

УДК 664.69.016

## СПОСІБ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ СУШІННЯ МАКАРОННИХ ВИРОБІВ

Петриченко С.В., к.т.н.,

Паляничка Н.О., к.т.н.,

Олексієнко В.О., к.т.н.

*Таврійський державний агротехнологічний університет*

Тел. (0619) 42-13-06

**Анотація** – робота присвячена обґрунтуванню способу інтенсифікації процесу сушіння макаронних виробів за рахунок зниження в об'єкті енергії зв'язку вологи зі складовими компонентами тіста шляхом попередньої термообробки.

**Ключові слова** – макаронні вироби, сушіння, вологоутримуюча здатність, гідротермічна обробка, гіротермічна обробка.

*Постановка проблеми.* Макаронні вироби завдяки низкій вологості можуть тривалий час зберігатися. Висушування їх є енергоємним і тривалим процесом із усіх технологічних стадій виробництва макаронів. Останнім часом велика увага приділяється попередній підготовці об'єкта сушіння до зневоднювання. Метою такої підготовки є зниження енергії зв'язку вологи з матеріалом і зміна його теплофізичних характеристик, що забезпечують можливість застосування "жорстких" режимів сушіння без шкоди для якості продукту, що висушується.

Зниження "вологоутримуючої здатності" вогких макаронів можливо при зміні властивих їм специфічних, фізико-хімічних властивостей. Сутність цих змін полягає в тому, що шляхом попередньої обробки в об'єкті знижується енергія зв'язку вологи зі складовими компонентами тіста. У такий спосіб вироби готуються до процесу зневоднювання.

*Аналіз останніх досліджень.* Останнім часом у літературі висвітлюється питання вишукування методу попередньої обробки об'єкта сушіння, що дозволяє знизити енергію зв'язку вологи з матеріалом. Однак ефективним методом зниження енергії зв'язку вологи із сухою речовиною можна вважати такий, який дозволив би поряд зі скороченням тривалості сушіння одержати готовий продукт, що відповідає всім вимогам стандарту [1]. У зв'язку із цим виникла необхідність пошуку способу попередньої обробки макаронних виробів, що дозволяє одержати продукцію високої якості.

За кордоном рекомендують застосовувати способи сушіння макаронних виробів з попередньою гідро- або гігротермічною обробкою їх перед сушінням.

У Швейцарії гідротермічна обробка доповнюється наступним заморожуванням виробів при температурі мінус 26 °С протягом 15...25 хвилин.

У США пропонується використовувати термообробку сухою парою при температурі 101...180 °С, попередньо «підсушених» виробів при інфрачервоному енергопідводі протягом 5...30 секунд.

У Франції для прискорення сушіння вогкі макаронні вироби після пресування варяться й потім витримуються в етиловому спирті, який поступово витісняє з них вологу; після цього вироби швидко висушуються, а спирт регенерується.

А.С. Гинзбург, В.І. Сироїдов, Н.І. Назаров рекомендують із метою зниження енергії зв'язку вологи з матеріалом і інтенсифікації внутрішнього переносу вологи застосовувати поверхнево-активні речовини (ПАР), наприклад, етиловий спирт, гексан або толуол, що характеризуються малим коефіцієнтом поверхневого натягу.

*Постановка завдання.* Метою даної роботи є визначення основних факторів та залежностей, які впливають на якість готових макаронних виробів та інтенсивність процесу сушіння з використанням попередньої гігротермообробки.

*Основна частина.* На кафедрі Обладнання переробних та харчових виробництв ТДАТУ проведені дослідження з метою перевірки наступних видів термообробки макаронних виробів: гідротермічної із промиванням поверхні виробів холодною ( $t = 15^{\circ}\text{C}$ ) або гарячою водою ( $t = 95^{\circ}\text{C}$ ) і без промивання з наступним заморожуванням і без заморожування, а також гігротермічної обробки, здійснюваної по тим же варіантам.

Дані показують, що всі види попередньої термічної обробки макаронів значно скорочують загальну тривалість сушіння [2]. Так, сушіння макаронів стандартної вологості після гідротермічної обробки із промиванням у холодній воді протягом 5 хвилин і з наступним заморожуванням при температурі мінус 25 °С протягом 25 хвилин, склала 177 хвилин. Параметри сушильного агента були наступні: температура 90 °С, відносна вологість 30 %. Втрати сухих речовин при варінні, збільшення обсягу, колір і структура в зламі відповідали вимогам стандартів. Однак, недоліком цих методів є злипання виробів. Для усунення склеювання застосовували промивання виробів холодною й гарячою водою, їх заморожування та обробку у вібраційному полі. Проте це все виявилось малоефективним. Разом з тим гігротермічна обробка в касетах, у порівнянні з гідротермічною, значно скорочує тривалість сушіння макаронних виробів. Так, тривалість сушіння гігротермічно

оброблених і заморожених макаронних виробів склала 115 хвилин, а без заморожування 90 хвилин. При цьому такі показники якості готових виробів як втрати сухих речовин у варильній воді, збільшення обсягу перебували в межах вимог стандарту. Однак всеж-таки спостерігалось часткове злипання виробів.

Аналіз наведених вище даних дозволив зробити висновок про перевагу гігротермообробки перед гідротермообробкою.

Сушіння макаронних виробів, підданих гігротермообробці в підвісному стані на бастунах, при параметрах сушильного агрегату  $\phi = 80 \%$ ;  $t = 60 \text{ }^\circ\text{C}$ ;  $V = 1 \text{ м/сек}$ , дозволила повністю уникнути злипання продукції, якість якої відповідала всім вимогам стандартів. Гігротермообробка проводилася при постійній початковій вологості виробів. Параметри пари також не змінювалися. Вивчений вплив тривалості (1...5 хв.) гігротермообробки з інтервалом в 1 хвилину на процес сушіння і якість виробів. Установлено, що гігротермічна обробка виробів впливає на процес сушіння.

На рисунку 1 представлені криві сушіння макаронних виробів з гігротермічною обробкою ( $\tau_{т.о.}$ ) тривалістю 2 і 5 хв і без неї. Процес сушіння здійснювали при "жорстких" постійних параметрах сушильного агента. Застосування "жорсткого" режиму скорочує час зневоднювання виробів не підданих гігротермообробці з 18...24 годин до 13,5 години. Треба відзначити, що в промислових умовах сушіння ведеться при більш «м'яких режимах» [3]. Однак при "жорсткому" режимі сушіння зовнішні шари виробів висихають значно швидше внутрішніх за рахунок появи більших градієнтів вологості й спостерігається розтріскування макаронів як у процесі сушіння, так і при їхньому зберіганні.

Гігротермічна обробка виробів перед сушінням значно скорочує процес зневоднювання, тому що дозволяє застосовувати "жорсткі" режими сушіння без побоювання появи тріщин. При цьому протікає два взаємозалежні процеси: теплова денатурація білків і модифікація крохмалю. Остання в умовах дефіциту вологи не переходить границю клейстеризації першого ряду. Денатурація білків веде до зниження енергії зв'язку вологи з білками тіста й до зміцнення структури останнього. Так, міцність на розрив виробів, не оброблених теплом становить 320 г, а оброблених - 790 г.

Макаронні вироби, попередньо термооброблені, не зазнали розтріскування в процесі зберігання протягом 6 місяців і більш.

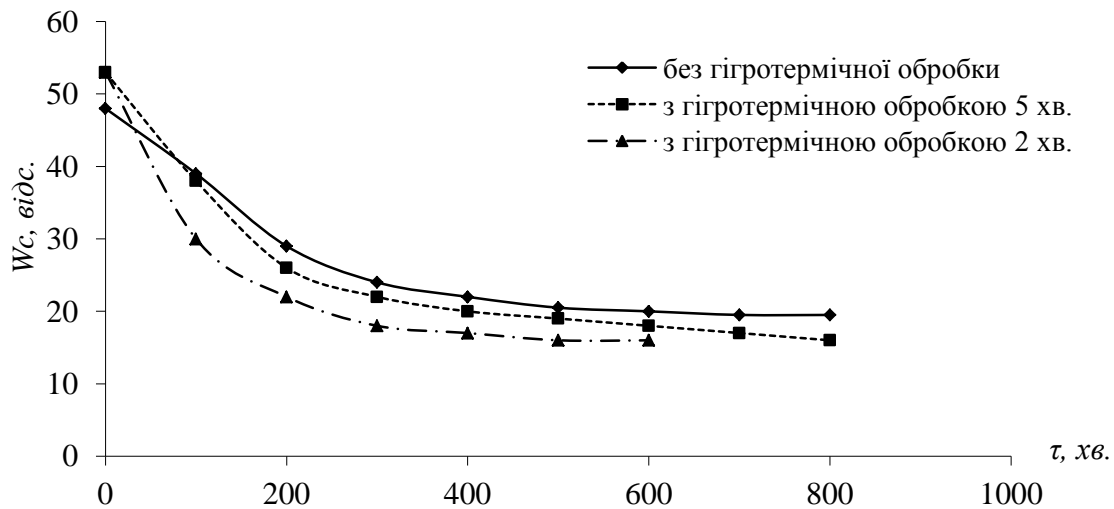


Рис. 1. Криві сушіння макаронних виробів.

Криві сушіння представлені на рис.1 показують, що початкова вологість виробів без обробки й після неї різко різняться. Так, макарони з гіротермообробкою мають  $W^c = 54,6\%$ , а без неї -  $47,5\%$ . Також суттєво відрізняється й перша критична вологість ( $W_{кр}^c$ ): у першому випадку вона дорівнює  $34\%$ , у другому –  $30\%$ .

Однак видалення вологи у перший період сушіння у макаронів після гіротермообробки більше, ніж у виробів без неї. У термооброблених макаронів він становить  $20,6\%$ , а в необроблених -  $17,5\%$ . Слід також відзначити, що тривалість першого періоду сушіння в першому випадку менше ( $55$  хв.), ніж в другому ( $125$  хв.).

Другий період сушіння значно збільшується у випадку сушіння макаронів без термообробки ( $690$  хвилин проти  $480$  хвилин). При даній тривалості гіротермообробки рівноважна вологість макаронів незначно змінюється (з гіротермообробкою  $W_p^c = 13\%$ , без неї -  $14\%$ ); при цьому відносна вологість повітря –  $80\%$ , температура –  $60\text{ }^\circ\text{C}$ , швидкість -  $1,0$  м/сек.

На рисунку 2 представлені криві швидкості сушіння, тривалість яких у першому й у другому періодах значно більше у макаронних виробів що піддалися гіротермообробці. Швидкість сушіння в першому періоді ( $N^c$ ) більше у макаронів, що пройшли 2-х хвилинну гіротермообробку й становить  $0,31\%$ /хв. у порівнянні з  $0,14\%$ /хв. для виробів без обробки.

Збільшення тривалості гіротермообробки з 2 до 5 хвилин приводить до збільшення тривалості сушіння майже в 2 рази, (див. рис. 1), що пояснюється поглибленням зони клейстеризації крохмалю, у результаті чого відбувається утворення більш міцних зв'язків вологи із цим компонентом тіста. Швидкість сушіння при 2-х хвилинній гіротермообробці як у першому, так і в другому періоді вище, ніж при 5-ти хвилинній гіротермообробці (див. мал. 2). Порівняння

кривих сушіння і її швидкості при гіротермообробці в діапазоні 1...5 хвилин показує, що 2-х хвилинна обробка є оптимальною по показникові загальної тривалості сушіння. Шляхом математичної обробки експериментальних даних отримані рівняння кривих сушіння макаронних виробів в 1 і в 2 періодах і швидкості сушіння.

Для першого періоду: ( від  $W_n^c$  до  $W_{кр1}^c$  )

$$W_i^c = B - A \tau_i ; \quad \frac{dW_i^c}{d\tau_i} = -A = N^c, \quad (1)$$

де  $W_i^c$  - поточна вологість, що відповідає 1 періоду сушіння, відс.;

$W_{кр1}^c$  - перша критична вологість макаронних виробів, відс.;

$W_n^c$  - початкова вологість макаронних виробів, відс.;

$\tau_i$  - тривалість сушіння в 1 періоді, хв.;

$B, A$  - коефіцієнти рівняння ( $B$  – відс.,  $A$  – відс./хв.);

$\frac{dW_i^c}{d\tau_i}$  - швидкість сушіння, відс./хв.;

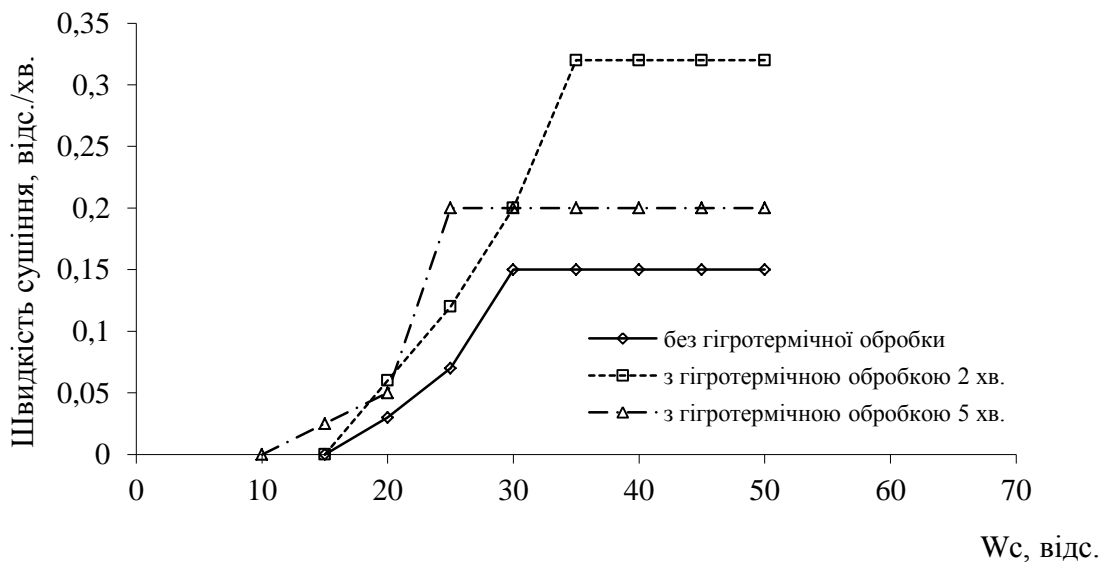


Рис. 2. Криві швидкості сушіння макаронних виробів.

Для другого періоду: ( від  $W_{кр2}^c$  до  $W_p^c$ , причому  $W_{кр2}^c$  прагне до  $W_{кр1}^c$  )

$$W_j^c = W_p^c + C \exp(-m \tau_j); \quad \frac{dW_j^c}{d\tau_j} = -m C \exp(-m \tau_j), \quad (2)$$

де  $W_{кр2}^c$  - друга критична вологість, відс.;

$W_p^c$  - рівноважна вологість, відс.;

$W_j^c$  - поточна вологість відповідна 2 періоду сушіння, відс.;

$\tau_j$  - тривалість сушіння в 2 періоді, хв.;

$C$  - коефіцієнт рівняння, відс.;

$m$  - ступінь експоненти, 1/хв;

$\frac{dW_j^c}{d\tau_j}$  - швидкість сушіння в 2 періоді сушіння, відс./хв.

У табл. 1 наведені чисельні значення коефіцієнтів рівняння (1) і (2) кривих сушіння й швидкості сушіння макаронних виробів залежно від параметрів гіротермообробки й процесу сушіння.

Таблиця 1 - Значення коефіцієнтів рівнянь кривих сушіння й швидкості сушіння макаронних виробів

Параметри гіротермообробки				Коефіцієнти рівнянь				
				1 період сушіння		2 період сушіння		
$\tau_{T.O}$ , хв.	$\varphi_{C.A.}$ , відс.	$t_{C.A.}$ , °C	$V_{C.A.}$ , м/сек	A, відс. /хв	B, відс.	$W_p^c$ , відс.	C, відс.	m, 1/хв.
0	80	60	1	0,140	47,48	14	24,7	0,00440
1	80	60	1	0,230	50,37	12	28,14	0,00372
2	80	60	1	0,310	53,35	13	33,8	0,00856
3	80	60	1	0,220	52,67	13	33,05	0,00668
5	80	60	1	0,196	53,04	10	28,1	0,00370
2	50	60	1	0,532	48,03	10,5	33,45	0,01085
2	60	60	1	0,420	49,05	11,2	33,75	0,00960
2	70	60	1	0,406	52,25	12,1	33,4	0,00900
2	80	60	1	0,310	53,35	13	33,8	0,00856
2	80	50	1	0,176	52,73	17,7	29,22	0,00672
2	80	60	1	0,316	53,35	13	33,8	0,00856
2	80	70	1	0,355	51,78	13	34,5	0,00990
2	80	80	1	0,534	52,53	12,9	33,2	0,01205
2	80	60	0,5	0,204	54,23	15,4	31,05	0,00530
2	80	60	1	0,310	53,35	13	33,8	0,00856
2	80	60	1,5	0,431	52,65	12,6	34,5	0,01050
2	80	60	2	0,605	50,61	12,1	33,15	0,01132

*Висновки.* Отже, внаслідок проведеного дослідження було встановлено, що гіротермічна обробка виробів перед сушінням значно скорочує процес зневоднювання, тому що дозволяє застосовувати "жорсткі" режими сушіння без погіршення якості готових макаронних виробів. Аналіз отриманих даних сушіння і його швидкості при гіротермообробці в діапазоні 1...5 хвилин показав, що 2-х хвилинна обробка є оптимальною по показникові загальної тривалості сушіння.

## Література:

1. *Гинзбург А.С.* Основы теории и техники сушки пищевых продуктов. - М.: Пищевая промышленность. 1973. - 178 с.
2. *Петриченко С.В.* Вплив температури і вологості на структурно-механічні та електричні властивості харчових продуктів / С.В. Петриченко, І.П. Назаренко, О.М. Берека// Праці Таврійської державної агротехнічної академії: наукове фахове видання. Випуск 25, 2005. - стор. 161-168.
3. *Медведев Г.М.* Технология макаронного производства. - М.: Колос. 1999. - 272 с.

### **СПОСОБ ИНТЕНСИФИКАЦИИ СУШКИ МАКАРОННЫХ ИЗДЕЛИЙ**

Петриченко С.В., Паляничка Н.А., Алексеенко В.А.

***Аннотация*** – работа посвящена обоснованию способа интенсификации процесса сушки макаронных изделий за счет снижения в объекте энергии связи влаги с составными компонентами теста путем предварительной термообработки.

### **METHOD FOR IMPROVED DRYING PASTA**

S. Petrychenko, N. Palyanichka, W. Oleksienko

#### ***Summary***

**Work is sanctified to the justification of the method of intensification of process of drying pasta by reducing the moisture in the object due to the energy integral components of the test by pre-heat treat.**