігання і розморожували до кімнатної температури перед кожним експериментом сушіння.

Досліди з сушіння конвективним способом здійснювали в сушильній шафі DNG-9035A з об'ємом камери 30 л та максимальною споживаною потужністю 850 Вт. Сушарка дає змогу забезпечити температуру сушильного агента в діапазоні 5...300 °C з дискретністю її задання 0,1 °C та стабільністю ±1 °C.

Для визначення водоутримувальної здатності зважували зразок сухого продукту (до 2,0 г) і в пробірці заливали дистильованою водою (20 °C)

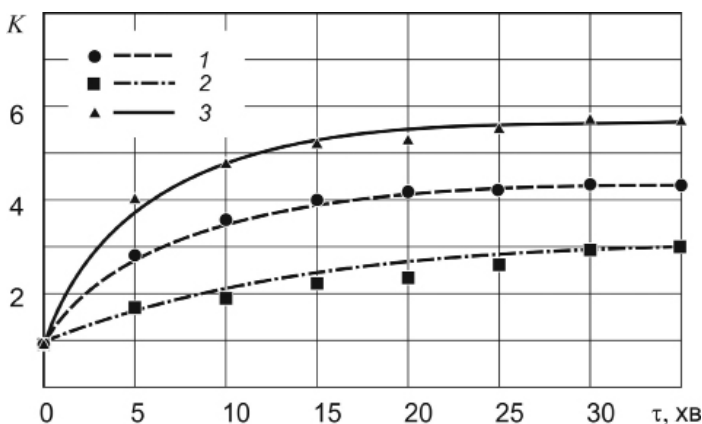


Рис. 1. Зміна відносного коефіцієнта набухання жому для різних типів жому: 1 - гранульований жом; 2 - розсипний жом; 3 - жом, отриманий методом кондуктивного сушіння гарячим повітрям за $t = 115\text{ }^{\circ}\text{C}$

[7]. Насичення вологою здійснювали за температури 20 °C, причому перемішували через кожні 5 хв. Надалі центрифугували протягом 10 хв. Вологоутримувальну здатність визначали як співвідношення між кількістю води, яка утримують волокна та яка залишається в пробірці після центрифугування, і відповідною кількістю сухих речовин (точність ±1 г води/г СР).

Сухі речовини вимірювали висушуванням зразків у сушильній печі за температури 105 °C доти, поки їхня маса не ставала постійною. Точність методу становить ±0,1%.

Результати та обговорення. Вплив режимів сушіння бурякового жому на його здатність відновлення оцінювали за такою методикою: партію свіжого жому з дифузійного апарата розділяли на дві групи. Першу групу зразків висушили до вологості $W = 14\%$ у жомосушильному барабані типу АК-2; другу - методом кондуктивного та конвективного сушіння в лабораторних умовах до вологості $W = 28\%$ [1, 6].

Для оцінювання властивостей відновлення сухого жому доцільно вибрати такий показник, який кількісно характеризував би здатність поглинати вологу. Здебільшого за такий показник беруть відносний коефіцієнт набухання K , під яким розуміють відновлення маси зразка після замочування m_2 до початкової маси m_1 [6]:

$$K = m_2/m_1 \quad (1)$$

На рис. 1. наведено залежність коефіцієнта набухання K від часу процесу оводнення для трьох видів жому: криві 1, 2 - зразки промислового гранульованого та розсипного жому, крива 3 - зразки жому, отриманого методом кондуктивного сушіння. Найбільшим виявився показник K для лабораторних зразків. На нашу думку, це можна пояснити тим, що процес зневоднення відбувався за досить помірних температурних навантажень, а осмотичноутримувана волога частково залишилась у мате-

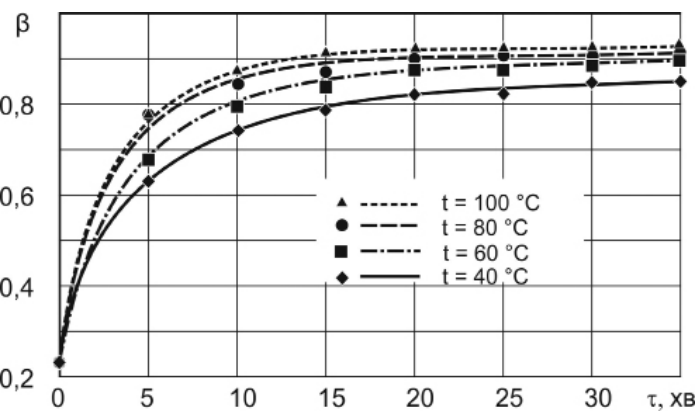


Рис. 2. Відновлення жому за різних температур висушування

ріалі - кінцева вологість становила 28%. Утворення скоринки і подальше її руйнування створили умови для вільного проникнення вологи всередину матеріалу і її взаємодії зі скелетом речовини.

Для зразків розсипного жому показник K був найменшим наприкінці досліду за $\tau=80$ хв і $K=4,15$ (на рис. не показано). Надмірне теплове навантаження на одиницю матеріалу призводить до значного руйнування капілярно-пористої структури жому і утворення скоринки на поверхні, внаслідок чого проникнення вологи в середину матеріалу ускладнюється і взаємодіє рідина з твердим скелетом досить повільно. Волога не проникає всередину зруйнованих клітин і заповнює лише відкриті капіляри та пори матеріалу.

Проте коефіцієнт K не достатньо точно характеризує відновлення, оскільки він визначає лише співвідношення кінцевої маси зразка m_2 до початкової маси m_1 . Останнім часом почали застосовувати іншу величину, яка безпосередньо показує, наскільки вологість матеріалу наближається до початкової або наскільки загальна маса матеріалу після оводнення наближається до початкової маси матеріалу, яку беруть за 1 або за 100%. Такою величиною є коефіцієнт відновлення β [7]:

$$\beta = W_2/W_1 \quad (2)$$

Вологість відновленого матеріалу можна визначити за співвідношенням:

$$W_2 = (100 - W_0)/\beta \quad (3)$$

де W_0 - вологість висушеного матеріалу, %.

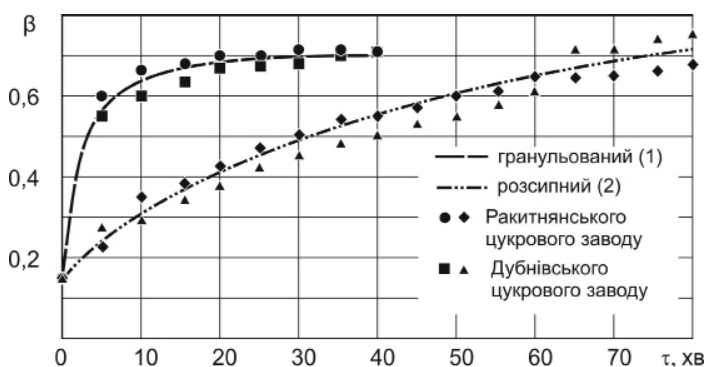


Рис. 3. Відновлення жому промислового виробництва

Об'єктом дослідження для визначення коефіцієнта відновлення була жомова стружка, зневоднена за різних температур сушильного агента – 40, 60, 80 і 100 °С. Результати досліджень наведено на рис. 2.

У результаті аналізу проведених експериментів встановлено, що жом, висушений низькотемпературним способом, набухає в основному перших 15...20 хв. За цей час розмочування проходить до $\beta = 0,84...0,89$. Максимальне значення коефіцієнта

відновлення становить 0,93 за 30 хв для жому, висушеного гарячим повітрям з температурою 100 °С.

Для порівняння ми провели низку аналогічних дослідів для зразків розсипного та гранульованого жому, отриманого в умовах виробництва на Рокитнянському і Пальмірському цукрових заводах. Внаслідок проведених експериментів встановлено, що жом, висушений у такий спосіб

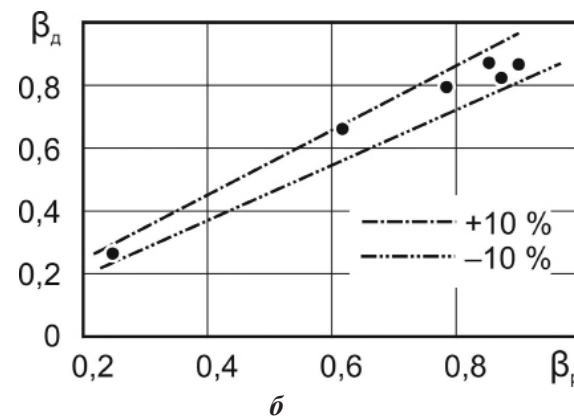
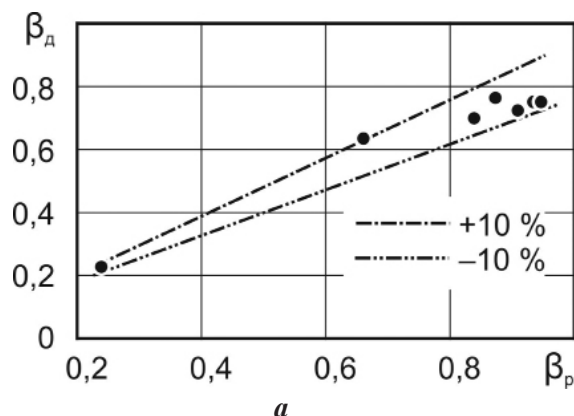


Рис. 4. Співвідношення експериментальних даних β_0 і розрахункових значень β_p для зразків лабораторного жому, висушених конвективним способом: а – за $t = 60^\circ\text{C}$; б – за $t = 80^\circ\text{C}$

набухає впродовж в перших 20 хв для гранульованого жому (крива 1 на рис. 3) та 80 хв – для розсипного (крива 2 на рис. 3). За цей час розмочування проходить до $\beta = 0,69$. Максимальне зна

Таблиця

Коефіцієнти відновлення сухого жому

Коефіцієнт	Сухий жом промислового виробництва				Жом висушений у лабораторних умовах			
	Рокитнянського цукрового заводу		Дубнівського цукрового заводу		кондуктивним способом		конвективним способом	
	гранульований	розсипний	гранульований	розсипний	60 °С	80 °С	60 °С	80 °С
β_0	0,16	0,16	0,16	0,16	0,25	0,25	0,16	0,16
$A_K, \%$	0,71	0,69	0,72	0,76	0,91	0,88	0,93	0,91
$k, \text{хв}^{-1}$	-0,0269	-0,1612	-0,0177	-0,1302	-0,1385	-0,1207	-0,1672	-0,1525
$k_1, \text{хв}^{-2}$	0,00013	0,00349	-0,00003	0,00265	0,00345	0,00275	0,00353	0,0031
r^2	0,999	0,969	0,979	0,964	0,975	0,980	0,975	0,984

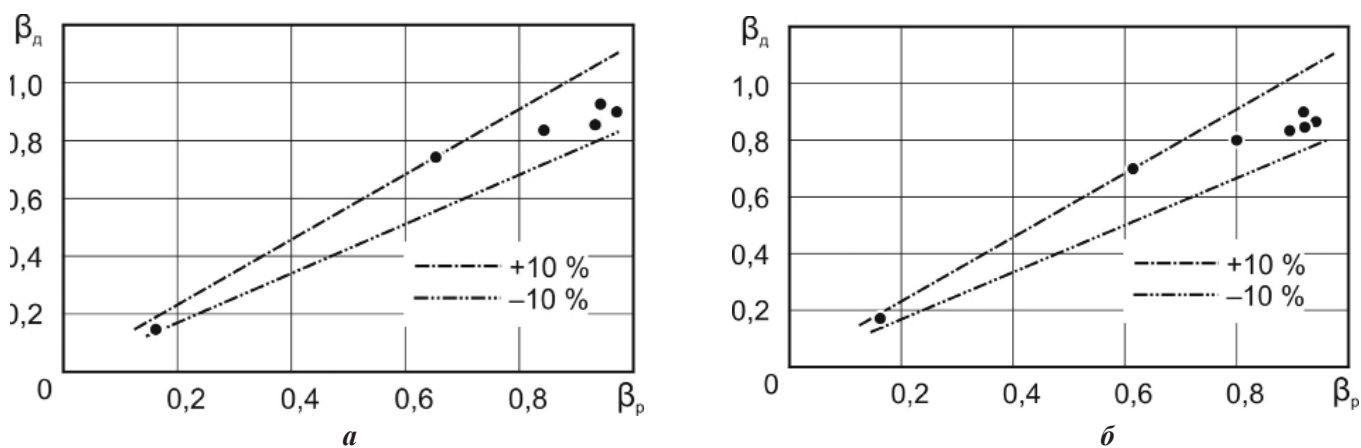


Рис. 5. Співвідношення експериментальних даних β_d і розрахункових значень β_p , для зразків лабораторного жому, висушених кондуктивним способом: а – за $t = 60$ °С; б – $t = 80$ °С

чення коефіцієнта відновлення гранульованого жому становить 0,76 за 35 хв. Проте після цього, внаслідок механічних пошкоджень під час гранулювання, продукт повністю втрачає форму і перетворюється на рідинно-порошковий концентрат. Максимальне значення коефіцієнта відновлення розсипного жому становить 0,78 за 105 хв (на рис. 3 не показано).

Як видно, процес поглинання відбувається дуже інтенсивно на початку оводнення, приблизно до 5 хв. Потім поступово сповільнюється і переходить практично в стан насичення. Найкраще відновлення стружки жому спостерігається для лабораторних режимів сушіння за температур понад 100 °С. Пояснюється це тим, що за таких режимів руйнуються клітини стружки і волога має вільний доступ у середину продукту.

Оцінювання адекватності рівняння регресії

Результати експериментального дослідження, наведені на рис. 2 і 3, відтворюють залежність відновлюваності зразків сушеного жому від тривалості оводнення і температури сушіння. Для апроксимації такого типу даних емпіричними залежностями [3] використали рівняння типу:

$$\beta = \beta_0 + A_K(1 - e^{k\tau + k_i\tau^2}), \quad (4)$$

де β_0 - коефіцієнт відновлення в початковий момент часу; A_K - максимальне значення коефіцієнта відновлюваності; k , k_i - коефіцієнти емпіричного рівняння хв^{-1} , хв^{-2} (відповідно).

Для визначення коефіцієнтів у рівнянні (4) використовували програмне забезпечення Statistica. Значення коефіцієнтів β_0 , A_K , k , k_i і коефіцієнта кореляції r^2 наведено в таблиці.

На графіках, зображених на рис. 4, а, б, наведено співвідношення між експериментальними точками β_d і значення β_p , апроксимовані рівнянням (4), для зразків лабораторного розсипного жому, які були висушені кондуктивним способом, на графіках 5 а, б - для зразків лабораторного розсипного жому, висушених кондуктивним способом.

Для наочності на графіки нанесено допоміжні

лінії +10 % та -10 %, які показують, що відхилення експериментальних даних від апроксимованих становить менше від допустимих 10 %.

Висновок. Таким чином, дійдемо висновку, що чим більше зруйнована структура рослинного матеріалу, тим кращі можливості він має до відновлення початкових властивостей у наслідок поглинання вологи. Проте здатність поглинати вологу після сушіння є лише однією з цілої низки необхідних умов, що визначають якість кінцевого продукту: за надмірних температурних навантажень руйнуються вітамінні комплекси та втрачається желе утворювальна здатність бурякового пектину. З урахуванням усіх факторів з точки зору кінцевого використання готового продукту стає пріоритетним той чи інший режим сушіння.

Список використаних джерел

1. Іващенко Н.В., Буляндра О.Ф., Шутюк В.В. Узагальнення кінетики сушіння зв'язкодисперсних структурованих харчових продуктів / Цукор України. – 6–7 (78–79). – 2012. – С. 38–41.
2. Кравчук А.Ф. Динамика сушки жому. Сахар № 12, 2007.
3. Кулинич О.І. Теорія статистики: Підручник. 2-ге доп. і допр. видання. – Кіровоград: ДЦУВ, 1996 – С. 97-157.
4. Леснов А.П. Производство ферментированного корма из свекловичного жома / А.П. Леснов, С.В. Леонтьев, В.М. Ткаченко // Комбикорма. – 2010. – №3. – С. 50–51.
5. Чуркин Е.М., Кухар В.Н., Мануйленко А.Н. и др. Реконструкция отделений сушки свекловичного жома: современные направления реализации инвестиционных проектов. Сахар № 8, 2009.
6. Miranda Bernardo A.M., Dumoulin E.D., Lebert A.M., Bimbenet J.J. Drying of sugar beet fiber with hot air or superheated steam.– Drying technology.– 1990.– № 8(4).– P. 767–779.
7. Hunter R.S., Harold, R.W. 1987. The measurement of appearance. 2nd Ed., John Wiley & Sons, 411 p.