

**УДК 641.528:635.82**

**Орлова Н.Я., Нестеренко Н.А.**

**МОДЕЛІ ЯКОСТІ ШВИДКОЗАМОРОЖЕНИХ НАПІВФАБРИКАТІВ ІЗ  
КУЛЬТИВОВАНИХ ПЕЧЕРИЦЬ КОРИЧНЕВОЇ РАСИ**

*Київський національний торговельно-економічний університет*

*Київ, Кіото 19, 02156*

**UDC 641.528:635.82**

**Orlova N.Y., Nesterenko N.A.**

**MODELS QUALITY OF FROZEN SEMI – FINISHED PRODUCTS  
FROM CULTIVATED MUSHROOMS BROWN RACES**

*Kyiv National University of Trade and Economics*

*Kyiv, Kyoto 19, 02156*

*Проаналізовано розроблені математичні моделі якості швидкозамороженого напівфабрикату із культивованих печериць коричневої раси. На основі розроблених моделей методом багатокритеріальної оптимізації визначено й обґрунтовано оптимальні концентрації та види природних згушувачів, що дозволило розв'язати проблему стабілізації споживних властивостей грибного напівфабрикату.*

*Ключові слова: печериці коричневої раси, штам, раса, природні згушувачі, моделі якості.*

*Analysis of mathematical models of the quality of the frozen semi – finished products from cultivated mushrooms brown race. Based on models developed by multiobjective optimization defined and reasonably optimal concentrations and types of natural thickeners, thereby solve the problem of stabilizing consumer properties mushroom semis.*

*Key words: mushrooms brown race, strain, race, natural thickeners, quality models.*

Гриби є одним з найперспективніших продуктів харчування майбутнього, промислове виробництво яких інтенсивно зростає. В останні десятиріччя переконливо доведена висока біологічна цінність грибів, які є альтернативним джерелом білка та протеїнів для повноцінного харчового раціону людини, великої кількості мінеральних речовин, вітамінів і ферментів, які прискорюють розщеплення білків, жирів та вуглеводів, що сприяє кращому засвоюванню їжі.

Слід відмітити, що гриби відрізняються не тільки високою харчовою цінністю, але й здатністю синтезувати біологічно активні речовини, які володіють протипухлинними, противірусними, протиалергійними та іншими лікувальними властивостями. У плодових тілах печериці також містяться речовини, що знижують рівень холестерину в крові приблизно на 30 % та сповільнюють розвиток атеросклерозу [1, 2, 3].

Протягом останніх років в Україні спостерігається інтенсивний розвиток промислового виробництва штучно культивованих грибів та щорічне зростання попиту: в 2000 р. він становив лише 0,2 кг на людину в рік, а у 2010 р. - вже 1,5 кг [4]. Проте, у зв'язку з тим, що гриби являють собою «живі» організми, в яких під час зберігання активно протікають біохімічні процеси, насамперед, дихання та ферментативні гідролітичні процеси, вони швидко перезрівають, погіршується зовнішній вигляд, втрачається тургор тканин. Внаслідок глибоких гідролітичних процесів зменшується кількість білка, полісахаридів тощо, знижується поживна цінність грибів. Через низьку лежкоздатність грибів у свіжому вигляді втрати продукції в процесі товароруку складають близько 47 %. З метою безвідходного виробництва цих грибів і розширення асортименту грибної продукції широко застосовують різні способи їхньої переробки, одним із найефективніших та перспективних є заморожування [5].

Дослідження пробних партій продукції показало, що звичайний спосіб заморожування культивованих печериць не забезпечує високої якості готового продукту [4]. Після розморожування значно погіршується зовнішній вигляд

грибів, плодові тіла мають не виражений запах, розслаблену консистенцію після розморожування, спостерігається надмірне вологовиділення, що супроводжується втратою цінних поживних і біологічно активних речовин. Це обумовлено глибокими структурно-колоїдними та біохімічними змінами в тканинах грибів під дією низьких від'ємних температур в процесі заморожування та подальшого низькотемпературного зберігання. Вирішення проблеми стабілізації споживних властивостей швидкозаморожених напівфабрикатів із культивованих печериць (зовнішнього вигляду, вологоутримувальної здатності, консистенції, тощо) є актуальною, та вимагає пошуку ефективних способів попередньої обробки грибної сировини перед заморожуванням.

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

Об'єкт дослідження – швидкозаморожені напівфабрикати із культивованих печериць коричневої раси штаму № 117 із закритою шляпкою.

Як показали дослідження С.А. Айвазяна, А.Я. Дороговцева, Ю.М. Ермольєва, О.В. Іванова, О.Г. Іваненко та інших, найбільш ефективним для розроблення математичних моделей є використання методу регресійного аналізу, який не з'ясовує чи істотний зв'язок, а займається пошуком моделі цього зв'язку, вираженої у функції регресії та дозволяє значно скоротити кількість досліджень, які встановлюють пряму залежність одних ознак від інших [6, 7].

Математичну обробку експериментальних даних проводили з використанням відповідного програмного забезпечення (STAT-SENS) [8].

З метою поліпшення споживних властивостей культивованих печериць, а саме, зовнішнього вигляду, кольору, вологоутримувальної здатності, консистенції, збереження харчової цінності нами було здійснено обробку печериць перед заморожуванням полісахаридами природного походження з різними концентраціями.

Для отримання швидкозамороженого напівфабрикату свіжі культивовані печериці коричневої раси очищали від сміття, землі, інших сторонніх домішок і одночасно інспектували за якістю, видаляючи червиві, м'яті, в'ялі гриби; мили холодною проточною водою до повного звільнення від забруднення; видаляли залишки вологи, шапки звільняли від шкірки. Половину дослідних варіантів грибів заморожували без попереднього бланшування (варіант досліді № 1 – 9), іншу - піддавали бланшуванню (варіант досліді № 10 – 18) у гарячій ( 90 °С ), або киплячій воді з додаванням лимонної кислоти (0,1 %) протягом 1 хвилини. Після цього гриби швидко охолоджували під холодною проточною водою, видаляли залишки вологи, розділяли на анатомічні частини: шапки нарізали поперечно з товщиною часточок 2...3 мм, ніжки – подрібнювали на кубики з розмірами граней 4...5 мм. До підготовлених в такий спосіб 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 у разову полімерну тару згідно з ДСТУ 4260 – 2003 [9].

Герметично упакований напівфабрикат витримували протягом 1 години при температурі  $18^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ , для набухання полісахаридів, заморожували у морозильних апаратах при температурі мінус  $27^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ .

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

**Таблиця 1**

**Варіанти досліджуваних концентрацій природних згущувачів, %**

Номер варіанту 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 і виду згущувача були органолептичні властивості швидкозамороженого напівфабрикату із культивованих печериць коричневої раси, втрати маси під час бланшування і в процесі заморожування, масова частка вологи в грибах та вологоутримувальна здатність під час розморожування.

На першому етапі дослідження було проведено органолептичну оцінку якості швидкозаморожених культивованих печериць коричневої раси після їх розморожування.

На основі результатів дослідження органолептичних показників якості дослідних і контрольних зразків (без згущувачів) грибних напівфабрикатів розраховано комплексний показник якості за розробленою нами 5 - бальною шкалою, з урахуванням коефіцієнтів вагомості (табл. 2).

Відносний показник якості знайдено за формулою (1):

$$p_i = \frac{(P_i - P_{i_{\text{бр}}})}{(P_{i_e} - P_{i_{\text{бр}}})}, \quad (1)$$

де  $P_i$  – показник якості в натуральному вираженні, балл;

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

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

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

Таблиця 2

**Комплексна оцінка якості швидкозаморожених печериць коричневої раси за органолептичними показниками  
залежно від попередньої обробки та концентрації згущувачів**

Варіанти досліджу	Зовнішній вигляд		Колір		Смак		Запах		Консистенція		КПЯ
	<i>Pi, бали</i>	<i>pi</i>	<i>Pi, бали</i>	<i>pi</i>	<i>Pi, бали</i>	<i>pi</i>	<i>Pi, бали</i>	<i>pi</i>	<i>Pi, бали</i>	<i>pi</i>	
без бланшування											
1	3,7	0,56	3,5	0,50	3,9	0,63	4,5	0,83	3,6	0,53	0,59
2	4,0	0,66	3,7	0,56	4,0	0,66	4,7	0,90	3,8	0,60	0,66
3	4,0	0,66	3,9	0,63	4,0	0,66	4,7	0,90	4,0	0,66	0,69
4	4,2	0,73	4,1	0,70	4,3	0,76	4,8	0,93	4,1	0,70	0,75
5	4,2	0,73	4,0	0,66	4,3	0,76	4,5	0,83	4,2	0,73	0,74
6	4,3	0,76	4,0	0,66	4,5	0,83	4,6	0,86	4,1	0,70	0,76
7	4,5	0,83	4,3	0,76	4,5	0,83	4,9	0,97	4,3	0,76	0,82
8	4,2	0,73	4,2	0,73	4,4	0,80	4,8	0,93	4,2	0,73	0,77
9	4,3	0,76	4,2	0,73	4,5	0,83	4,7	0,90	4,2	0,73	0,78
з бланшуванням											
10	3,9	0,63	3,6	0,53	4,0	0,66	4,6	0,86	3,8	0,60	0,64
11	4,2	0,73	3,8	0,60	4,2	0,73	4,8	0,93	4,0	0,66	0,72
12	4,2	0,73	3,8	0,60	4,3	0,76	4,8	0,93	4,2	0,73	0,74
13	4,4	0,80	4,3	0,76	4,4	0,80	4,9	0,97	4,3	0,76	0,81
14	4,5	0,83	4,3	0,76	4,4	0,80	4,7	0,90	4,4	0,80	0,82
15	4,4	0,80	4,4	0,80	4,6	0,86	4,8	0,93	4,4	0,80	0,83
16	4,6	0,86	4,7	0,90	4,7	0,90	4,9	0,97	4,7	0,90	0,90
17	4,5	0,83	4,4	0,80	4,7	0,90	4,8	0,93	4,5	0,83	0,85
18	4,5	0,83	4,5	0,83	4,6	0,86	4,7	0,90	4,6	0,86	0,85
Коефіцієнт вагомості		0,25		0,20		0,15		0,15		0,25	

Дані табл. 2 свідчать, що швидкозаморожений грибний напівфабрикат дослідного варіанту № 16 ( камедь ксантанова 0,2 %, камедь гуарова 0,1 %, ламідан 0,1 %) має найвищий комплексний показник якості (0,90) порівняно з іншими варіантами. Найнижчий комплексний показник якості отримали дослідні варіанти № 1 (контроль без бланшування) та № 10 (контроль з бланшуванням) 0,59 та 0,64 відповідно.

Для моделювання залежності якості швидкозамороженого напівфабрикату із культивованих печериць коричневої раси від виду та концентрації згущувача нами було досліджено найвагоміші фізико-хімічні показники: втрати маси під час бланшування та в процесі заморожування, масова частка вологи та вологоутримувальна здатність (табл. 3).

**Таблиця 3**

**Зміни масової частки вологи, втрати маси печериць коричневої раси в процесі заморожування залежно від попередньої обробки, %**

Номер варіанту досліджу	Втрати маси під час		Масова частка вологи	Вологоутримувальна здатність
	бланшування	заморожування		
1	–	0,245	89,0	63,0
2	–	0,231	89,2	66,92
3	–	0,216	89,2	68,03
4	–	0,179	89,8	81,07
5	–	0,182	90,0	76,49
6	–	0,181	90,1	75,10
7	–	0,185	90,1	81,50
8	–	0,144	88,9	83,60
9	–	0,160	90,1	81,70
10	13,75	0,171	90,0	66,74
11	11,79	0,150	90,3	69,77
12	10,94	0,154	90,2	69,92
13	10,06	0,123	90,2	85,50
14	9,88	0,127	90,3	87,31
15	8,95	0,124	90,4	83,60
16	5,74	0,084	90,6	91,90
17	9,06	0,100	90,2	86,60
18	8,55	0,084	90,1	86,79



Відповідно до одержаного масиву експериментальних даних було розраховано математичні описи показників ( $y_1 - y_5$ ), які мають наступний вигляд:

1) математична модель комплексного показника якості ( $y_1$ ):

$$y_1 = + 0,59402 + 0,51591 \cdot x_1 + 0,78163 \cdot x_2 + 1,5008 \cdot x_3 + 1,6508 \cdot x_4 + 0,058636 \cdot x_5 - 0,031818 \cdot x_1 \cdot x_5 - 6,0833 \cdot x_2 \cdot x_3 - 7,0833 \cdot x_2 \cdot x_4 + 0,0034091 \cdot x_2 \cdot x_5 + 1,5 \cdot x_3 \cdot x_4 + 0,13182 \cdot x_3 \cdot x_5 + 0,13182 \cdot x_4 \cdot x_5$$

2) математична модель за показником втрати маси під час бланшування ( $y_2$ ):

$$y_2 = + 12,66 - 8,6227 \cdot x_1 - 8,0261 \cdot x_2 - 25,977 \cdot x_3 - 28,077 \cdot x_4$$

3) математична модель за показником втрати маси під час заморожування ( $y_3$ ):

$$y_3 = + 0,23498 - 0,083864 \cdot x_1 - 0,27244 \cdot x_2 - 0,42614 \cdot x_3 - 0,52114 \cdot x_4 - 0,057955 \cdot x_5 - 0,062273 \cdot x_1 \cdot x_5 + 1,125 \cdot x_2 \cdot x_3 + 1,225 \cdot x_2 \cdot x_4 - 0,0051136 \cdot x_2 \cdot x_5 + 4,15 \cdot x_3 \cdot x_4 - 0,17773 \cdot x_3 \cdot x_5 - 0,027727 \cdot x_4 \cdot x_5$$

4) математична модель за показником масова частка вологи ( $y_4$ ):

$$y_4 = + 89,211 - 0,068182 \cdot x_1 + 2,1591 \cdot x_2 + 8,4432 \cdot x_3 + 6,1932 \cdot x_4 + 0,67727 \cdot x_5 + 2,1364 \cdot x_1 \cdot x_5 - 25 \cdot x_2 \cdot x_3 - 57,5 \cdot x_2 \cdot x_4 + 0,18182 \cdot x_2 \cdot x_5 + 70 \cdot x_3 \cdot x_4 - 4,8864 \cdot x_3 \cdot x_5 + 1,6136 \cdot x_4 \cdot x_5$$

5) математична модель за показником вологоутримувальна здатність ( $y_5$ ):

$$y_5 = + 62,804 + 29,136 \cdot x_1 + 97,536 \cdot x_2 + 141,13 \cdot x_3 + 126,66 \cdot x_4 + 5,0805 \cdot x_5 - 17,223 \cdot x_1 \cdot x_5 - 779,79 \cdot x_2 \cdot x_3 - 609,54 \cdot x_2 \cdot x_4 - 15,664 \cdot x_2 \cdot x_5 + 64 \cdot x_3 \cdot x_4 + 48,848 \cdot x_3 \cdot x_5 + 26,798 \cdot x_4 \cdot x_5$$

Похибка розроблення математичних описів № 1, 3, 4, 5 не перевищує 2, 0833 %, для опису № 2 – 2, 7273 %.

Отримані математичні моделі адекватно описують експериментальні дані і можуть бути використані для пошуку оптимальних режимів попередньої обробки печериць коричневої раси перед заморожуванням.

Експериментальні та розрахункові значення показників якості швидкозаморожених напівфабрикатів із культивованих печериць коричневої раси представлені на рис. 1.

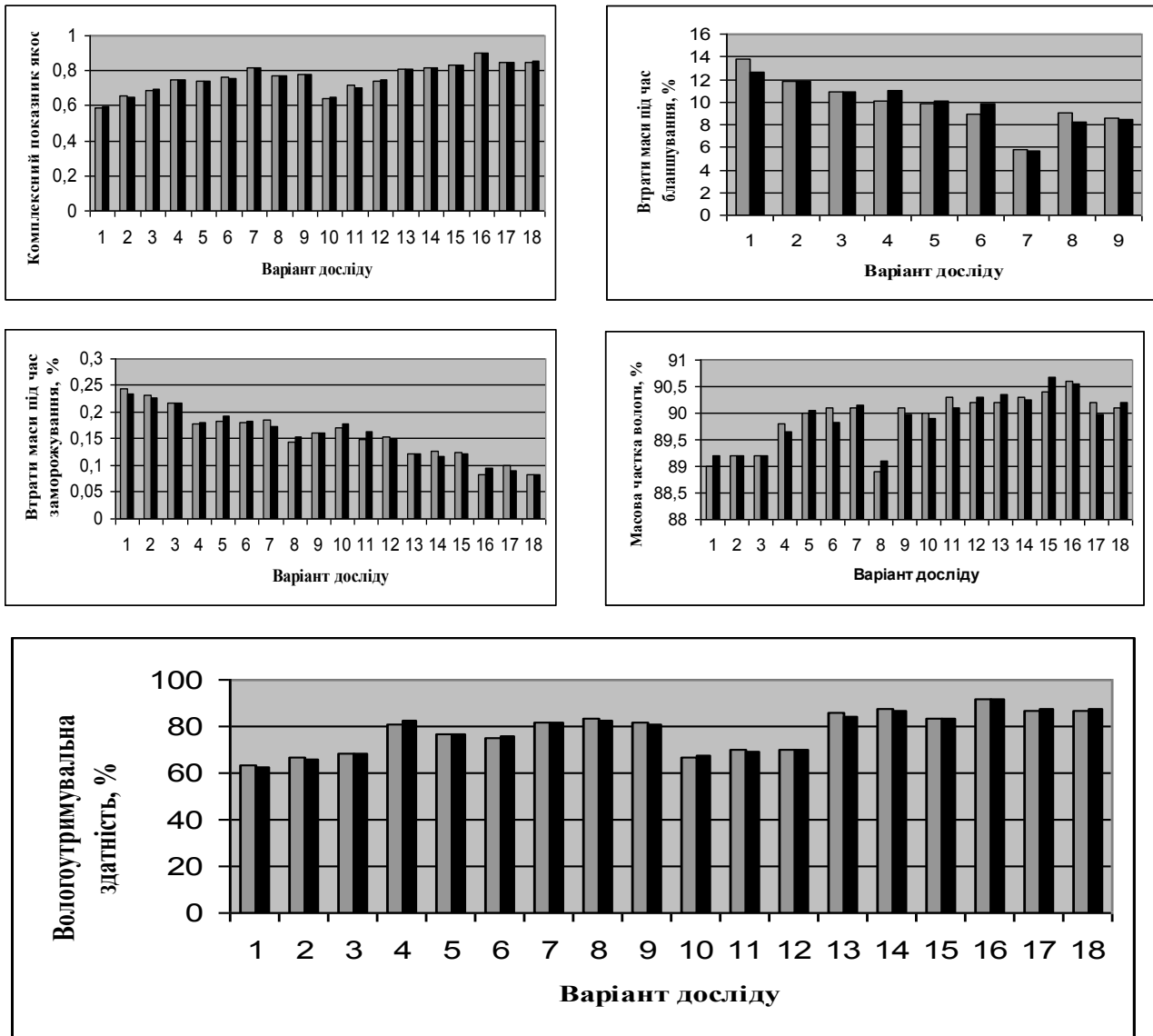


Рис. 1. Значення показників швидкозаморожених напівфабрикатів із культивованих печериць коричневої раси визначено:

■ – експериментально; ■ – розрахунковим методом

Аналіз експериментальних та розрахункових значень показників швидкозаморожених напівфабрикатів із культивованих печериць коричневої раси дає можливість зробити висновок, що напівфабрикати без попереднього бланшування мають значно гірші органолептичні та фізико - хімічні показники порівняно з напівфабрикатами, які були попередньо піддані бланшуванню. Тому, встановлення раціональних концентрацій різних видів загущувачів методом багатокритеріальної оптимізації проводилося тільки за умов бланшування (рис.2).

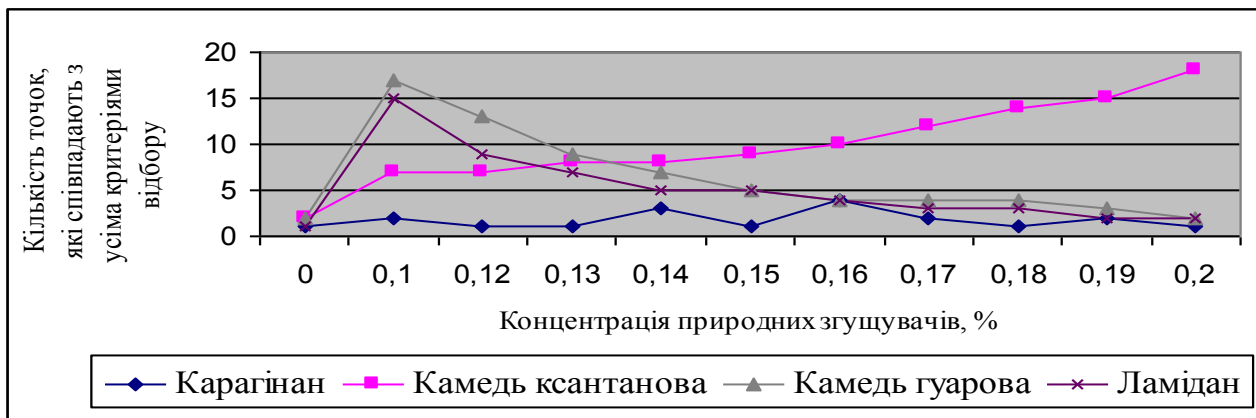


Рис.2. Багатокритеріальна оптимізація видів природних згущувачів

Отже, за даними багатокритеріальної оптимізації і низки проведених дегустацій, нами було встановлено оптимальні види та концентрації природних загущувачів, додавання яких дозволило отримати швидкозаморожений напівфабрикат із культивованих печериць коричневої раси високої якості. Щодо встановлення раціональних концентрацій різних видів загущувачів було отримано наступні результати: камедь ксантанова – 0,2 %, камедь гуарова – 0,1 % та ламідан – 0,1 %.

Експериментальними дослідженнями встановлено, що швидкозаморожений напівфабрикат із культивованих печериць коричневої раси, оброблений встановленими видами та концентраціями природних загущувачів, після розморожування відрізняється привабливим зовнішнім виглядом, натуральним світло-коричневим забарвленням, пружною консистенцією, добре вираженим приємним грибним запахом та гармонійним смаком, які зберігаються протягом низькотемпературного зберігання.

Швидкозаморожений напівфабрикат із культивованих печериць коричневої раси з сумішшю полісахаридів у процесі розморожування відрізняється значно вищою вологоутримувальною здатністю ніж зразки відомих аналогів.

## Література:

1. Департамент аналітики ООО "Маркетинговая компания "Синергия". Тихая охота // Продукты питания. Food UA. — 2011. — № 1. — С. 58—65.
2. Косяк О.А. Формування ринку грибів і продуктів їх переробки в Україні : автор. дис. ... кан. екон. наук / О. А. Косяк. — Київ, 2011. — 21 с.
3. Ринок грибів України. Поточна кон'юнктура та прогноз. — Режим доступу: <http://agroprom-ua.com/news/885/>
4. Шампиньоны. — Режим доступу : <http://www.morozim.ru/fieldmushroom.html/>.
5. Орлова Н. Я., Нестеренко Н. А. Якість заморожених печериць на ринку України / Н. Я. Орлова, Н. А. Нестеренко. Товарознавство і торговельне підприємництво: дослідження, інновації, освіта: Матеріали Міжнародної наук.-практ. конф. (6-7 квітня 2011 р.) – К.: Київ. нац. торг.-екон. ун-т. С. 76 – 78.
6. 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.
7. Гардинер К. В. Стохастические методы в естественных науках: перевод с английского / К. В. Гардинер. — М. : Мир, 1986. — 534 с.
8. Статюха Г. О., Петрань А. Г. 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. ДСТУ 4260-2003. Тара і пакування спожиткові. Маркування. Загальні вимоги. – К.: Держстандарт України, 2003. — 24 с.

## References:

1. Department analysts Ltd. "The marketing company" synergy. "Quiet hunt / / PRODUCTY nutrition. Food UA. - 2011. - № 1. - S. 58-65.

2. Kosyak OA Formation market mushrooms and their products in Ukraine: the author. dis. Can. Econ. Science / OA shoal. - Kyiv, 2011. - 21 p.
3. Market mushrooms Ukraine. Current conditions and forecast. - Mode of access: <http://agroprom-ua.com/news/885/>
4. Mushrooms. - Mode of access: <<http://www.morozim.ru/fieldmushroom.html/>>.
5. Orlova N. Y., N. Nesterenko quality frozen mushrooms in Ukraine / NY Orlov, N. Nesterenko. Commodity trade and entrepreneurship research, innovation, education: Proceedings of the International scientific-practical. conf. (6-7 April 2011) - K. Kyiv. nat. torh.-Econ. University. S. 76 - 78.
6. Korhin A. Development of methods for regression analysis using a priori information in the form of restrictions on the parameters: the author. dis. for a science. degree of Doctor of Sci. sciences: 01.05.01 / A. Korhin. - K., 2006. - 32.
7. Hardyner KV Stochastic methods in estestvennyh sciences: translation with anhlyyskoho / KV Hardyner. - Moscow: Mir, 1986. - 534 p.
8. Statyukha G., Petran AG Development of computer training and data processing within the application of experimental and statistical methodology for chemical process systems / G. Statyukha AG Petran // Scientific Bicti "KPI ". - 2000. - № 1. - S.100-106.
9. ISO 4260-2003. Packaging and packaging spozhytkovi. Markings. General requirements. - K.: State Standard of Ukraine, 2003. - 24 p.