

FTAMP 65.59.31

Б.Б. Кабулов¹ – негізгі автор, ©
Г.Б. Абдилова², А.Б. Бакиева³,
А.Г. Джилкишева⁴, Ә.С. Шенгельбаев⁵



^{1,2}Техн. ғылым. канд., қауымдас. профессор, ³PhD, ⁴Докторант, ⁵Студент

ORCID

¹<https://orcid.org/0000-0002-7619-2622> ²<https://orcid.org/0000-0002-6647-6314>

³<https://orcid.org/0009-0003-5904-1253> ⁴<https://orcid.org/0009-0004-4403-105X>

⁵<https://orcid.org/0009-0007-2652-9243>



^{1,2,3,4,5}Шәкәрім университеті,



Семей, Қазақстан



¹bolatkabylov@mail.ru

<https://doi.org/10.55956/MBZE5398>

ШҰЖЫҚ ТАРТЫЛҒАН ЕТІНІҢ РЕОЛОГИЯЛЫҚ МЕХАНИКАЛЫҚ МОДЕЛІ

Аңдатпа. Мақалада шұжық тартылған етінің реологиялық механикалық жетілдірілген моделі сипатталған. Көптеген тағамдық орталар дисперсті жүйелер, суспензиялар, коллоидты ерітінділер болып табылады. Машиналар мен аппараттарды жобалау кезінде тағамдық орталардың құрылымдық-механикалық қасиеттерін білу керек. Тағамдық ортаның құрылымдық-механикалық қасиеттері, шикізаттың физика-химиялық қасиеттері, өңдеу ұзақтығы мен түрі, жылдамдығы, қысымы және тағы басқа сол сияқты факторларға байланысты екендігі белгілі. Өз кезегінде, тағамдық шикізаттың қозғалысы оның құрылымдық-механикалық ерекшеліктеріне байланысты болады. Бингамның реологиялық теңдеуі шұжық тартылған ет қозғалысын сипаттай алатындығы дәлелденді. Бингам, Шведов, Шоффилд-Скотт-Блэрдің реологиялық модельдерін талдау және механикалық өңдеу кезінде шұжық тартылған етінің ағымын сипаттау оның реологиялық механикалық моделін жасауға мүмкіндік берді. Ол кесу кезінде тартылған еттің беріктігін сипаттайтын элементі бар Бингам моделінен тұрады. Тәжірибелер барысында шұжық тартылған етінің реологиялық моделінің теңдеуі ұсынылады. Шұжық тартылған етінің реологиялық механикалық моделі мен құрылымдық-механикалық сипаттамалары өнімнің консистенциясын объективті бағалау үшін ғана емес, сонымен қатар өнімді механикалық өңдеудің барлық кезеңдерінде оның ағымын зерттеу үшін қажет.

Тірек сөздер: шұжық, тартылған ет, реологиялық механикалық модель.



Кабулов, Б.Б. Шұжық тартылған етінің реологиялық механикалық моделі [Мәтін] / Б.Б. Кабулов, Г.Б. Абдилова, А.Б. Бакиева, А.Г. Джилкишева, Ә.С. Шенгельбаев // Механика және технологиялар / Ғылыми журнал. – 2025. – №4(90). – Б.113-121. <https://doi.org/10.55956/MBZE5398>

Кіріспе. ҚР Президент жолдауында былай деп атап көрсетілген: «... Алдымызда тағы бір өте маңызды міндет тұр. Біз агроөнеркәсіп кешенінде нақты серпіліс жасауымыз керек. Ауыл шаруашылығы саласының әлеуеті орасан зор. Бірақ біз қолда бар мүмкіндіктерді әлі де толық пайдаланбай отырмыз. Тамақ өнімдерін тереңдете өңдеу және өндірісті жылыжай шаруашылықтарын дамыту сияқты біз үшін болашағы зор бағыттарға

басымдық берген жөн. Сондай ақ еліміздегі ауылшаруашылық кәсіпорындарының әлеуетін де қаперден шығармағанымыз жөн ...» [1].

Осыған байланысты алдағы жылдарда ет өнеркәсібінің алдына қойылған міндеттерді шешу үшін заманауи жабдықтар мен технологиялар құрастыру қажет. Ет өнімдерін механикалық өңдеудің тиімді режимдерін таңдау және оңтайлы конструкцияны әзірлеу тек өңделетін өнімнің физикалық және механикалық қасиеттеріне сүйеніп өндірістік үрдістерді тереңдете зерттеу негізінде қамтамасыз етіледі.

Ет өнімдерін механикалық өңдеу күрделі физика-химиялық, биологиялық және механикалық үрдістермен қоса жүреді, оларды зерттеу өндірістің технологиялық циклын басқару және объективті сапасын бақылауды ұйымдастыруға мүмкіндік береді. Ет өндірісіндегі көптеген үрдістер дисперсті жүйелер, суспензиялар, коллоидты ерітінділер, әртүрлі иілгіш пластикалық тұтқыр материалдарды механикалық өңдеу арқылы жүреді. Реологиялық зерттеулер тамақ өнімдерін өңдеу кезінде жүретін құбылыстар физикасын терең түсінуге мүмкіндік береді. Осы бағыттағы зерттеулерге белгілі ғалымдардың П.А. Ребиндер, М.П. Воларович, А.В. Горбатов, И.А. Рогов, В.Д. Косой, Ю.А. Мачихин, С.А. Мачихин және т.б. іргелі еңбектері арналған [2-7].

Тамақ өнімдерінің құрылымдық-механикалық қасиеттері жабдықтардың заманауи конструкцияларын құрастыруда және бұрыннан белгілі жабдықтарды жаңғыртуда үрдістерді есептеуде, сонымен қатар жабдықтардың оңтайлы жұмыс істеу режимдері мен өндірістің оңтайлы технологиялық сұлбаларын таңдау кезінде пайдаланылуы мүмкін. Ет өнімдерінің реологиялық қасиеттері оның сапасын автоматты бақылау және жабдықтарды, өндірістік аудандарды автоматты басқару жүйелерін құруда пайдаланылады. Реология механикалық және технологиялық өңдеу тәсілдерін, режимдерін өзгертуге және қоспалар енгізу арқылы өнімдердің сапасы мен құрылымын басқаруға мүмкіндік береді.

Кәсіпорындарда өңделетін ет шикізаты, жартылай өнімдер мен олардан алынатын дайын өнімдер әртүрлі құрылымдық-механикалық қасиеттерге ие. Ет өнімдерін механикалық өңдеу үрдістері басқа да өндірістердегі үрдістерден өзінің алуан түрлілігіне және күрделілігіне байланысты ерекшеленеді. Бұл жерде тізбектей берсе дайын өнім алынатын шикізаттың түрі мен үрдісінің өзі бірнеше парақтан орын алады. Сондықтан, авторлар ет өнімдерінің реологиялық қасиеттерін және оларды механикалық өңдеу кезінде атқарылатын үрдістерді зерттейтін құралдар мен әдістердің жекелеген мысалдарын, сонымен қатар ет өнімдерін механикалық өңдеу үрдістерін және оларды жүзеге асыратын технологиялық жабдықтарды зерттеу нәтижелерін пайдалану бойынша мысалдар көрсетуге тырысты.

Ет шикізаты мен оның өнімдерінің қасиеттері температура, ылғалдылық, механикалық әсер ету ұзақтығына және шамасына, сонымен қатар сақтау мерзіміне, тасымалдауға, өнімді алу тәсіліне және басқа да көптеген факторларға байланысты болады. Сондықтан бір ғана өнім түріне жататын өнімдердің реологиялық қасиеттерінің әртүрлі болатынын кездестіруге болады, өйткені осы мәліметтерді анықтау кезінде шарт орындалмады, әртүрлі аспаптар мен құралдар қолданылды. Бұл сипаттамалар машиналар мен аппараттарды жобалау кезінде ең тиімді жұмыс режимдерін таңдау үшін қажет.

Реологиялық қасиеттердің өзгеру заңдылықтарын, яғни, әртүрлі қоспалар қосу, режимдерді реттеу және механикалық өңдеу тәсілдерін білу ет өнімдерінің сапасы мен құрылымына әсер етуге мүмкіндік береді.

Әлбетте, бірдей шарттарды іс жүзінде қамтамасыз ету мүмкін емес, сондықтан реологиялық сипаттамалар туралы мәліметтерде қандай әдіспен, қандай параметрлер және қандай аспаптарда алынғаны туралы деректер көрсетілуі қажет.

Зерттеу шарттары мен әдістері. Тамақ орталардың көбі дисперсті жүйелер мен суспензиялар, коллоидті ерітінділер түрінде болады. Технологиялық жабдықтарды ғылыми түрде жобалау үшін бұл орталардың құрылымдық-механикалық сипаттамаларын білу қажет [7,8].

Көптеген жағдайлар белгілі болады, яғни технологиялық өңдеу үрдісі кезінде бір өнім бірінші реологиялық күйден екінші күйге ауысады, бұл ауысуы жиі бірінші күйге кері болады. Шикізаттан дайын өнімге дейін бұл өзгерістер ішкі энергетикалық күйдің өзгерісі арқылы жүзеге асады, олар әртүрлі механикалық үрдістерді (ұсақтау, араластыру және қалыптау) өткізу үшін жұмсалған жұмыспен сипатталады. Үрдістерді өткізу үшін жұмсалған жұмыс мынадай болады:

$$A = \int f(F) dx \quad (1)$$

мұндағы: $f(F)$ – шикізатқа әсер ететін күштердің функциясы; x – күштердің әрекетін анықтайтын параметр.

Бейньютондық материалдардың тұтқырлығы деформация жылдамдығынан байланысты, ол ағу кезінде құрылымы мен оның өзгерісімен байланысты болады. Өз қатарында материалдың ағуы оның физика-химиялық өзгешілігінен байланысты болады: молекулалардың пішіні мен орналасуы, концентрация, температура, ылғалдылық, мицелла пайда болу. Таза ерітіндіге, мысалы тартылған етке, ингредиенттердің қосылуы оның тұтқырлығын жоғарлатып, ағу сипатын өзгертеді.

Шұжық тартылған ет ағуын сипаттау үшін Бингам реологиялық теңдеуі өте қолайлы болып табылатындығы дәлелденді.

Жылдамдық градиенттердің жоғары мәндерінде шұжық тартылған етінің ағу кезінде оның құрылымы бұзылып, құрылымдық-механикалық сипаттамалары мәндері төмендейді. Әртүрлі тартылған еттердің реологиялық сипаттамаларының шамаларында бір бірінен айырмашылығы болады. Белгілі бір мөлшерде олар өнімдер құрылымының сапалы күйін, яғни құрамын, механикалық өңдеу дәрежесін және т.б. көрсетеді.

Шұжық тартылған ет ағуы Гершель-Балкли жалпы теңдеу арқылы да сипаттауға болады, ол бойынша тоғыз ағу қисықтарын көрсетуге болады.

10°C-та әртүрлі тартылған еттердің ығысу сипаттамалары келтірілген (1-кесте). Бұл сипаттамалар әртүрлі кәсіпорындардағы ет өнімдерінің өндірістік композициялардан өзгеше болады – 50% дейін [9,10]. Шұжық тартылған етін механикалық өңдеуге арналған жабдықтарды және олардың жұмысшы органдарын есептеуде тәжірибе кезінде кездесетін сипаттамалардың ең үлкен немесе ең ықтимал мәндерін ескеру керек.

Тұрақталған ағында құрылымды қалпына келтіру және бұзу үрдістер арасында тепе-теңдік күйін сипаттау үшін тиімді тұтқырлық $\eta_{эф}$ қолданылады, ол жылдамдық градиенті мен ығысу кернеу өзгерістерінен байланысты болады:

$$\eta_{эф} = B_0^* \cdot \dot{\gamma}_*^{-m} \quad (2)$$

мұндағы: $\dot{\gamma}_*$ – жылдамдықтың өлшемсіз градиенті, m – құрылымның бұзылуы темпі (2-кесте).

Кесте 1

10°C-та тартылған еттің әртүрлі түрлерінің ығысу сипаттамалары

Тартылған ет	Шектік ығысу кернеуі, Па	Пластикалық тұтқырлық, Па·с
Сиыр шұжығы	700	18÷20
Шошқа шұжығы	650	19÷22
Әуесқой шұжығы	700	18÷28
Докторлық шұжығы	540	16÷19
Шай шұжығы	500	-
Ливерлі шұжығы 30°C-та	2200	-
60°C-та	100	-
Шошқа сосискалары	450	9÷11

Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау. Тартылған еттің құрылымдық-механикалық сипаттамалары оның құрамынан және бірқатар технологиялық факторлардан (температура, ылғал мөлшері, ұсақтау дәрежесі, араластыру дәрежесі, қысым және т.б.) байланысты болады.

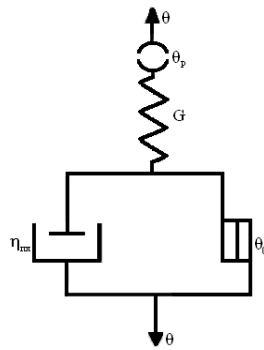
2-кестеде келтірілген қабырға жанындағы қабаттары мен ағын ядросының реологиялық сипаттамаларының айырмашылығы бар және өзгерістер шегінде қолданылады: ығысу кернеуі – 100-ден 3000 Па дейін, жылдамдық градиенті – 0,1-ден 220 с⁻¹дейін; құбырдың диаметрі – 0,007-ден 0,0515 м дейін, ұзындық пен диаметрдің қатынасы – 40-тан 340 дейін.

Кесте 2

Шұжық тартылған етінің реологиялық константалары

Шұжықтардың тартылған еті	(2) тендеудің коэффициенттері	
	B_0^*	m
Асханалық	335	0,79
Сүт, сиыр	375	0,79
Жеке	420	0,80
Орыс	500	0,81
Дәмханалық	700	0,80
Таллин	1000	0,81
Сервелат	1370	0,85

Бингам, Шведов, Шоффилд-Скотт-Блер [11] реологиялық механикалық модельдерді зерттеу мен механикалық өңдеу кезінде шұжық тартылған етінің жүрісін сипаттау үшін жүргізілген талдау негізінде реологиялық механикалық модель жетілдірілген, ол кесу кезінде тартылған еттің беріктігін жоғалтуын сипаттайтын элементі бар Бингам моделінен тұрады. Жетілдірілген реологиялық механикалық модель 1-суретте көрсетілген.



θ – ығысу кернеуі; G – серпімділік; $\eta_{пл}$ – пластикалық тұтқырлық; θ_0 – шектік ығысу кернеуі; θ_p – шектік кесу кернеуі.

Сурет 1. Реологиялық дененің – шұжық тартылған етінің механикалық моделі

Ұсақтау кезінде қысым пышақ арқылы тартылған етке беріледі, ол шектік кесу кернеуінен (θ_p) артық болатын кернеуде ұсақталады. Кесу күшінің салу уақыты өте аз, сондықтан шектік кесу кернеуі лезде жеткізіледі. Тартылған еттің ұсақталған денелері алдымен тұтқыр-серпімді (G , $\eta_{пл}$) ұшырайды, одан кейін шектік ығысу кернеуі (θ_0) артық болатын кернеуде тартылған ет пластикалық деформацияға ұшырап, ағып кетеді. Араластыру мен қалыптау кезінде тартылған ет серпімділік, тұтқырлық және пластикалықтықтан тұратын Бингам денесіне ұқсас болады.

Шұжық тартылған етінің реологиялық моделінің реологиялық теңдеуін келесі әдіспен алуға болады [12].

Шұжық тартылған ет моделінің жалпы деформациясы деформация қосындысына тең болады:

$$d\gamma = d\gamma_G + d\gamma_H + d\gamma_C + d\gamma_P \quad (3)$$

мұндағы: $d\gamma_G$, $d\gamma_H$, $d\gamma_C$, $d\gamma_P$ – сәйкесінше Гук, Ньютон, Сен-Венан денелері мен кесу кезінде тартылған еттің беріктігін төмендетуін сипаттайтын элементтің бұрыштық деформациялары.

(2) теңдеудің сол және оң жағынан туындысын алсақ, онда:

$$\frac{d\gamma}{dt} = \frac{d\gamma_G}{dt} + \frac{d\gamma_H + d\gamma_C}{dt} + \frac{d\gamma_P}{dt} \quad (4)$$

$\frac{d\gamma_H + d\gamma_C}{dt}$ шамасын Сен-Венан шартын еске алып, Ньютон денесінің реологиялық теңдеуін анықтаймыз:

$$\frac{d\gamma_H + d\gamma_C}{dt} = \dot{\gamma} = \frac{\theta - \theta_0}{\eta_{пл}} \quad (5)$$

$\frac{d\gamma_G}{dt}$ шамасын Гук денесінің реологиялық теңдеуінен анықтаймыз:

$$\frac{d\gamma_{\Gamma}}{dt} = \frac{1}{G} \cdot \frac{d\theta}{dt} \quad (6)$$

$\frac{d\gamma_p}{dt}$ шамасын Ньютон денесінің реологиялық теңдеуінен анықтаймыз:

$$\frac{d\gamma_p}{dt} = \dot{\gamma} = \frac{\theta_p}{\eta_{nl}} \quad (7)$$

(4) теңдеуге (5), (6) және (7) теңдеулерін қоссақ, шұжық тартылған ет моделінің реологиялық теңдеуін аламыз:

$$\dot{\gamma} = \frac{\dot{\theta}}{G} + \frac{\theta - \theta_0 - \theta_p}{\eta_{nl}} \quad (8)$$

мұндағы: θ_p – шектік кесу кернеуі.

Қорытынды. Қорытындылай келе, Шәкәрім университетінің мамандарымен реологиялық дененің – шұжық тартылған етінің механикалық моделі жетілдірілді. Бұл модель кесу кезінде тартылған еттің беріктігін жоғалтуын сипаттайтын элементі бар Бингам моделінен тұрады.

Ұсақтау кезінде айналып тұрған пышақтан қысым тартылған етке беріліп, соның нәтижесінде тартылған еттің шектік кесу кернеуі артқан кезде ол ұсақталып отырады. Кесу процесі өте жылдам жүреді, соның салдарынан шектік кесу кернеуі лезде артып, ол өзінің максимал мәндеріне жетеді. Бұл кезде тартылған еттің ұсақталған денелері әртүрлі (тұтқыр-серпімді, пластикалық) деформацияларға ұшырап ағып кетеді. Соңымен қатар, араластыру мен қалыптау үрдістері кезінде тартылған еттің жүрісі Бингам денесінің жүрісіне ұқсас болады.

Келтірілген реологиялық механикалық модель және құрылымдық-механикалық сипаттамалары өнімнің консистенциясын объективтік бағалауға ғана емес, сонымен қатар шұжық тартылған етінің барлық механикалық өңдеу кезеңдерінде оның жүрісін зерттеуге қажет болады.

Әдебиеттер тізімі

1. Мемлекет басшысы Қасым-Жомарт Тоқаевтың «Әділетті Қазақстанның экономикалық бағдары» атты Қазақстан халқына Жолдауы, 01.09.2023 [Электрондық ресурс]. – Қолжетімділік режимі: <https://www.akorda.kz>. Пайдалану күні: 27.01.25.
2. Косой, В.Д. Инженерная реология в производстве колбас [Текст] / В.Д. Косой, А.Д. Малышев, С.Б. Юдина. – М.: КолосС, 2005. – 264 с.
3. Мачихин, Ю.А. Реометрия пищевого сырья и продуктов [Текст]: справочник / Ю.А. Мачихин. – М.: Агропромиздат, 1990. – 271 с.
4. Горбатов, А.В. Реология мясных и молочных продуктов [Текст]: монография / А.В. Горбатов. – М.: Пищевая промышленность, 1979. – 383 с.
5. Мачихин, Ю.А. Инженерная реология пищевых продуктов [Текст] / Ю.А. Мачихин, С.А. Мачихин. – М.: Легкая и пищевая пром-сть, 1981. – 215 с.
6. Горбатов, А.В. Структурно-механические характеристики пищевых продуктов [Текст] / А.В. Горбатов, А.М. Маслов, Ю.А. Мачихин. – М.: Легкая и пищевая пром-сть, 1982. – 296 с.

7. Кабулов, Б.Б. Реология пищевых продуктов [Текст]: учебное пособие / Б.Б. Кабулов, Г.Б. Абдилова, А.Б. Бакиева, А.М. Муратбаев. – Семей: Ун-т им. Шакарима, 2024. – 208 с.
8. Бакиева, А.Б. Разработка конструкции режущего механизма волчка с целью совершенствования режимов измельчения пищевого сырья [Текст]: дис. ... д-ра философии (PhD): 6D072400 / А.Б. Бакиева. – Семей: Ун-т им. Шакарима, 2021. – 110 с.
9. Кулажанов, Т.К. Эффективность цифровой прослеживаемости при длительном хранении полукопченых колбас [Текст] / Т.К. Кулажанов, Л.К. Байболова, М.С. Сериккызы, Д.К. Балев, Д.Б. Влахова-Вангелова // Вестник Алматинского технологического университета. – 2024. – № 2. – С. 111-116.
10. Узаков, Я.М. Разработка математической модели прогнозирования качества полукопченых колбас из говядины второго сорта [Текст] / Я.М. Узаков, А.Н. Есенгазиева, Д.А. Тлевлесова, Л.А. Каймбаева, М.Ә. Қалдарбекова // Вестник Алматинского технологического университета. – 2023. – № 3. – С. 109-117.
11. Кабулов, Б.Б. Ет-сүйекті фаршының реологиялық механикалық моделі [Текст] / Б.Б. Кабулов, Г.Б. Абдилова, Г.А. Жумадилова, А.Б. Бакиева, Ж.А. Сергибаева // Механика және технологиялар. – 2024. – № 4(86). – Б. 34-40.
12. Кабулов, Б.Б. Интенсификация процессов механической обработки фарша [Текст]: дис. ... канд. техн. наук: 05.18.12 / Б.Б. Кабулов. – Семипалатинск: СГУ им. Шакарима, 2005. – 142 с.

Материал редакцияға 28.02.25 түсті, 27.11.25 қабылданды.

Б.Б. Кабулов¹, Г.Б. Абдилова¹, А.Б. Бакиева¹, А.Г. Джилкишева¹, Ә.С. Шенгельбаев¹

¹Университет Шакарима, Семей, Казахстан

РЕОЛОГИЧЕСКАЯ МЕХАНИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ КОЛБАСНОГО ФАРША

Аннотация. В статье описана разработка реологической механической модели колбасного фарша. Многие пищевые среды являются дисперсными системами, суспензиями, коллоидными растворами. Для разработки и конструирования машин и аппаратов нужно знать структурно-механические свойства этих сред. Структурно-механические свойства пищевых сред зависят от таких факторов, как физико-химические свойства сырья, продолжительность и вид обработки, скорость, давление и т.д. На вязкость вязкопластичных материалов влияют продолжительность и величина нагрузки. В свою очередь, движение пищевого сырья обусловлено его структурно-механическими особенностями. Доказано, что реологическое уравнение Бингама может характеризовать движение колбасного фарша. Анализ реологических моделей Бингама, Шведова, Шоффилд-Скотт-Блера и описание течения колбасного фарша при механической обработке позволили разработать ее реологическую механическую модель. Она состоит из модели Бингама с элементом, который описывает прочность фарша при резании. В ходе экспериментов разработано уравнение реологической модели колбасного фарша. Реологическая механическая модель и структурно-механические характеристики колбасного фарша необходимы не только для объективной оценки консистенции продукта, но и для исследования его течения на всех этапах механической обработки продукта.

Ключевые слова: колбаса, фарш, реологическая механическая модель.

B. Kabulov¹, G. Abdilova¹, A. Bakiyeva¹, A. Zhilkisheva¹, A. Shengelbaev¹

¹Shakarim University, Semey, Kazakhstan

RHEOLOGICAL MECHANICAL MODEL OF MINCED SAUSAGE

Abstract. The article describes the development of a rheological mechanical model of minced meat. Many food media are dispersed systems, suspensions, and colloidal solutions. For the development and construction of machines and apparatuses, it is necessary to know the structural and mechanical properties of these media. The structural and mechanical properties of food media depend on such factors as the physico-chemical properties of raw materials, the duration and type of processing, speed, pressure, etc. The viscosity of viscoplastic materials is affected by the duration and magnitude of the load. In turn, the movement of food raw materials is determined by its structural and mechanical features. It is proved that the Bingham rheological equation can characterize the motion of minced meat. The analysis of the rheological models of Bingham, Shvedov, and Shoffield-Scott-Blair and the description of the flow of minced sausage during mechanical processing made it possible to develop its rheological mechanical model. It consists of a Bingham model with an element that describes the strength of minced meat when cutting. During the experiments, the equation of the rheological model of ground sausage was developed. The rheological mechanical model and structural and mechanical characteristics of minced meat are necessary not only for an objective assessment of the consistency of the product, but also for the study of its flow at all stages of the mechanical processing of the product.

Keywords: sausage, minced meat, rheological mechanical model.

References

1. Address of the President of the Republic of Kazakhstan Kassym-Jomart Tokayev to the people of Kazakhstan "The Economic Course of a Just Kazakhstan", 01.09.2023 [Electronic resource]. – Access mode: <https://www.akorda.kz>. Date accesse: 27.01.25. [in Kazakh].
2. Kosoy, V.D., Malyshev, A.D., Yudina, S.B. Inzhenernaya reologiya v proizvodstve kolbas [Engineering Rheology in Sausage Production]. – Moscow: KolosS, 2005. – 264 p. [in Russian].
3. Machikhin, Yu.A. Reometriya pishchevogo syr'ya i produktov [Rheometry of Food Raw Materials and Products]: Handbook. – Moscow: Agropromizdat, 1990. – 271 p. [in Russian].
4. Gorbato, A.V. Reologiya myasnykh i molochnykh produktov [Rheology of Meat and Dairy Products]: monograph. – Moscow: Food Industry, 1979. – 383 p. [in Russian].
5. Machikhin, Yu.A., Machikhin, S.A. Inzhenernaya reologiya pishchevykh produktov [Engineering Rheology of Food Products]. – Moscow: Light and Food Industry, 1981. – 215 p. [in Russian].
6. Gorbato, A.V., Maslov, A.M., Machikhin, Yu.A. Strukturno-mekhanicheskie kharakteristiki pishchevykh produktov [Structural-Mechanical Characteristics of Food Products]. – Moscow: Light and Food Industry, 1982. – 296 p. [in Russian].
7. Kabulov, B.B., Abdilova, G.B., Bakiyeva, A.B., Muratbaev, A.M. Reologiya pishchevykh produktov [Rheology of Food Products]: Textbook. – Semey: Shakarim University, 2024. – 208 p. [in Russian].
8. Bakiyeva, A.B. Razrabotka konstruktсии rezhushchego mekhanizma volchka s tsel'yu sovershenstvovaniya rezhimov izmel'cheniya pishchevogo syr'ya [Development of the Cutter Mechanism of the Grinder for Improving the Modes of Food Raw

- Material Grinding]: PhD Dissertation: 6D072400. – Semey: Shakarim University, 2021. – 110 p. [in Russian].
9. Kulazhanov, T.K., Baibolova, L.K., Serikkyzy, M.S., Balev, D.K., Vlahova-Vangelova, D.B. Effektivnost' tsifrovoy proslezhivaemosti pri dlitelnom khranении polukopchenykh kolbas [Efficiency of Digital Traceability during Long-Term Storage of Semi-Smoked Sausages] // Bulletin of Almaty University of Technology. – 2024. – № 2. – P. 111-116. [in Russian].
 10. Uzakov, Ya.M., Esengazyeva, A.N., Tlevlesova, D.A., Kaimbaeva, L.A., Qaldarbekova, M.Ä. Razrabotka matematicheskoy modeli prognozirovaniya kachestva polukopchenykh kolbas iz govyadiny vtorogo sorta [Development of a Mathematical Model for Predicting the Quality of Second-Grade Semi-Smoked Beef Sausages] // Bulletin of Almaty University of Technology. – 2023. – № 3. – P. 109-117. [in Russian].
 11. Kabulov, B.B., Abdilova, G.B., Jumadilova, G.A., Bakiyeva, A.B., Sergibaeva, Zh.A. Et-süyekti farshyn' reologiyalyq mehanikalıq modeli [Rheological Mechanical Model of Meat-Bone Mince] // Mechanics and Technologies. – 2024. – № 4(86). – P. 34-40. [in Russian].
 12. Kabulov, B.B. Intensifikatsiya protsessov mekhanicheskoy obrabotki farsha [Intensification of Mechanical Processing of Mince]: Candidate of Technical Sciences Dissertation: 05.18.12. – Semipalatinsk: Shakarim State University, 2005. – 142 p. [in Russian].