

ӘОЖ 663.41  
ГТАМР 65.01.77

### ТАҒАМ ӨНДІРІСТЕРІНІҢ ОБЪЕКТІЛЕРІ МЕН ҮДЕРІСТЕРІН КОМПЬЮТЕРЛІК МОДЕЛЬДЕУ

*Н.С. ЗӘУІРБЕКОВ<sup>1</sup>, А.А. АСЫЛБЕКОВ<sup>1</sup>, А.К. КОЗЫБАЕВ<sup>1</sup>, Ж.С. НАБИЕВА<sup>1</sup>*

(<sup>1</sup>Алматы технологиялық университеті, Алматы, Қазақстан)  
E-mail: asilbek\_k@mail.ru

*Тағам өндірістеріндегі объектілер мен процестерге математикалық модельдеуді кеңінен қолдану қажеттілігі көрсетілген. Объектілер мен процестерді компьютерлік модельдеудің мысалдары және математикалық модельдердің негізгі процестері келтірілген. Лимон, Апорт, Столовка алмаларынан берілген параметрдегі композитті шырын алу мысалы келтірілген. Нәтижесінде, Microsoft Excel бағдарламасында перспективті-нормативті модельдеу әдісін қолдану арқылы титрлеу қышқылдығы 0,3%, С дәрумені 0,02% болатындай шырындардың қосылатын пайыздары есептелді.*

**Негізгі сөздер:** компьютерлік модельдеу, математикалық модель, тағам өндірісі, композитті шырындар, С дәрумені, титрлеу қышқылдығы.

### КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОБЪЕКТОВ И ПРОЦЕССОВ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

*Н.С. ЗАУРБЕКОВ<sup>1</sup>, А.А. АСЫЛБЕКОВ<sup>1</sup>, А.К. КОЗЫБАЕВ<sup>1</sup>, Ж.С. НАБИЕВА<sup>1</sup>*

(<sup>1</sup>Алматынський технологический университет, Алматы, Казахстан)  
E-mail: asilbek\_k@mail.ru

*В статье показана необходимость широкого применения математического моделирования объектов и процессов в пищевых производствах. Приводятся основные принципы компьютерного моделирования, примеры математических моделей процессов и объектов. Приведен пример моделирования яблочного сока с заданными параметрами из композитных соков из яблок сортов Лимон, Апорт, Столовка. В результате с помощью перспективно-нормативного моделирования на Microsoft Excel получен расчет процентов добавляемых соков для обеспечения титруемой кислотности 0,3% и витамина С 0,02%.*

**Ключевые слова:** компьютерное моделирование, математическая модель, пищевые производства, композитные соки, витамин С, титруемая кислотность.

## COMPUTER MODELLING OF OBJECTS AND PROCESSES IN FOOD MANUFACTURES

N.S. ZAURBEKOV<sup>1</sup>, A.A. ASSYLBEKOV<sup>1</sup>, A.K. KOZYBAYEV<sup>1</sup>, Zh.S. NABIYEVA<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan)

E-mail: asilbek\_k@mail.ru

*In article are shown results of necessity of wide application of mathematical modelling of objects and processes for food manufactures is shown. Main principles of computer modelling, examples of mathematical models of processes and objects are resulted. An example of modeling apple juice with given parameters from composite juice from apples of the Lemon, Aport, Stolovka varieties is given. As a result, with the help of prospective regulatory modeling on Microsoft Excel, a calculation was made of the percentage of added juices to ensure titrated acidity of 0.3% and vitamin C 0.02%.*

**Keywords:** computer modelling, mathematical model, food manufactures, composite juices, vitamin C, titrated acidity.

### *Kіpіcne*

Тағам өндірістерінің кәсіпорындары шығаратын өнімдерінің тағам қауіпсіздігі мен өндіріс тиімділігі жағынан өте сенімді болуы тиіс. Тағам кәсіпорынның қауіпсіздік жүйесі түрлі санитарлық-гигиеналық іс-шаралар процедураларын қамтиды: қызметкерлердің жеке гигиенасын қатаң сақтау, тағам өңдеу өндірістерінің технологиялық үдерісін қатаң сақтау, дайын өнімдерге бөгде қосындыларының түспеуіне бақылау жасау, жабдықтар мен жұмыс орнын санитарлық өңдеу және залалсыздандыру т.б.

Тағамдық кәсіпорындарының тиімді жұмыс істеуі олардың тұрақтылығында және қондырғылардың нақты жұмыс істеуіне байланысты. Жоспар бойынша жұмыс жабдықтарын жөндеп отыру тағам қауіпсіздігін қамтамасыз етеді.

Бұдан бөлек, кәсіпорынға қажетті шикі – заттардың кіруін, шығуын бақылау және белгілі өнімді шығарғанда қателік жібермеу.

Осының барлығына мол тәжірибенің нәтижесінде қол жеткізуге болады, ол көп уа-

қытты және шығынды қажет етеді. Егер тағам өндірісіне компьютерлік модельдеу процесін қолдану арқылы, уақыт пен шығынды үнемдеуге болады [1-4].

Модельдеудің негізгі бөлігі компьютерлік модельдеу болып табылады. Математикалық модельдеудің ішіндегі кең тарағаны прескрептивті-нормативті модель.

Модельдеуде прескрептивті-нормативті модель кеңінен қолданылады, оның негізінде түзу сызықты бағдарлау жатады. Мысал ретінде шырынның оптималды рецептурасын есептеп табу берілген. Әрбір шырынның түрі физикалық және химиялық құрамымен сипатталады.

### *Зерттеу нысандары мен әдістері*

Өндірісте алма шырынын дайындау қажет оның қышқылдығы 0,3% және С дәрумені 0,02% болуы керек. Өндіріс үш түрлі алма түрін сатып алады: Лимон, Апорт, Столовка. Баға ретінде күзгі көтерме бағаларының орташа мәндері алынған. Алмалардың орта бағасы, титрленген қышқылдың мөлшері және әрбір алманың түріндегі С дәруменінің мөлшері төмендегі 1-кестеде келтірілген.

Кесте 1 – Үш түрлі алмадан алынған шырындағы компоненттердің құрамымен бағасы

Алма түрлері	Компоненттер құрамы,%		1 кг бағасы,
	Қышқыл титрі	С дәрумені	
Лимон	0,45	0,015	140
Апорт	0,2	0,01	110
Столовка	0,3	0,025	170

**Нәтижелер және оларды талдау**

Алынған қоспадағы әрбір шырын мөлшерін  $x_1, x_2, x_3$  белгілейміз. Ол мәндер теріс мәнді болмау керек:

$$x_1 \geq 0, x_2 \geq 0, x_3 \geq 0.$$

Азайтатын мақсатты функцияны жазамыз:

$$f(x) = 140x_1 + 110x_2 + 170x_3.$$

Компоненттердің құрамы туралы шектеу жазамыз:

$$\{0,45 x_1 + 0,2x_2 + 0,3x_3 \geq 0,3,$$

$$0,015 x_1 + 0,01 x_2 + 0,025 x_3 \geq 0,02.$$

Әр түрлі шырындардың қосындысы бірге тең болу керек:

$$x_1 + x_2 + x_3 = 1.$$

Мұндай есептерді Microsoft Excel программасымен шешу ыңғайлы.

Есептің берілуін еңгізу үшін теңдеу құрамыз (сур. 1). Вектор компоненттерінің мәндері  $x = (x_1, x_2, x_3)$  В3:Д3 ұяшығына орналасады, мақсатты функцияның шекті мәні Е4 ұяшығына орналасады.

	A	B	C	D	E	F	G
1							
2							
3		x1	x2	x3			
4	бөлшектері						
5	бағасы	140	110	170			
6		шектеулер					
7	компоненттер				сол бөлігі белгі	оң бөлігі	
8	қышқылдық	0,45	0,2	0,3	>=	0,3	
9	С дәрумені	0,015	0,01	0,025	>=	0,02	
10		1	1	1	=	1	

Сурет 1 - Есептің бастапқы түрі

$x_1, x_2, x_3$  мәндерінің шешімін іздестіру нәтижелері және шекті мақсатты функцияның мәндері 2 суретте көрсетілген.

Алынған шешімнің нәтижесіне сүйеніп, ең арзан қажетті қоспа дайындау үшін алма-

ның лимон түрінен 15% шырын алу керек. Апорттан 23%, столовқадан 62% алу керек. Осындай қатынасты алсақ шырын дайындағанда ең аз шығын шығады, бір кг бағасы орта есеппен алғанда 152 теңге тұрады.

	A	B	C	D	E	F	G
1							
2			Ауыспалы мәндер				
3		x1	x2	x3			
4	бөлшектері	0,311692	0,461538	1,23077			
5	бағасы	140	110	170	151,7		
6		шектеулер					
7	компоненттер				сол бөлігі белгі	оң бөлігі	
8	қышқылдық	0,45	0,2	0,3	>=	0,3	
9	С дәрумені	0,015	0,01	0,025	>=	0,02	
10		1	1	1			1

Сурет 2 - Есепті шығару нәтижелері

Егер жүйенің дискретті жағдайын  $E_0, E_1, \dots, E_\beta, \dots, E_u$ , мұндағы  $\beta$ -қатыспайтын элементтердің саны бастапқы қалпынан  $E_0(t=0)$  соңғы  $E_u(t=t)$  жүйеге өткен мынадай тізбек пайда болады.

λλλλλ

$$E_0 \rightarrow E_1 \rightarrow E_2 \rightarrow \dots \rightarrow E_\beta \rightarrow \dots \rightarrow E_u, \quad (1)$$

Мұндағы  $\lambda = \text{const}$  КБ элементінің параметр ағынындағы қайтымдылығы.

1-ші тізбектің әр қайсысының жағдайын  $p\beta(t)$  ықтималдығымен бағалап КЛмогоров теңдеуін теңдеу жүйесі ретінде құрастырамыз

$$p_0'(t) = -m p_0(t),$$

$$p_1'(t) = -(m-\lambda) p_1(t) + p_0(t),$$

$$\begin{aligned} p_2'(t) &= -(m-2\lambda)p_2(t) + (m-\lambda)p_1(t), \dots (2) \\ p_\beta'(t) &= -(m-\beta\lambda)p_\beta(t) + (m-(\beta-1)\lambda)p_{\beta-1}(t), \dots \\ p_u'(t) &= \lambda p_{u-1}(t), \\ p_0'(t) + p_1'(t) + p_2'(t) + \dots + p_\beta'(t) + \dots + p_u'(t) &= 1, \end{aligned}$$

мұндағы  $m = u\lambda, p_\beta'(t) = \frac{dp_\beta(t)}{dt}, \beta = 0, u,$

соңғы теңдеу реттелген теңдеу.

Алғашқы кезде  $t=0$  барлық КБ жұмысшы қалпында болды, сондықтан (1)-ші теңдеу былай анықталады

$$\begin{cases} P_0(t) = \frac{1}{0!} e^{-mt} \\ P_1(t) = \frac{m}{1! \lambda} e^{-mt} (-1 + e^{\lambda t}) \\ P_2(t) = \frac{m(m-\lambda)}{2! \lambda} e^{-mt} (1 - 2e^{\lambda t} + e^{2\lambda t}) \\ \dots \\ P_u(t) = 1 - \sum_{i=0}^{i=u-1} p_i(t) \end{cases}$$

$P_\beta(t)$ -әрқайсысының белгілі жағдайына КБ жұмыс істеу қабілеті бар белгілі сан сәйкес келеді. КБ-ң жұмыс істеу қабілеті бар элементтердің  $r$ -дің математикалық мәні белгілі жүйе үшін  $t=t$ , арқылы анықталады

$$M[r] = up_0(t) + (u-1)p_1(t) + (u-2)p_2(t) + \dots + (u-\beta)p_\beta(t) + \dots + 0. P_u(t) = \sum_{i=0}^{i=u} (u-i)p_i(t) \quad (4)$$

Мұндағы  $r$  КБ-ң жұмыс істеу қабілеті бар элементтердің, берілген саны.

Математикалық болжамды  $M[r]$ (4) жанама функция арқылы белгілейміз.

$$\sum_{i=0}^{i=u} (u-i)p_i(t) \quad (5)$$

және  $F^{-1}(r)$ -кері (5) функциясы туралы айтамыз берілген  $r$ -дің мәні бойынша  $t = t_r$  уақытың белгілейміз  $t=0$  болған уақыттағы сонда  $r$ -дің жүйедегі КБ-ң жұмыс істеу қабілеті бар элементтердің, берілген саны қалады, яғни қабылданбай қалған  $(u-r)$ -дің КБ элементтері:

$$t_r = t_{u-r} = F^{-1}(r). \quad (6)$$

Болжаудың дәлдігі бас тартулар ағымының параметрі  $\lambda$ -ның мәнінің дәлдігімен анықталады, бұрын алынған нәтижелердің статистикалық өңдеу белгілі уақытқа байланысты жүйенің ерекшелігінің есептелінбегені, модель нақты жүйеге бейімделмеген. Бірінші бас тартулар ағымының параметріне дейін модельді нақтылау ерекше орын алады.

$$t_1 = F^{-1}(u-1), \quad (7)$$

біріншіден алғашқы болжау дұрыс болмаған жағдайда басқа уақытша интервалды болжау оданда көп дұрыс болмайды, екінші-

$$\begin{aligned} p_0(0) &= 1, p_1(0) = p_2(0) = \dots = p_\beta(0) = \dots = \\ p_u(0) &= 0 \end{aligned} \quad (3)$$

Операциялық есептеу әдісін қолданып (2) –ші жүйені шешеміз, егер (3) –ші теңдеу белгілі болса.

Барлық аралық шешімді көрсетпей, соңғы шешімді көрсетеміз:

ден бірінші бас тартулар ағымынан кейін (7) құрлысы өзгереді және түрі өзгерген басқа модель берілуі керек, үшіншіден болжауды  $t_1$  салыстыру бірінші бас тарту ағымына дейін  $t_1$   $D$  нақты уақытты болжағаннан кейін жұмыс істеп тұрған жүйе бірден модельге нақтылау жасауға мүмкіндік береді жұмыс істеп тұрған жүйеге және нақты уақытқа байланысты.

Ол үшін берілген теңдеуден  $(u-1) = F(t_{1D})$ (8),  $\lambda D$ -ң нақты теңдеуін анықтайды, оны жаңа модельге қояды құрлысында болған өзгерісті ескеретін, яғни бір элементтің бас тарту ағымы

$$F_1(t) = \sum_{i=0}^{i=u-1} (u-i)p_i(t) \sum (u-i)P_i(t),$$

Мұндағы  $F_1(t)$ -қосымша функция (9) КБ элементтерінің жүйедегі жаңа санымен  $u-1$ -дің және жаңа саналған уақыттан бастап.

Қажет болған жағдайда алгоритм қайталанатын, яғни болжамданады

$$t_1 = F_1^{-1}(u-1),$$

мұндағы  $u_1 = u-1$ ,  $t_{1D}$ -дің жаңа мәнімен салыстырылады және қайтадан (8)-дің берілгені бойынша  $\lambda$ -ағынының параметрінің бас тату ағымына нақтылау жүргізіледі.

Сонымен  $\lambda$ -бас тартулар ағымының параметрін нақтылау бойынша модельдеу жүйесі қалыптасады.

### Қорытынды

Қорыта айтқанда тағам өндірістеріндегі объектілер мен процестерге математикалық модельдеуді кеңінен қолдану қажеттілігі көрсетілген. Объектілер мен процестерді компьютерлік модельдеудің мысалдары және математикалық модельдердің негізгі процестері

келтірілген. Ағым параметрінің мәнін түзету арқылы қолайсыз режимді  $\lambda$  модельді жүйені нақты бейімдеу арқылы қол жеткізе алады.

#### ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Дворецкий Д.С., Дворецкий С.И., Пешкова Е.В., Темнов М.С. Математическое моделирование процессов и аппаратов химических и пищевых производств: учебное пособие. - Тамбов: Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2014. – 80 с.

2. Ядыкин Е.А. Комплексно-автоматизированные производства на базе автоматических ро-

торных линий и их моделирование. Тула: Известия ТулГУ. Технические науки, 2010. - 140 с.

3. Ядыкин Е.А. Моделирование процессов эксплуатации технологических систем роторных машин: учеб. пособие. Тула: Изд-во ТулГУ, 2004. - 77 с.

4. Дерканосова Н.М., Журавлев А.А., Сорокина И.А. Моделирование и оптимизация технологических процессов пищевых производств. Практикум: учеб. пособие. Воронеж. гос. технол. акад. - Воронеж: ВГТА, 2011. - 196 с.