

FTAMP 65.59.23

А.А. Қайсарова¹ – негізгі автор, | ©
А.У. Шингисов², А.К. Садибаев³, М.Б. Кенжеханова⁴



¹PhD докторант, ²Техн. ғылым. д-ры, профессор, ³Техн. ғылым. канд.,
⁴PhD, доцент

ORCID

¹<https://orcid.org/0000-0003-4112-0220> ²<https://orcid.org/0009-0002-2097-194X>
³<https://orcid.org/0000-0003-0427-3025> ⁴<https://orcid.org/0009-0009-4295-9416>



^{1,2,4}М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті,
Шымкент, Қазақстан



³М.Х. Дулати атындағы Тараз университеті, Тараз, Қазақстан

@

¹kaisarova-92@mail.ru

<https://doi.org/10.55956/ODGU9402>

АС ТҰЗЫ ТӨМЕНДЕТІЛГЕН ЕТ ЧИПСТЕРІНІҢ ТИІМДІ РЕЦЕПТУРАСЫН ВОХ–ВЕHNKEN ӘДІСІМЕН МОДЕЛЬДЕУ

Аңдатпа. Зерттеуде *Salicornia* өсімдігінен алынған табиғи ұнтақты қолдана отырып, ас тұзын ішінара алмастыру арқылы ет чипстерінің рецептурасын оңтайландыру мәселесі қарастырылды. Тұзды шамадан тыс қолданудың денсаулыққа зияндылығын ескере отырып, табиғи тұз алмастырғыш ретінде Созақ ауданы, Қызылкөл елді мекенінде өсетін *Salicornia* өсімдігінің кептірілген үстіңгі бөлігінен алынған ұнтақ пайдаланылды. Үш факторлы Вох–Вehnken әдісі негізінде екі түрлі рецептура құрастырылып, олардың органолептикалық қасиеттеріне әсер ететін факторлардың өзара тәуелділігі математикалық модельдеу арқылы анықталды. Модельдердің адекваттығы Design-Expert бағдарламасы көмегімен тексерілді. Нәтижелер *Salicornia* ұнтағы қосылған чипстердің тұтынушылар тарапынан жоғары бағаланғанын көрсетті: №1 рецептура бойынша оптималды көрсеткіш $Y \approx 8,9$, №2 рецептурада $Y \approx 9,0$ болды. *Salicornia* қоспасын қолдану ас тұзын 50%-ға дейін алмастыруға мүмкіндік беріп, өнімнің дәмдік және технологиялық қасиеттерін сақтауға мүмкіндік беретіні дәлелденді.

Тірек сөздер: *Salicornia*, ет чипстері, ішінара алмастыру, тұзды төмендету, Вох–Вehnken, Design-Expert, оптимизация, органолептика.



Қайсарова, А.А. Ас тұзы төмендетілген ет чипстерінің тиімді рецептурасын Вох–Вehnken әдісімен модельдеу [Мәтін] / А.А. Қайсарова, А.У. Шингисов, А.К. Садибаев, М.Б. Кенжеханова // Механика және технологиялар / Ғылыми журнал. – 2026. – №2(92). – Б.54-62. <https://doi.org/10.55956/ODGU9402>

Кіріспе. Ас тұзы (натрий хлориді) адам ағзасының қалыпты жұмыс істеуіне қажет компоненттердің бірі болғанымен, оның шамадан тыс мөлшері денсаулыққа едәуір зиян келтіреді. Көп мөлшерде тұз тұтыну гипертония, жүрек-қан тамыр аурулары, бүйрек пен асқазан ауруларының даму қаупін арттыратыны ғылыми еңбектерде дәлелденген [1,2]. Дүниежүзілік денсаулық сақтау ұйымы ересек адамдарға тәулігіне 5 грамнан аспайтын тұз қолдануды ұсынады. Алайда Қазақстанда бұл нормадан асыра қолдану кең тараған.

Ет чипстері көптеген жас тұтынушылар арасында сұранысқа ие өнім болғанына қарамастан, олардың дәстүрлі рецептурасында тұз мөлшері

жоғары. Бұл өнімді жиі пайдаланатын тұтынушылардың денсаулығына кері әсерін тигізуі мүмкін. Осыған байланысты тұз мөлшері төмен, бірақ дәмдік сапасы сақталған альтернативті өнімдер жасау өзекті міндет болып табылады [3-5].

Табиғи тұз алмастырғыш ретінде *Salicornia* өсімдігі соңғы жылдары тағам өнеркәсібінде ерекше назарға ие [5-7]. Оның құрамында натрий мен хлордың табиғи тұздары, сондай-ақ магний, калий, кальций және кремний сияқты минералдар бар [6]. Бұл оның тағамдық өнімдердегі тұздың бір бөлігін алмастыруға қолайлы екенін көрсетеді.

Осы зерттеудің ғылыми жаңалығы – *Salicornia* ұнтағын ет чипстерінің құрамында ас тұзын ішінара алмастыру үшін қолдана отырып, Vox–Behnken әдісі арқылы екі рецептураны математикалық модельдеу және олардың тиімді құрамын анықтау. Осыған байланысты зерттеудің мақсаты- *Salicornia* өсімдігінен алынған ұнтақты пайдалана отырып, ас тұзы төменделілген ет чипстерінің рецептурасын әзірлеу және Vox–Behnken әдісі негізінде органолептикалық көрсеткіштерін оңтайландыру болып табылады.

Зерттеу шарттары мен әдістері. Зерттеу ас тұзы төмендетілген ет чипстерінің тиімді рецептурасын әзірлеуге және олардың органолептикалық қасиеттерін оңтайландыруға бағытталды. Зерттеу объектісі ретінде *Salicornia* өсімдігінің ұнтағын пайдалана отырып дайындалған құрамдастырылған ет чипстері алынды.

Табиғи тұз алмастырғыш ретінде Созақ ауданы, Қызылкөл елді мекенінде өсетін *Salicornia* өсімдігінің үстіңгі бөлігі қолданылды. Өсімдік шикізаты 50-55°C температурада кептіріліп, кейін майда дисперсті ұнтақ күйіне дейін ұнтақталды.

Зерттеу барысында екі түрлі рецептура қарастырылды:

– №1 рецептура – сиыр еті, тауық еті және *Salicornia* ұнтағы қосылған ет чипстері;

– №2 рецептура – жылқы еті, тауық еті және *Salicornia* ұнтағы қосылған ет чипстері.

Рецептура құрамын оңтайландыру үшін үш факторлы, үш деңгейлі Vox–Behnken эксперименттік жоспары қолданылды [9]. Зерттеу факторлары ретінде ет шикізатының мөлшері (m_1 , m_2) және *Salicornia* ұнтағының мөлшері (m_3) таңдалды. Әр фактор үшін төменгі (-1), орташа (0) және жоғарғы (+1) деңгейлер белгіленді. Әр рецептура бойынша тәжірибелер саны $N = 15$, нөлдік нүктелер саны $n_0 = 3$ болды.

Эксперимент нәтижелері екінші ретгі регрессиялық теңдеулер көмегімен математикалық модельденді. Модельдерді құрастыру және олардың адекваттылығын бағалау Design-Expert 13 бағдарламасы арқылы жүзеге асырылды. Модельдердің сенімділігі Фишер критерийі бойынша тексерілді.

Зерттеудің негізгі жауап функциясы ретінде ет чипстерінің органолептикалық көрсеткіштерінің интегралды бағасы (Y) алынды. Органолептикалық бағалау өнімнің сыртқы түрі, түсі, иісі, дәмі және консистенциясы бойынша жүргізілді. Бағалау 10 балдық шкала бойынша дегустациялық комиссия мүшелерімен орындалды.

Оңтайландырылған рецептуралар негізінде дайындалған ет чипстеріне физикалық-химиялық талдау жүргізілді. Атап айтқанда, дайын өнімнің массалық ылғал үлесі, құрғақ заттардың массалық үлесі, рН көрсеткіші және натрий хлоридінің массалық үлесі анықталды. Барлық өлшеулер стандартталған әдістемелерге сәйкес жүргізілді.

Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау. Әр рецептурада 3 фактор, 3 деңгей бойынша Вох–Вейнкен дизайны жасалды. №1 рецептура бойынша ет чипстерінің органолептикалық көрсеткіштеріне әсер етуші фактордың өзгермелі деңгейлері мен интервалдары 1-кестеде көрсетілген.

Кесте 1

№1 рецептура бойынша ет чипстерінің органолептикалық көрсеткіштеріне әсер етуші фактордың өзгермелі деңгейлері мен интервалдары

Факторлар		Өзгермелі деңгейлер			Интервал
натуралды	коды	-1	0	+1	ε
Сиыр етінің мөлшері, m_1 , г	x_1	55	60	65	5
Тауық етінің мөлшері, m_2 , г	x_2	20	25	30	5
Salicornia ұнтағы, m_3 , г	x_3	1	2	3	1

Үш факторлық Вох- Вейнкен жоспарына сәйкес тәжірибелер саны $N = 15$ тең, нөлдік нүктелер саны $n_0 = 3$ тең.

Эксперименттік мәндерді өңдеу үшін Design-Expert 13 бағдарламасы қолданылды. Есептеулер нәтижесі 2-кестеде көрсетілген.

№1 рецептураны оңтайландыру математикалық үлгілері:
фактордың кодтық мәндерінде

$$y = 8,9 + 0,0375x_1 + 0,0375x_2 + 0,35x_3 + 0,05x_1x_2 - 0,025x_1x_3 + 0,025x_2x_3 - 0,375x_1^2 - 0,275x_2^2 - 1,1x_3^2 \quad (1)$$

натуралды белгілерде

$$Y = -55,06 + 1,7675m_1 + 0,4275m_2 + 4,925m_3 + 0,002m_1m_2 - 0,005m_1m_3 + 0,005m_2m_3 - 0,015m_1^2 - 0,011m_2^2 - 1,1m_3^2 \quad (2)$$

Кесте 2

№1 рецептура бойынша органолептикалық зерттеу нәтижелері

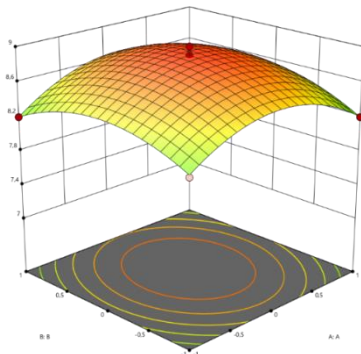
№	Факторлар						y_i	\hat{y}	$(y_i - \hat{y})^2$	$(y_{0i} - \bar{y}_0)^2$
	натуралды			кодты						
	$m_1, г$	$m_2, г$	$m_3, г$	x_1	x_2	x_3				
1	55	20	3	-1	-1	0	8,2	8,225	0,000625	
2	55	30	3	1	-1	0	8,2	8,2	0	
3	65	20	3	-1	1	0	8,2	8,2	0	
4	65	30	3	1	1	0	8,4	8,375	0,000625	
5	60	20	1	-1	0	-1	7	7,0125	0,000156	
6	60	30	1	1	0	-1	7,1	7,1375	0,001406	
7	60	20	3	-1	0	1	7,8	7,7625	0,001406	
8	60	30	3	1	0	1	7,8	7,7875	0,000156	
9	55	25	1	0	-1	-1	7,2	7,1625	0,001406	
10	65	25	1	0	1	-1	7,2	7,1875	0,000156	
11	55	25	3	0	-1	1	7,8	7,8125	0,000156	
12	65	25	3	0	1	1	7,9	7,9375	0,001406	
13	60	25	2	0	0	0	8,9	8,9	0	0
14	60	25	2	0	0	0	9	8,9	0,01	0,01
15	60	25	2	0	0	0	8,8	8,9	0,01	0,01
Σ							119,5		0,0075	0,02

Таңдаған құрамның дұрыстығын растау және тұтынушылардың қабылдау деңгейін анықтау мақсатында органолептикалық зерттеу жүргізілді. Зерттеу барысында өнімнің сыртқы түрі, түсі, дәмі, иісі және құрылымдық консистенциясы сынды көрсеткіштер бойынша бағалау жүргізілді. Бағалауға әртүрлі жастағы және талғам ерекшеліктері бар тұтынушылар (дегустациялық комиссия мүшелері) қатысты, 10 балдық шкала бойынша өнімнің сапасын бағалап, ұсынылған екі рецептураның артықшылықтары мен кемшіліктерін анықтады (2-кесте).

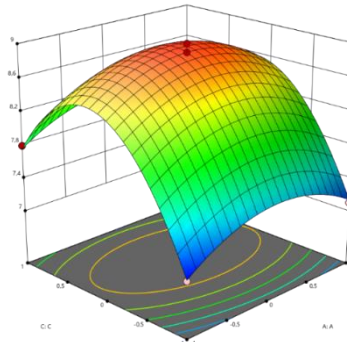
№1 рецептура бойынша ет чипстері органолептикалық көрсеткіштерінің сиыр мен тауық етінің және *Salicornia* ұнтағының мөлшеріне тәуелділігін анықталған соң, ет чипстерінің оптималды құрамын анықтау мақсатында теңдеуіне талдау жасалынды.

Талдау жасау үшін теңдеуінің сызбалары келесі жағдай үшін тұрғызылды (Design-Expert 13 бағдарламасынан алынады):

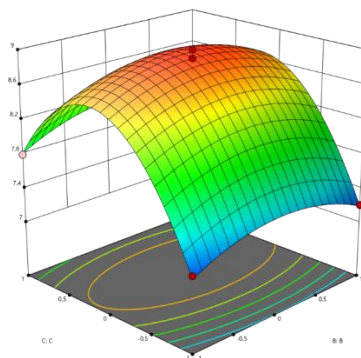
- а) $f(x_1, x_2), x_3 = 0$ немесе $Y = f(m_1, m_2), m_3 = 2$ г (1-сурет а);
- ә) $f(x_1, x_3), x_2 = 0$ немесе $Y = f(m_1, m_3), m_2 = 25$ г (1-сурет ә);
- б) $f(x_2, x_3), x_1 = 0$ немесе $Y = f(m_2, m_3), m_1 = 60$ г (1-сурет б).



а



ә



б

Сурет 1. №1 рецептура бойынша ет чипстері органолептикалық көрсеткіштерінің Y тәуелділігі сызбасы

Талдау барысында келесі нәтижелерге қол жеткізілді:

– 1-сурет а: ет чипстері органолептикалық көрсеткіштерінің Y сиыр еті m_1 және тауық m_2 етінің мөлшеріне тәуелділігі көрсетілген. Суреттен сиыр еті

$m_1 = 60,27$ г және тауық еті $m_2 = 25,37$ г болғанда органолептикалық көрсеткіштің ең жоғары мәні $Y = 8,9$ тең екендігі анықталды. *Salicornia* ұнтағының мөлшері $m_3 = 2$ г тең.

– 1-сурет ә: сиыр етінің m_1 және *Salicornia* ұнтағының m_3 ет чипстері органолептикалық көрсеткіштеріне тауық еті $m_2 = 25$ г болған жағдайдағы әсерін көруге болады. Органолептикалық көрсеткіштердің ең жоғары мәніне $Y = 8,93$ сиыр етінің мөлшері $m_1 = 60,22$ г және *Salicornia* ұнтағының мөлшері $m_3 = 2,16$ г шамасында қол жеткізуге болатындығы анықталды.

– 1-сурет б: тауық етінің мөлшері $m_2 = 25,38$ г және *Salicornia* ұнтағының мөлшері $m_3 = 2,16$ г шамасында органолептикалық көрсеткіштердің ең үлкен мәні $Y = 8,93\%$ болатындығын көруге болады.

№1 рецептура бойынша математикалық модельдеу нәтижесінде анықталған оптималды құрам 3-кестеде көрсетілген.

Кесте 3

№1 рецептура бойынша математикалық модельдеу нәтижесінде анықталған оптималды құрам

Құрамы	Салмағы, г	Проценттік үлесі %
Сиыр еті	25,38	26,04
Тауықтың төс еті	60,27	59,45
Крахмал	6	6,17
Дәмдеуіштер	1	1,03
Ас тұзы	2	2,05
<i>Salicornia</i> ұнтағы	2,16	2,17
Қызылша шырыны	3	3,08
Барлығы	99,81	100

№2 рецептура бойынша ет чипстерінің органолептикалық көрсеткіштеріне әсер етуші факторларының өзгермелі интервалдары мен деңгейлері анықталды (4-кесте). Эксперименттік мәндерді математикалық өңдеу нәтижелері 5-кестеде көрсетілген.

Кесте 4

№2 рецептура бойынша ет чипстерінің органолептикалық көрсеткіштеріне әсер етуші фактордың өзгермелі деңгейлері мен интервалдары

Факторлар		Өзгермелі деңгейлер			Интервал
натуралды	коды	-1	0	+1	ε
Жылқы етінің мөлшері, m_1 , г	x_1	20	25	30	5
Тауық етінің мөлшері, m_2 , г	x_2	55	60	65	5
<i>Salicornia</i> ұнтағы, m_3 , г	x_3	1	2	3	1

Кесте 5

№2 рецептура бойынша органолептикалық зерттеу нәтижелері зерттеу нәтижелері

№	Факторлар						y_n	\hat{y}	$(y_n - \hat{y})^2$	$(y_{0i} - \bar{y}_0)^2$
	натуралды			кодты						
	$m_1, г$	$m_2, г$	$m_3, г$	x_1	x_2	x_3				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	20	55	3	-1	-1	0	8	7,9	0,01	
2	20	65	3	1	-1	0	8	7,9	0,01	
3	30	55	3	-1	1	0	8	8,1	0,01	
4	30	65	3	1	1	0	8,2	8,3	0,01	

5-кестенің жалғасы

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
5	25	55	1	-1	0	-1	7	7,1	0,01	
6	25	65	1	1	0	-1	7,2	7,3	0,01	
7	25	55	3	-1	0	1	7,8	7,7	0,01	
8	25	65	3	1	0	1	7,8	7,7	0,01	
9	20	60	1	0	-1	-1	7	7	0	
10	30	60	1	0	1	-1	7,4	7,2	0,04	
11	20	60	3	0	-1	1	7,2	7,4	0,04	
12	30	60	3	0	1	1	7,8	7,8	0	
13	25	60	2	0	0	0	8,8	9		0,04
14	25	60	2	0	0	0	9	9		0
15	25	60	2	0	0	0	9,2	9		0,04
Σ							118,4		0,16	0,08

№2 рецептураны оңтайландыру математикалық үлгілері:
кодтық белгілерде

$$y = 9 + 0,05x_1 + 0,15x_2 + 0,25x_3 + 0,05x_1x_2 - 0,05x_1x_3 + 0,05x_2x_3 - 0,425x_1^2 - 0,525x_2^2 - 1,125x_3^2 \quad (3)$$

натуралды белгілерде

$$Y = -280,5 + 0,65m_1 + 9,58m_2 + 3,85m_3 + 0,004m_1m_2 - 0,01m_1m_3 + 0,02m_2m_3 - 0,017m_1^2 - 0,084m_2^2 - 1,125m_3^2 \quad (4)$$

№2 рецептура бойынша ет чипстері органолептикалық көрсеткіштерінің жылқы мен тауық етінің және *Salicornia* ұнтағының мөлшеріне тәуелділігін анықтаған соң, ет чипстерінің оптималды құрамын анықтау мақсатында теңдеуіне талдау жасалынды.

Талдау жасау үшін теңдеуінің сызбалары келесі жағдай үшін тұрғызылды (Design-Expert 13 бағдарламасынан алынады):

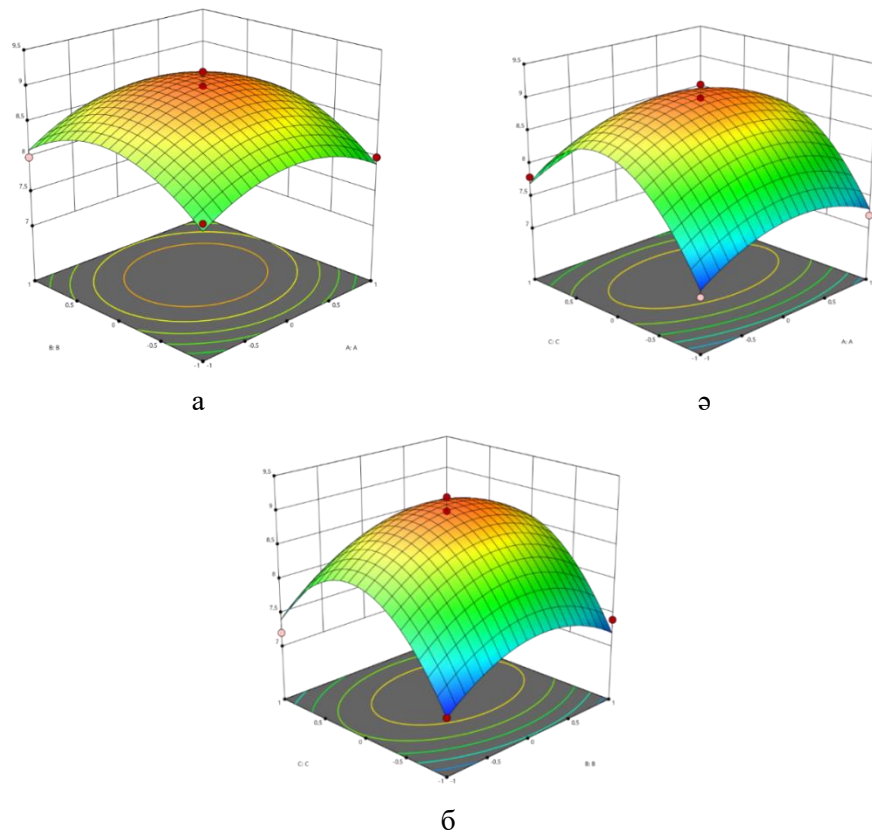
- а) $f(x_1, x_2)$, $x_3 = 0$ немесе $Y = f(m_1, m_2)$, $m_3 = 2$ г (2-сурет а);
- ә) $f(x_1, x_3)$, $x_2 = 0$ немесе $Y = f(m_1, m_3)$, $m_2 = 60$ г (2-сурет ә);
- б) $f(x_2, x_3)$, $x_1 = 0$ немесе $Y = f(m_2, m_3)$, $m_1 = 25$ г (2-сурет б).

Талдау барысында келесі нәтижелерге қол жеткізілді:

– 2-сурет а: ет чипстері органолептикалық көрсеткіштерінің Y жылқы еті m_1 және тауық m_2 етінің мөлшеріне тәуелділігі көрсетілген. Суреттен жылқы еті $m_1 = 25,34$ г және тауық еті $m_2 = 57,86$ г болғанда органолептикалық көрсеткіштің ең жоғары мәні $Y = 9,01$ тең екендігі анықталды. *Salicornia* ұнтағының мөлшері $m_3 = 2$ г тең.

– 2-сурет ә: жылқы етінің m_1 және *Salicornia* ұнтағының m_3 ет чипстері органолептикалық көрсеткіштеріне тауық еті $m_2 = 60$ г болған жағдайдағы әсерін көруге болады. Органолептикалық көрсеткіштердің ең жоғары мәніне $Y = 9,01$ сиыр етінің мөлшері $m_1 = 25,26$ г және *Salicornia* ұнтағының мөлшері $m_3 = 2,11$ г шамасында қол жеткізуге болатындығы анықталды.

– 2-сурет б: тауық етінің мөлшері $m_2 = 57,87$ г және *Salicornia* ұнтағының мөлшері $m_3 = 2,11$ г шамасында органолептикалық көрсеткіштердің ең үлкен мәні $Y = 9,02$ % болатындығын көруге болады.



Сурет 2. №2 рецептура бойынша ет чипстері органолептикалық көрсеткіштерінің Y тәуелділігі сызбасы

Кесте 6

№2 рецептура бойынша математикалық модельдеу нәтижесінде анықталған оптималды құрам

Құрамы	Салмағы, г	Проценттік үлесі %
Жылқы еті	25,34	26,04
Тауықтың төс еті	57,87	59,45
Крахмал	6	6,17
Дәмдеуіштер	1	1,03
Ас тұзы	2	2,05
Salicornia ұнтағы	2,11	2,17
Қызылша шырыны	3	3,08
Барлығы	97,32	100

Зерттеу барысында *Salicornia* өсімдігінен алынған ұнтақты ас тұзын ішінара алмастыру арқылы ет чипстерінің рецептурасы Бокс–Бенкен әдісі негізінде оңтайландырылды. Математикалық модельдеу нәтижелері және органолептикалық бағалау деректері бойынша екі рецептура да жоғары тұтынушылық бағаларға ие екені анықталды.

№1 рецептура үшін ең қолайлы құрам – сиыр еті $m_1 \approx 60,2$ г, тауық еті $m_2 \approx 25,3$ г, *Salicornia* ұнтағы $m_3 \approx 4,3$ г, мұнда органолептикалық көрсеткіш $Y \approx 8,9-8,93$ деңгейіне жетеді.

№2 рецептура үшін оптималды құрам – жылқы еті $m_1 \approx 25,3$ г, тауық еті $m_2 \approx$ құрамдар 57,8-58,0 г, *Salicornia* ұнтағы $m_3 \approx 4,2$ г, мұнда органолептикалық көрсеткіш $Y \approx 9,0-9,02$ мәнін көрсетеді.

Фишер критерийі бойынша алынған математикалық модельдердің адекваттығы дәлелденді, бұл эксперименттік нәтижелердің сенімділігін көрсетеді.

Математикалық модельдеу нәтижесінде анықталған оңтайлы мөлшерді пайдалана отырып, құрамдастырылған ет чипстері дайындалды және өнімге физикалық-химиялық бағалау жүргізілді (7-кесте).

Кесте 7

Физикалық-химиялық бағалау нәтижелері

	№1 рецептура	№2 рецептура
Массалық ылғал үлесі	7,08 ± 0,05	6,75 ± 0,05
Құрғақ заттардың массалық үлесі	92,92 ± 0,05	93,75 ± 0,05
pH деңгейі	5,47	5,21
Натрий хлоридінің массалық үлесі	8,46 ± 0,02	7,41 ± 0,02

Қорытынды. Зерттеу нәтижелері *Salicornia* ұнтағының қолданылуы функционалды ет чипстерінің құрамын теңестіріп, дәмдік және технологиялық қасиеттерін оңтайландыруға мүмкіндік беретіні анықталды. Әсіресе *Salicornia* ұнтағының құрамында табиғи тұздар мен минералдардың болуы – өнімдегі ас тұзының мөлшерін 50/50 қатынаста алмастыруға мүмкіндік бере отырып, дайын өнімнің дәмі мен құрылымын сақтайтынын көрсетті [7,9]. Бұл тұтынушылардың денсаулығына зиянын азайтып, тұзды тұтыну деңгейін төмендетуге бағытталған тиімді шешім болып табылады [10].

Әдебиеттер тізімі

1. Agócs R., Zsom-Muha V., Bella A., et al. Is too much salt harmful? Yes // *Orvosi Hetilap*. – 2019. – Vol. 160, No. 35. – P. 1379-1385.
2. Jaques D.A., Pontes J.F., Vogel G.F. Sodium Intake as a Cardiovascular Risk Factor: A Narrative Review // *Nutrients*. – 2021. – Vol. 13, No. 9. – P. 31-37.
3. Desmond E. Reducing salt: A challenge for the meat industry // *Meat Science*. – 2006. – Vol. 74, No. 1. – P. 188-196.
4. Ruusunen M., Puolanne E. Reducing sodium intake from meat products // *Meat Science*. – 2005. – Vol. 70, No. 3. – P. 531-541.
5. Horita C.N., et al. Strategies to reduce sodium content in meat products – A review // *Meat Science*. – 2011. – Vol. 88, No. 1. – P. 1-14.
6. Ferreira I., Fernandes I., Barreto A.S., et al. Sodium Reduction in Traditional Dry-Cured Pork Belly Using Glasswort (*Salicornia herbacea*) // *Foods*. – 2022. – Vol. 11, No. 23. – P. 1-12.
7. Sood S. Can samphire be the new salt? Understanding the potential of *Salicornia* species as salt substitutes // *Food Research International*. – 2024. – Vol. 174. – P. 74-75.
8. Box G.E.P., Behnken D.W. Some new three level designs for the study of quantitative variables // *Technometrics*. – 1960. – Vol. 2, No. 4. – P. 455-475.
9. Kaysarova A.A., Shyngysov A.U., Baranenko D.A. Et чипстерін ondiru retsepturasyna tuzdyn ornyna *Salicornia* osimdigin koldanu [Application of the *Salicornia* plant as a salt substitute in meat chip formulation] // *Bulletin of Almaty Technological University*. – 2024. – No. 3. – P. 39-45. [in Kazakh].
10. Inguglia E.S., et al. Salt reduction strategies in processed meat products // *Trends in Food Science & Technology*. – 2017. – Vol. 59. – P. 70-78.

Материал редакцияға 27.11.25 түсті, 24.05.26 қабылданды.

А.А. Қайсарова¹, А.У. Шингисов¹, А.К. Садибаев², М.Б. Кенжеханова¹

¹Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан

²Таразский университет им. М.Х. Дулати, Тараз, Казахстан

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОЙ РЕЦЕПТУРЫ МЯСНЫХ ЧИПСОВ С ПОНИЖЕННЫМ СОДЕРЖАНИЕМ ПОВАРЕННОЙ СОЛИ МЕТОДОМ ВОХ–БЕНКЕН

Аннотация. В исследовании рассмотрен вопрос оптимизации рецептуры мясных чипсов путём частичной замены поваренной соли с использованием натурального порошка, полученного из растения *Salicornia*. Учитывая вред чрезмерного потребления соли для здоровья, в качестве натурального солезаменителя был использован порошок из высушенной надземной части растения *Salicornia*, произрастающего в селе Кызылколь Созакского района. На основе трехфакторного метода Вох–Бенкена были разработаны две рецептуры, для которых с помощью математического моделирования определено взаимовлияние факторов на органолептические свойства продукта. Адекватность моделей проверялась с применением программного обеспечения Design-Expert. Результаты показали, что чипсы с добавлением порошка *Salicornia* получили высокие оценки потребителей: для рецептуры №1 оптимальный показатель составил $Y \approx 8,9$, для рецептуры №2 – $Y \approx 9,0$. Доказано, что использование добавки *Salicornia* позволяет заменить до 50% поваренной соли, при этом сохраняя вкусовые и технологические свойства продукта.

Ключевые слова: *Salicornia*, мясные чипсы, частичная замена, снижение соли, Вох–Бенкен, Design-Expert, оптимизация, органолептика.

А.А. Kaysarova¹, А.У. Shyngysov¹, А.К. Sadibayev², М.В. Kenzhekhanova¹

¹M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan

²M.Kh. Dulaty Taraz University, Taraz, Kazakhstan

MODELING THE OPTIMAL FORMULATION OF LOW-SALT MEAT CHIPS USING THE BOX–BEHNKEN METHOD

Abstract. This study addresses the optimization of a meat chips formulation by partially replacing table salt with a natural powder derived from the *Salicornia* plant. Considering the health risks associated with excessive salt consumption, a powder made from the dried aerial parts of *Salicornia*, grown in the village of Kyzylkol, Sozak district, was used as a natural salt substitute. Based on the three-factor Box–Behnken method, two formulations were developed, and the interdependence of factors affecting their organoleptic properties was determined through mathematical modeling. The adequacy of the models was verified using the Design-Expert software. The results showed that chips with added *Salicornia* powder were highly rated by consumers: the optimal rating for formulation No.1 was approximately $Y \approx 8.9$, and for formulation No.2 – $Y \approx 9.0$. It was proven that the use of *Salicornia* powder allows for up to 50% replacement of table salt while preserving the taste and technological qualities of the product.

Keywords: *Salicornia*, meat chips, partial replacement, salt reduction, Box–Behnken, Design-Expert, optimization, organoleptic properties.