

УДК 641.528:635.82

**Наталія ОРЛОВА,
Наталія НЕСТЕРЕНКО,
Наталія КАМЕНЕВА**

ОПТИМІЗАЦІЯ ЯКОСТІ ШВИДКОЗАМОРОЖЕНИХ НАПІВФАБРИКАТІВ ІЗ КУЛЬТИВОВАНИХ ПЕЧЕРИЦЬ

Розроблено математичні моделі якості швидкозамороженого напівфабрикату із культивованих печериць. Визначено й обґрунтовано оптимальні концентрації та види природних згущувачів, що уможлиблює розв'язання проблеми стабілізації споживних властивостей напівфабрикату й отримання готового продукту високої якості.

Ключові слова: швидкозаморожені напівфабрикати, культивовані печериці, згущувачі, моделі якості.

Дефіцит білка в світі оцінюється в 15 млн т. Переважна частина припадає на країни, що розвиваються, та деякі країни СНД. Одне із рішень цієї проблеми – використання культивованих грибів, які містять понад 35 % білка (на суху речовину), всі незамінні амінокислоти, ненасичені жирні кислоти, вітаміни, макро- та мікроелементи. Гриби цінуються як дієтичний низькокалорійний продукт із малим вмістом жирів, натрію і практично відсутністю нітратів і нітритів, а також використовуються як цінна сировина для виробництва лікувально-профілактичних і лікарських речовин із широким спектром дії. Саме тому прискорений розвиток грибівництва – один із ефективних шляхів розширення асортименту біологічно цінних продуктів харчування, одержання нових лікарських засобів, зменшення забруднення навколишнього середовища за рахунок утилізації різноманітних відходів [1].

Протягом останніх років в Україні спостерігається інтенсивний розвиток промислового виробництва штучно культивованих грибів, проте лише 20 % надходить на переробку. Через низьку лежкоздатність грибів у свіжому вигляді втрати їх у процесі товароруку становлять майже 47 %, що свідчить про нагальну потребу своєчасної переробки [2].

Одним із перспективних способів перероблення грибів є заморожування, яке дає змогу максимально зберегти їх споживні властивості,

суттєво знизити втрати та задовольнити попит населення на продукти, найбільш готові до споживання.

Дослідження пробних партій культивованих грибів показало, що звичайний спосіб заморожування не забезпечує високої якості готового продукту [3; 4]. Після розморожування значно погіршується зовнішній вигляд грибів, внаслідок високої активності оксидоредуктаз вони темнішають, мають невиражений запах, досить слабку консистенцію, спостерігається надмірне вологовиділення із втратою цінних поживних і біологічно активних речовин. Це обумовлено глибокими структурно-колоїдними та біохімічними змінами в тканинах грибів під дією низьких температур. Саме тому актуальною є проблема стабілізації споживних властивостей заморожених напівфабрикатів із культивованих грибів обробкою їх полісахаридами природного походження.

Метою роботи є розроблення моделей якості швидкозаморожених культивованих печериць залежно від попередньої обробки сировини та видів і концентрацій природних згущувачів.

Об'єкт дослідження – швидкозаморожені напівфабрикати із культивованих печериць.

Експериментальне визначення оптимального виду та концентрації природних згущувачів потребує тривалого часу й значних матеріальних затрат. Найбільш ефективним для розроблення математичних моделей є метод регресійного аналізу, який дає змогу значно скоротити кількість досліджень, що встановлюють пряму залежність одних ознак від інших [5].

Центральним поняттям регресійного аналізу є стохастичний зв'язок випадкових величин, який полягає в тому, що інформація про одну із випадкових величин впливає на параметри розподілу іншої величини, на відміну від функціональної залежності, яка передбачає чітку визначеність [6; 7].

Математичну обробку експериментальних даних проведено за програмним забезпеченням *STAT-SENS* [8].

Для отримання швидкозамороженого напівфабрикату свіжі культивовані печериці очищували від сміття, землі, інших сторонніх домішок і одночасно інспектували за якістю, видаляючи червиві, м'яті, зів'ялі гриби; мили холодною проточною водою; видаляли залишки вологи; шапки звільняли від шкірочки. Частину грибів заморожували без попереднього бланшування (варіанти досліду № 1–9), іншу – бланшували (варіанти досліду № 10–18) у гарячій (90 °C), або киплячій воді з додаванням лимонної кислоти (0.1 %) протягом 1 хв. Після цього гриби охолоджували під холодною проточною водою, видаляли залишки вологи, розділяли на анатомічні частини. Шапки нарізали поперечно часточками товщиною 2–3 мм, ніжки – подрібнювали на кубики розмірами граней 4–5 мм. До підготовлених грибів додавали

природні згущувачі (карагінан, камедь ксантанову, гуарову та ламідан) у різних концентраціях (табл. 1). Згущувачі ретельно перемішували для їх рівномірного розподілу по всій масі грибів. Після цього гриби фасували в разову полімерну тару згідно з ДСТУ 4260–2003 [9].

Упакований напівфабрикат витримували протягом 1 год при температурі $18 \pm 2^\circ\text{C}$ для набухання полісахаридів. Напівфабрикат заморожували в герметичній споживчій тарі місткістю 250 г у морозильних апаратах (Атлант ММ 164) при температурі $-27 \pm 2^\circ\text{C}$.

Контрольними зразками слугували печериці без додавання згущувачів – варіанти № 1 (без бланшування) та № 10 (з бланшуванням).

Таблиця 1

Варіанти досліджуваних концентрацій природних згущувачів, %

Номер варіанта досліджу	Концентрація згущувачів *				
	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5
1	0	0	0	0	0
2	0.1	0	0	0	0
3	0.2	0	0	0	0
4	0	0.2	0	0	0
5	0	0	0.1	0	0
6	0	0	0	0.1	0
7	0	0.2	0.1	0.1	0
8	0	0.2	0	0.1	0
9	0	0.2	0.1	0	0
10	0	0	0	0	1
11	0.1	0	0	0	1
12	0.2	0	0	0	1
13	0	0.2	0	0	1
14	0	0	0.1	0	1
15	0	0	0	0.1	1
16	0	0.2	0.1	0.1	1
17	0	0.2	0	0.1	1
18	0	0.2	0.1	0	1

Примітка. * x_1 – карагінан; x_2 – камедь ксантанова; x_3 – камедь гуарова; x_4 – ламідан; x_5 – без бланшування (0); з бланшуванням (1).

Критеріями для вибору оптимальної концентрації та виду згущувача були органолептичні властивості швидкозамороженого напівфабрикату із культивованих печериць, втрати маси під час бланшування і в процесі заморожування, масова частка вологи в грибах і вологозатримувальна здатність при розморожуванні.

На першому етапі дослідження проведено органолептичну оцінку якості швидкозаморожених культивованих печериць після їх розморожування. Комплексний показник якості (КПЯ) швидкозаморожених печериць дослідних і контрольних зразків розраховано на основі розробленої 5-бальної оцінки з урахуванням коефіцієнтів вагомості (табл. 2) [10].

Отримані результати переведено в безрозмірний вигляд за формулою [11]:

$$p_i = \frac{(P_i - P_{i_{\text{бр}}})}{(P_{i_e} - P_{i_{\text{бр}}})},$$

де P_i – показник якості в натуральному вираженні, бал;

$P_{i_{\text{бр}}}$ (бракувальне) – найгірше допустиме значення показника;

P_{i_e} (еталонне) – найкраще можливе значення показника.

За еталонне значення для всіх показників прийнято оцінку 5 балів, а за бракувальне – 2 бали.

Результати дослідження (див. *табл. 2*) свідчать, що напівфабрикати із культивованих печериць варіанта № 16 мають найвищий комплексний показник якості порівняно з іншими. Найнижчий КПЯ отримали варіанти № 1 (контроль без бланшування) та № 10 (контроль із бланшуванням) – 0.63 та 0.69 відповідно.

Для моделювання залежності якості напівфабрикату із культивованих грибів від виду та концентрації згущувача досліджено фізико-хімічні показники, які мають суттєве значення для формування споживних властивостей швидкозаморожених грибних напівфабрикатів (*табл. 3*).

Таблиця 3

Зміни масової частки вологи, втрати маси печериць у процесі заморожування залежно від попередньої обробки, %

Номер варіанта досліджу	Втрати маси під час		Масова частка вологи	Вологозатримувальна здатність
	бланшування	заморожування		
1	–	0.212	88.7	66.54
2	–	0.209	88.9	67.05
3	–	0.197	89.1	68.29
4	–	0.169	89.8	80.14
5	–	0.173	89.9	76.57
6	–	0.170	90.1	75.10
7	–	0.192	89.0	83.64
8	–	0.132	88.9	82.58
9	–	0.153	89.0	81.76
10	13.60	0.163	90.2	68.62
11	11.70	0.150	89.9	70.11
12	10.82	0.143	90.1	70.06
13	9.81	0.110	90.2	85.44
14	9.71	0.121	90.8	87.74
15	9.02	0.117	90.6	83.67
16	5.06	0.078	90.9	92.44
17	8.79	0.091	89.8	89.52
18	8.08	0.085	90.2	87.84

У результаті аналізу отриманих експериментальних даних створено математичні описи показників ($y_1 - y_5$):

- 1) комплексного показника якості (y_1):

$$y_1 = + 0.64598 + 0.38409x_1 + 0.76837x_2 + 1.1117x_3 + 1.3367x_4 + 0.046364x_5 -$$

$$- 0.11818x_1x_5 - 5.5417x_2x_3 - 7.2917x_2x_4 + 0.071591x_2x_5 + 3.5x_3x_4 + 0.29318x_3x_5 +$$

$$+ 0.24318x_4x_5;$$
- 2) втрати маси під час бланшування (y_2):

$$y_2 = +12.661 - 9.2882x_1 - 9.4534x_2 - 28.402x_3 - 28.302x_4;$$
- 3) втрата маси під час заморожування (y_3):

$$y_3 = + 0.20748 - 0.038864x_1 - 0.21432x_2 - 0.27364x_3 - 0.37364x_4 - 0.039455x_5 -$$

$$- 0.097273x_1x_5 + 1.0125x_2x_3 + 0.8125x_2x_4 - 0.053864x_2x_5 + 4.4x_3x_4 - 0.26773x_3x_5 -$$

$$- 0.13773x_4x_5;$$
- 4) масової частки вологи (y_4):

$$y_4 = + 89.033 - 6.4225 \cdot 10^{-8}x_1 + 2.9583x_2 + 6.7917x_3 + 8.5417x_4 + 0.75x_5 + 1.5x_1x_5 -$$

$$- 67.083x_2x_3 - 79.583x_2x_4 + 3.4205 \cdot 10^{-9}x_2x_5 + 100x_3x_4 + 5.25x_3x_5 + 1.75x_4x_5;$$
- 5) вологозатримувальної здатності (y_5):

$$y_5 = + 65.132 + 16.47x_1 + 79.577x_2 + 126.43x_3 + 103.08x_4 + 5.0318x_5 - 16.991x_1x_5 -$$

$$- 624.88x_2x_3 - 423.88x_2x_4 - 7.7295x_2x_5 - 2x_3x_4 + 37.291x_3x_5 + 28.591x_4x_5.$$

Похибка розроблення математичних описів № 1, 3, 4, 5 не перевищує 2.0822 %, № 2 – 2.7273 %.

Експериментальні та розрахункові значення показників якості швидкозаморожених напівфабрикатів із культивованих печериць представлено на *рис. 1*.

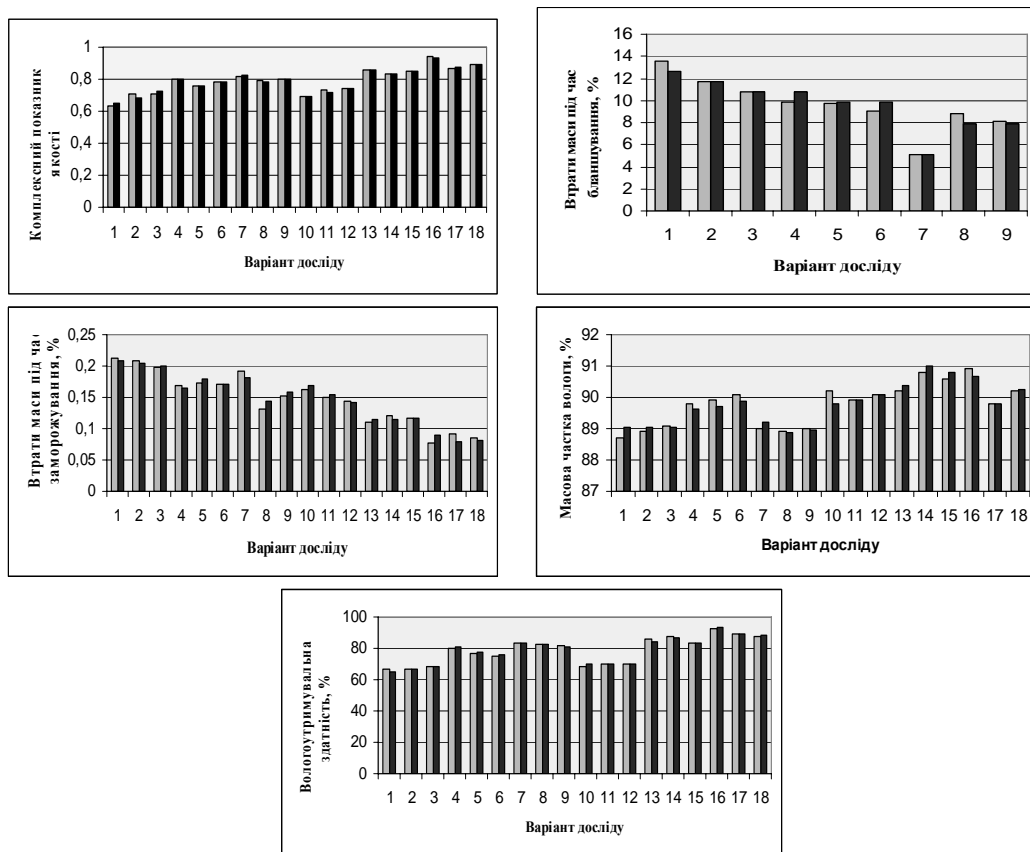


Рис. 1. Значення показників якості швидкозаморожених напівфабрикатів із культивованих печериць визначено:

■ – експериментально; ■ – розрахунковим методом

Отримані математичні моделі адекватно описують експериментальні дані й можуть використовуватися для пошуку оптимальних режимів попередньої обробки печериць перед заморожуванням та видів і концентрації згущувачів.

Аналіз експериментальних і розрахункових значень показників якості швидкозаморожених напівфабрикатів із культивованих печериць дає можливість зробити висновок, що напівфабрикати без попереднього бланшування мають значно гірші органолептичні та фізико-хімічні показники порівняно з бланшованими напівфабрикатами. Ось чому встановлення раціональних концентрацій різних видів згущувачів методом багатокритеріальної оптимізації проводилося тільки за умов бланшування (рис. 2).

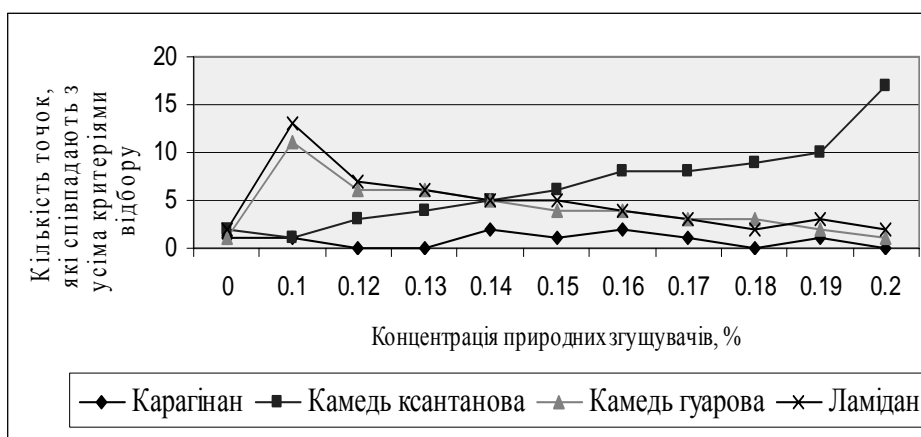


Рис. 2. Багатокритеріальна оптимізація видів природних згущувачів

Отже, за результатами багатокритеріальної оптимізації та проведених дегустацій швидкозамороженого напівфабрикату з культивованих печериць встановлено оптимальні види та раціональні концентрації природних згущувачів: камедь ксантанова – 0,2 % та камедь гуарова й ламідан – по 0,1 %. Цей продукт після розморожування відрізняється значно вищою вологоутримувальною здатністю, ніж зразки відомих аналогів, а також привабливим зовнішнім виглядом, натуральним світло-коричневим забарвленням, пружною консистенцією, добре вираженим грибним ароматом і гармонійним смаком, які не змінюються протягом низькотемпературного зберігання.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Дятлов В. В. Качество и безвредность шампиньонов при хранении / В. В. Дятлов, Н. А. Попова, И. И. Медведкова // Товарознавчий вісник. — 2011. — № 3. — С. 95—103.
2. Департамент аналітики ООО "Маркетинговая компания "Синергия". Тихая охота // Продукты питания. Food UA. — 2011. — № 1. — С. 58—65.

3. *Замораживание* продуктов. — Режим доступа : <http://www.icescom.kiev.ua/index.php>.
4. *Шампиньоны*. — Режим доступа : <http://www.morozim.ru/fieldmushroom.html/>.
5. Корхін А. С. Розробка методів регресійного аналізу, що використовують апріорну інформацію у вигляді обмежень на параметри : автор. дис. на здобуття наук. ступеня доктора фіз.-мат. наук : 01.05.01 / А. С. Корхін. — К., 2006. — 32 с.
6. *Справочник по прикладной статистике* ; под. ред. Э. Ллойда, У. Ледермана. — М. : Финансы и статистика, 1990. — Т. 2. — 528 с.
7. *Гардинер К. В. Стохастические методы в естественных науках* : пер. с англ. / К. В. Гардинер. — М. : Мир, 1986. — 534 с.
8. *Статюха Г. О. Розробка комп'ютерної системи підготовки та обробки даних у межах застосування експериментально-статистичної методології для хіміко-технологічних систем* / Г. О. Статюха, А. Г. Петрань // Наукові Вісті НТУУ "КПІ". — 2000. — № 1. — С. 100—106.
9. Тара і пакування спожиткові. Маркування. Загальні вимоги : ДСТУ 4260–2003. — [Чинний від 2007—01—01]. — К. : Держстандарт України, 2003. — 24 с.
10. Орлова Н. Я. Якість заморожених печериць на ринку України / Н. Я. Орлова, Н. А. Нестеренко // Товарознавство і торговельне підприємництво: дослідження, інновації, освіта : матеріали міжнар. наук.-практ. конф. (6–7 квіт. 2011 р.). — К. : Київ. нац. торг.-екон. ун-т., 2011. — С. 76—78.
11. Орлова Н. Я. Заморожені плодоовочеві продукти: проблеми формування асортименту / Н. Я. Орлова, С. О. Белінська. — К. : Київ. нац. торг.-екон. ун-т., 2005. — 336 с.

Стаття надійшла до редакції 23.02.2012.

Орлова Н., Нестеренко Н., Каменева Н. Оптимизация качества быстрозамороженных полуфабрикатов из культивируемых шампиньонов. Разработаны математические модели качества быстрозамороженных полуфабрикатов из культивируемых шампиньонов. Определены и обоснованы оптимальные концентрации и виды природных загустителей, что позволило решить проблему стабилизации потребительских свойств полуфабриката и получения готового продукта с высокими потребительскими свойствами.

Ключевые слова: быстрозамороженные полуфабрикаты, культивируемые шампиньоны, загустители, модели качества.

Orlova N., Nesterenko N., Kameneva N. Optimization of the quality of frozen semi-finished products from cultivated mushrooms. The mathematical model of the quality of frozen semi-finished products from cultivated mushrooms has been worked out. Optimal concentrations and types of natural thickeners have been determined and proved, which solved the problem of stabilization of consumer properties of semi-finished product and the finished product with high consumer properties.

Key words: quick-frozen semi-products, cultivated mushrooms, thickeners, quality models.