

# МЕТОДОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ ТОВАРІВ

---

УДК 658.562:[641.528.6:635.356

**ЛЕВИЦЬКА Станіслава,**

аспірант кафедри товарознавства,  
управління безпечністю та якістю

Київського національного торговельно-економічного університету

**БЕЛІНСЬКА Світлана,**

д. т. н., професор, завідувач кафедри товарознавства,  
управління безпечністю та якістю

Київського національного торговельно-економічного університету

**МОРОЗ Олена,**

д. е. н., професор, завідувач кафедри підприємництва  
та фінансової діяльності

Вінницького національного технічного університету

## ПРОГНОЗУВАННЯ ЯКОСТІ ШВИДКОЗАМОРОЖЕНОЇ КАПУСТИ БРОКОЛІ

*Розроблено прогнозу модель якості швидкозамороженої капусти брокколі, попередньо витриману 20 хв у 3 %-му розчині кухонної солі залежно від найбільш впливових факторів – терміну зберігання ( $r = -0.84$ ), масової частки аскорбінової кислоти ( $r = 0.91$ ), кількісного вмісту ізотіоціанатів ( $r = 0.93$ ), загального вмісту  $a$ - і  $b$ -хлорофілу ( $r = 0.91$ ).*

*Ключові слова:* прогнозування, прогнозна модель, узагальнений показник, функція бажаності, швидкозаморожена капуста брокколі.

*Левицкая С., Белинская С., Мороз Е. Прогнозирование качества быстрозамороженной капусты брокколи. Разработана прогнозируемая модель качества быстрозамороженной капусты брокколи, предварительно выдержанной 20 мин в 3 %-м растворе поваренной соли в зависимости от наиболее влиятельных факто-*

ров – строка хранения ( $r = -0.84$ ), массовой доли аскорбиновой кислоты ( $r = 0.91$ ), количественного содержания изотиоцианатов ( $r = 0.93$ ), общего содержания *a*- и *b*-хлорофилла ( $r = 0.91$ ).

*Ключевые слова:* прогнозирование, прогнозируемая модель, обобщенный показатель, функция желательности, быстрозамороженная капуста брокколи.

**Постановка проблеми.** Автоматизація технологічних процесів та імовірність виникнення значних матеріальних витрат при прийнятті технічно чи економічно необґрунтованих рішень зумовлює необхідність розширення сфери застосування методів прогнозування в харчовій промисловості.

Найбільш поширеними методами, які використовуються для прогнозування якості продукції, є метод експертних оцінок, метод екстраполяції та методи моделювання. Критеріями вибору методу є: легкість застосування; доступність отримання фактичних даних; якість, достовірність, достатність отриманих даних; можливість інтерпретації; ймовірність отримання результатів і допустимість побудованого прогнозу у визначеному проміжку часу, для якого його здійснено.

Різні математичні методи застосовуються як при вивченні та оптимізації режимів і параметрів різних технологічних процесів, так і при визначенні окремих показників якості та термінів придатності готових продуктів [1–3]. Вітчизняними та зарубіжними дослідниками розроблено математичні моделі, що уможливають спрогнозувати зазначені напрями [4–9].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** О. В. Чернишова [4] математично описала залежність вмісту екстрактивних і дубильних речовин в екстрактах пряно-ароматичних рослин, що уможливило підібрати оптимальні режими процесу екстракції. К. Д. Ібрагимом [5] розроблено прогнозну модель виходу олії з плодів оливкового дерева, що дало змогу розрахувати вихід олії за вмістом ліпідів у сировині. М. Аамір, М. Овссіпур, С. Саблани, В. Раско [6] запропоновано кінетичні моделі термічної інактивації вірусних і бактеріальних патогенів, які використовують для оцінки змін якості, що відбуваються під час термічної обробки рослинної сировини. V. Mitrevski, С. Mitrevska, Т. Geramitcioski, V. Mijakovski [7] спрогнозували зміни якості плодово-овочевої продукції під час інфрачервоного вакуумного сушіння. В. Ling, J. Tang, F. Kong, E. J. Mitcham, S. Wang [8] досліджено зміни якості тропічних фруктів під час термічної обробки та розроблено прогнозну модель якості, яка описує кінетику зміни С-вітамінної цінності й дає змогу спрогнозувати термін зберігання фруктів. Модель якості, розроблена М. Giannakourou, Р. Таукіс [9], уможливує перевірку біологічної цінності швидкозамороженого шпинату, зелених бобів і гороху в ланцюзі заморожування.

При цьому якість, як об'єкт прогнозу, розглядається науковцями як замкнута система декількох підсистем (рис. 1) [4; 6; 8; 9].



Рис. 1. Системний підхід до прогнозування якості харчових продуктів

Наведене свідчить, що побудова прогнозних моделей якості передбачає ґрунтовне дослідження хімічного складу, встановлення зв'язків і залежностей між показниками якості й не може бути універсальною для різних видів харчових продуктів.

При використанні математично-статистичних методів формальна модель, яка базується на обраних змінних, обов'язково перевіряється на її адекватність. Оцінку точності прогнозу здійснюють для встановлення допустимої похибки. При невідповідності моделі виконують коригувальні дії [2; 3].

*Мета роботи* – розроблення прогнозної моделі якості швидкозамороженої капусти броколі.

**Матеріали та методи.** Об'єкт дослідження – швидкозаморожена капуста броколі (*ШЗКБ*) сорту *Партенон*: контроль та попередньо оброблена (дослід) – витримка 20 хв у 3 %-му розчинні кухонної солі.

Побудову прогнозної моделі та розрахунок статистичного критерію Фішера здійснено в середовищі *Excel*.

Збереженість споживних властивостей *ШЗКБ* упродовж заморожування та низькотемпературного зберігання встановлено за узагальненою функцією бажаності Харрінгтона. Споживні властивості капусти броколі визначено в середній пробі за органолептичними (зовнішній вигляд, смак, запах, забарвлення) та фізико-хімічними (вміст розчинних сухих речовин (РСР), аскорбінової кислоти (АК), ізотіоціанатів, *a*- і *b*-хлорофілу та втрати маси) показниками під час заморожування та впродовж низькотемпературного зберігання протягом 1, 3, 9 міс. у 2015–2017 рр.

Для побудови шкали бажаності (рис. 2) використано [10] готові розрахункові таблиці відповідності між параметрами переваги та їх числовими характеристиками [15].

Значення окремого відгуку, переведеного в безмірну шкалу бажаності позначено через:

$$du \ (u = 1, 2, \dots, n). \quad (1)$$

Вибір відміток 0.63 та 0.37 пояснюється зручністю обчислення:  $0.63 \sim 1 - 1/e$ ;  $0.37 \sim 1/e$  ( $e = 2.71828182$ ).

Для кожного значення матриці натуральних відгуків знаходили відповідну границю з матриці перетворених відгуків.

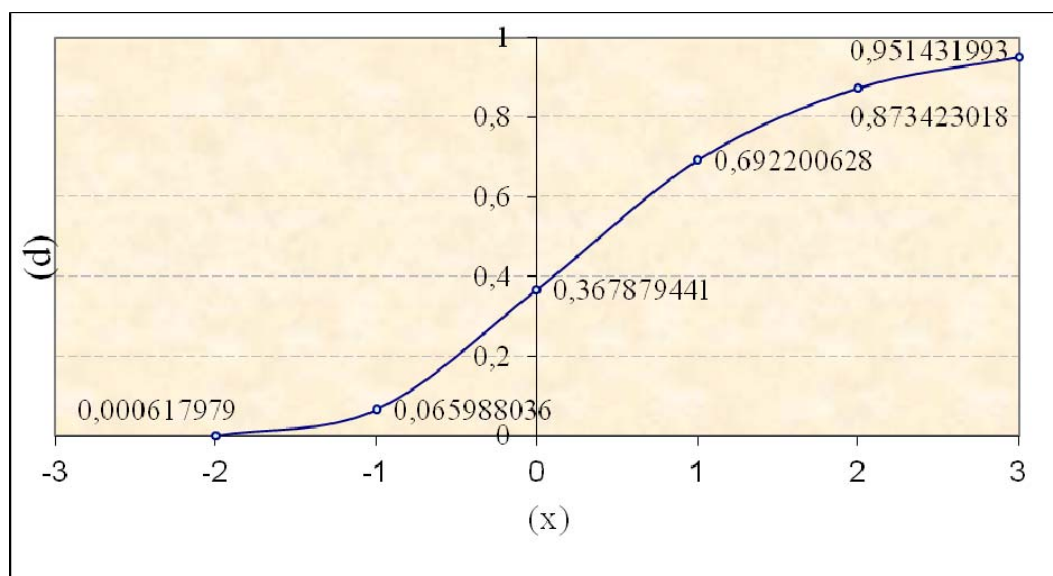


Рис. 2. Шкала бажаності Харрінгтона [10]

Лінійну інтерполяцію для знаходження значення відгуку за кодовою шкалою наведено в *табл. 1*.

Таблиця 1

#### Стандартні відмітки шкали бажаності

Бажаність	Відмітки на шкалі
Дуже добре	1.00–0.80
Добре	0.80–0.63
Задовільно	0.63–0.37
Погано	0.37–0.20
Дуже погано	0.20–0.00

Узагальнена функція бажаності задавалась як середнє геометричне окремих відгуків [10].

**Результати дослідження.** За розрахунками відповідних значень функцій бажаності отримано таблицю перетворених відгуків і даних за кодовою шкалою функції бажаності (*табл. 2*).

Таблиця 2

## Відгуки перетворення за шкалою бажаності для швидкозамороженої капусти броколі

Тривалість зберігання, міс.	Дегустаційна оцінка	Вміст				Втрати маси	Узагальнений відгук	Бажаність
		PCP	AK	ізотіоціанатів	<i>a</i> - і <i>b</i> -хлорофілу			
Дослід								
0*	0.782	0.678	0.928	0.067	0.743	0.324	0.817	Дуже добра
1	0.627	0.534	0.887	0.049	0.655	0.438	0.713	Добра
3	0.321	0.467	0.862	0.038	0.531	0.518	0.698	Добра
6	0.299	0.321	0.377	0.933	0.248	0.669	0.498	Задовільна
9	0.107	0.118	0.018	0.018	0.055	0.847	0.348	Погана
Контроль								
0*	0.827	0.698	0.789	0.843	0.723	0.327	0.773	Добра
1	0.474	0.497	0.523	0.607	0.498	0.438	0.495	Задовільна
3	0.253	0.563	0.341	0.369	0.387	0.517	0.321	Погана
6	0.148	0.291	0.198	0.137	0.268	0.663	0.196	Дуже погана
9	0.109	0.237	0.069	0.059	0.038	0.851	0.068	Дуже погана

\*свіжозаморожена капуста броколі.

Отримані дані свідчать, що за узагальненим відгуком свіжо-заморожена капуста броколі досліджуваного варіанта має дуже добру якість, контрольного – добру. Протягом 3-х місяців зберігання встановлено зниження рівня якості обох варіантів капусти, проте досліджуваний зразок має добру якість, а контрольний – задовільну (див. *табл. 2*). Саме тому для побудови прогнозової моделі якості швидкозамороженої капусти броколі обрано дані дослідного варіанта.

Для визначення найбільш впливових показників на якість швидкозамороженої капусти броколі використано метод прямого відбору (*Forward Selection*), згідно з яким із множини факторів обрано ті, що мають найбільшу кореляцію з показником (*табл. 3*).

Таблиця 3

**Коефіцієнти кореляції між показниками якості капусти броколі та узагальненим відгуком**

Показник	Коефіцієнт кореляції для досліджуваного зразка
Тривалість зберігання, міс.	-0.84
Дегустаційна оцінка, балів	0.28
Вміст розчинних сухих речовин, %	0.56
Вміст аскорбінової кислоти, мг/100 г	0.91
Кількісний вміст ізотіоціанатів, %	0.93
Загальний вміст <i>a</i> - і <i>b</i> -хлорофілу, мг/100 г	0.91
Втрати маси, %	0.48

Кореляційні залежності носять як обернений, так і прямий характер, тобто збільшення значення фактору викликає відповідне зменшення показника та навпаки. Найбільш суттєвими виявилися вплив тривалості зберігання, вмісту аскорбінової кислоти, кількісного вмісту ізотіоціанатів, загального вмісту *a*- і *b*-хлорофілу на значення цільової функції. Саме тому ці фактори обрано для розробки прогнозової моделі якості швидкозамороженої капусти броколі.

Найкращою для прогнозування змін якості *ШЗКБ* виявилася лінійна модель (*Linear fit*) з коефіцієнтом детермінації  $R^2 = 0.994$ . Рівняння регресії, яке використовується для прогнозування, має вигляд:

$$y = 417.9 - 1.14x_1 + 29.73x_2 + 0.73x_3 + 12.24x_4, \quad (2)$$

де  $y$  – якість швидкозамороженої капусти броколі;

$x_1$  – термін зберігання, міс.;

$x_2$  – масова частка аскорбінової кислоти, мг/100 г;

$x_3$  – кількісний вміст ізотіоціанатів, %;

$x_4$  – загальний вміст *a*- і *b*-хлорофілу, мг/100 г.

Для оцінювання адекватності отриманої моделі використано статистичний критерій Фішера, розрахункове значення якого становить  $F_{\text{розр}} = 58.934$ , табличне –  $F_{\text{табл}} = 5.591$ .

Оскільки  $F_{\text{розр}} > F_{\text{табл}}$ , то отримана лінійна модель (2) є адекватною і може ефективно використовуватися для прогнозування якості швидкозамороженої капусти броколі.

**Висновки.** Встановлено, що визначальними факторами впливу на якість швидкозамороженої капусти броколі впродовж низькотемпературного зберігання є тривалість зберігання, масова частка аскорбінової кислоти, кількісний вміст ізотіоціанатів і загальний вміст *a*- і *b*-хлорофілу.

Збереженість високого рівня якості швидкозамороженої капусти броколі впродовж тривалого низькотемпературного зберігання можливе за умови стабілізації наведених вище показників.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. *Monzini A., Maltini E.* Aspetti tecnici della congelazione e qualita dei prodotti. *Industrie alimentari.* 1984. Vol. 34. P. 749–770.
2. *Шаповал М. І.* Менеджмент якості. Київ : Знання, 2007. 471 с.
3. *Благул І. С., Буртняк І. В., Малицька Г. П.* Прогнозування економічних і соціальних процесів : навч. посіб. Івано-Франківськ : Плай, 2012. 156 с.
4. *Чернышова О. В., Цибизова М. Е.* Инновационный подход к получению экстрактов пряно-ароматических растений. Наука, образование, инновации: путь развития : материалы IV Всерос. науч.-практ. конф. Петропавловск-Камчат. : КамчатГТУ, 2013. С. 161–163.
5. *Ибрагим К. Д.* Разработка технологии комплексной переработки плодов и листьев оливкового дерева для создания новых продуктов геродиетического питания : автореф. дисс. ... канд. техн. наук. Краснодар, 2005. 23 с.
6. *Aamir M., Mahmoudreza O., Shyam S., Rasco B.* Predicting the Quality of Pasteurized Vegetables Using Kinetic Models. *Hindawi Publishing Corporation.* 2013. Vol. 12. P. 1–30.
7. *Mitreviski V., Mitreviska C., Geramitcioski T., Mijakovski V.* Drying kinetics and mathematical modeling of far-infra red vacuum drying of some vegetables and fruits. *Applied Engineering Letters.* 2017. N 3. P. 109–114.
8. *Ling B., Tang J., Kong F.* Kinetics of Food Quality Changes During Thermal Processing. *Food and Bioprocess Technology.* 2015. N 2. P. 333–358.
9. *Giannakourou M., Taoukis P.* Kinetic modeling of vitamin C loss in frozen vegetables under variable storage conditions. *Food Chemistry.* 2003. N 83. P. 33–41.
10. *Колтунов В. А., Пузік Л. М., Ермантраунт Е. Р., Платохін В. Я.* та ін. Наукові дослідження у товарознавстві сільськогосподарських продуктів : монографія ; за заг. ред. д-ра с.-г. наук, проф. В. А. Колтунова. Харків : Вид-во Іванченка І. С., 2016. 236 с.

Стаття надійшла до редакції 14.05.2018.

**Levitska S., Belinska S., Moroz O. Quality prediction of frozen broccoli.**

**Background.** Automation of technological processes and the likelihood of significant material costs when making technically or economically unreasonable decisions necessitates the expansion of the scope of forecasting techniques in the food industry.

Scientists have developed different mathematical models for the optimization of modes and parameters of various processes and to predict the quality of the investigated products at all stages of its life cycle.

*The aim* of this study is to develop a predictive model of quality of frozen broccoli.

**Material and methods.** The object of research was frozen broccoli varieties Parthenon (Control) and pretreated (Experiment). Preliminary processing was carried out by soaking in 3 % sodium chloride solution for 20 minutes.

The construction of the predictive model and the calculation of the Fisher's statistical criterion were carried out in the Excel environment.

The properties conservation of broccoli during freezing and low-temperature storage were determined by the generalized Harrington desirability function. The consumer properties of broccoli cabbage are determined in the mean sample for organoleptic (appearance, taste, smell, color) and physico-chemical (content of soluble solids (PCR), ascorbic acid (AA), isothiocyanates, a- and b-chlorophyll and mass loss) indicators during freezing and during low temperature storage for 1, 3, 9 months in 2015–2017.

To construct a desirability scale (*Fig. 2*), ready-made spreadsheets of correspondence between preferences and their numerical characteristics were used. The generalized function of desirability was given as the average compound of individual desires [10].

**Results.** The development of the quality model was preceded by the identification of specific indicators (factors). The following indicators have the highest correlation: storage time ( $r = -0.84$ ), mass fraction of ascorbic acid ( $r = 0.91$ ) and quantitative content of isothiocyanate ( $r = 0.93$ ), total content of a- and b-chlorophyll ( $r = 0.91$ ). Therefore, we chose them to build a predictive model. Linear model with a coefficient of determination  $R = 0.994$  turned out to be the best to predict changes in the quality of the research samples. The regression equation used for forecasting is:

$$y = 417.9 - 1.14x_1 + 29.73x_2 + 0.73x_3 + 12.24x_4,$$

where  $y$  – quality of frozen broccoli;

$x_1$  – storage life, months;

$x_2$  – mass fraction of ascorbic acid, mg/100 g;

$x_3$  – quantitative content of isothiocyanate, %;

$x_4$  – total content of a- and b-chlorophyll, mg/100 g.

In order to evaluate the adequacy of the obtained model, Fisher's statistical criterion was used, the estimated value of which is  $F_{\text{calc}} = 58.934$ ,  $F_{\text{tabl}} = 5.591$ .

Since  $F_{\text{calc}} > F_{\text{tabl}}$ , the resulting linear model is adequate and can be effectively used to predict the quality of the frozen broccoli.



**Conclusion.** It is established that the determining factors of influence on the quality of frozen broccoli during long low-temperature storage are the storage period, mass fraction of ascorbic acid, quantitative content of isothiocyanate, total content of *a*- and *b*-chlorophyll.

*Keywords:* prediction, predictive model, generalized indicator, desirability function, frozen broccoli.

#### REFERENCES

1. *Monzini A., Maltini E.* Aspetti tecnici della congelazione e qualita dei prodotti. *Industrie alimentari.* 1984. Vol. 34. P. 749–770.
2. *Shapoval M. I.* Menedzhment jakosti. Kyi'v : Znannja, 2007. 471 s.
3. *Blagun I. S., Burtnjak I. V., Malyc'ka G. P.* Prognozuvannja ekonomichnyh i social'nyh procesiv : navch. posib. Ivano-Frankivs'k : Plaj, 2012. 156 s.
4. *Chernyshova O. V., Cibizova M. E.* Innovacionnyj podhod k polucheniju jekstraktov prjano-aromaticeskikh rastenij. *Nauka, obrazovanie, innovacii: put' razvitija : materialy IV Vseros. nauch.-prakt. konf. Petro-pavlovsk-Kamchat : KamchatGTU, 2013. S. 161–163.*
5. *Ibragim K. D.* Razrabotka tehnologii kompleksnoj pererabotki plodov i list'ev olivkovogo dereva dlja sozdaniya novyh produktov gerodieticheskogo pitaniya : avtoref. diss. ... kand. tehn. nauk. Krasnodar, 2005. 23 s.
6. *Aamir M., Mahmoudreza O., Shyam S., Rasco B.* Predicting the Quality of Pasteurized Vegetables Using Kinetic Models. *Hindawi Publishing Corporation.* 2013. Vol. 12. P. 1–30.
7. *Mitrevski V., Mitrevska C., Geramitcioski T., Mijakovski V.* Drying kinetics and mathematical modeling of far-infra red vacuum drying of some vegetables and fruits. *Applied Engineering Letters.* 2017. N 3. P. 109–114.
8. *Ling B., Tang J., Kong F.* Kinetics of Food Quality Changes During Thermal Processing. *Food and Bioprocess Technology.* 2015. N 2. P. 333–358.
9. *Giannakourou M., Taoukis P.* Kinetic modeling of vitamin C loss in frozen vegetables under variable storage conditions. *Food Chemistry.* 2003. N 83. P. 33–41.
10. *Koltunov V. A., Puzik L. M., Ermantraunt E. R., Platohin V. Ja.* ta in. *Naukovi doslidzhennja u tovaroznavstvi sil's'kogospodars'kyh produktiv : monografija ; za zag. red. d-ra s.-g. nauk, prof. V. A. Koltunova.* Harkiv : Vyd-vo Ivanchenka I. S., 2016. 236 s.