

FTAMP 65.53.03

Д.А. Тлевлесова¹ – негізгі автор, ©
С.Т. Азимова², М.Ж. Кизатова³,
Н.К. Ахметова⁴, Ф.А. Махмудов⁵



^{1,2}PhD, ассоц. профессор, ³Д-р техн. наук, профессор, ⁴Канд. техн. наук, ⁵PhD

ORCID

¹<https://orcid.org/0000-0002-5084-6587> ²<https://orcid.org/0000-0002-8992-8889>

³<https://orcid.org/0000-0002-6481-7410> ⁴<https://orcid.org/0000-0001-7453-2200>

⁵<https://orcid.org/0000-0002-7791-1588>



^{1,2,4} Алматы Технологиялық университеті, Алматы, Қазақстан

³С.Д. Асфендияров атындағы Қазақ ұлттық медицина университеті,
Алматы, Қазақстан

⁵Халықаралық инженерлік-техникалық университет, Алматы, Қазақстан



¹tlevlessova@gmail.com

<https://doi.org/10.55956/GMBW3326>

АЛМА СЫҒЫНДЫСЫ НЕГІЗІНДЕГІ ДЕТОКСИКАЦИЯЛЫҚ ҚАСИЕТКЕ ИЕ ҰНТАҒЫН ЖАСАУ ТЕХНОЛОГИЯСЫ

Аңдатпа. Алма сығындысы негізінде детоксикациялық қасиеттері бар ұнтақты алу технологиясы әзірленді. Табиғи сорбенттерді қолданумен жүргізілген жұмсақ кептіру тағамдық талшықтар мен фенолдық қосылыстардың құрамын сақтап қана қоймай, олардың мөлшерін арттыруға мүмкіндік беретіні анықталды. Зерттеу нәтижесінде антиоксиданттық белсенділік 34%-ға, ал Pb²⁺ және Cd²⁺ иондарын сіңіру қабілеті тиісінше 50% және 49%-ға артқаны анықталды. Өнімнің жарықтылығының жоғарылауы мен ащылықтың жойылуы секілді түс және органолептикалық сипаттамалар жақсарды. Ұсынылған технология өсімдік талшығын тұрақтандыру және функционалдандыру тұрғысынан тиімді екенін көрсетті. Алынған нәтижелер детоксикациялық талшықты функционалды тағам өнімдерінде пайдаланудың жоғары әлеуетін дәлелдейді.

Тірек сөздер: алма сығындысы, детоксикация, тағамдық талшық, антиоксиданттар, сорбциялық қабілет, полифенолдар, кептіру, функционалды өнімдер, ауыр металдар, органолептикалық қасиеттер.



Тлевлесова, Д.А. Алма сығындысы негізіндегі детоксикациялық қасиетке ие ұнтағын жасау технологиясы [Мәтін] / Д.А. Тлевлесова, С.Т. Азимова, М.Ж. Кизатова, Н.К. Ахметова, Ф.А. Махмудов // Механика және технологиялар / Ғылыми журнал. – 2025. – №4(90). – Б.106-112. <https://doi.org/10.55956/GMBW3326>

Кіріспе. Тамақ өнеркәсібінің қосалқы өнімдерін қайта өңдеудің басым бағыттарының бірі – тағамдық және биологиялық құндылығы жоғары функционалды ингредиенттерді алу болып табылады. Шырын өндірісінде түзілетін алма сығындысы тағамдық талшықтардың (13,5-14,6% еритін және 33,8% ерімейтін) және полифенолдық қосылыстардың бағалы көзі болып саналады [1]. Бұл компоненттер антиоксиданттық және детоксикациялық белсенділікке ие, сондықтан сығындыны қалдық емес, жоғары қосылған құнға ие шикізат ретінде қарастыруға болады [2].

Алайда кептіру мен сақтау кезінде алма сығындысында қараю, фенолдық қосылыстардың тотығуы, антиоксиданттық әлеуеттің төмендеуі және органолептикалық қасиеттердің нашарлауы байқалады [3]. Мұның себебі – полифенолоксидазаның белсенділігі мен орто-хинондардың жиналуы, нәтижесінде тотығу-қараю реакцияларының тізбегі жүреді.

Қазіргі зерттеулер алма сығындысын өңдеу кезінде түс пен антиоксиданттарды сақтау үшін түрлі тәсілдерді ұсынады. Мысалы, [1] еңбегінде дегидроаскорбин қышқылының түс тұрақтылығын және антиоксиданттардың сақталуын қамтамасыз ететіні көрсетілген. Сонымен қатар, өсімдік тектес РРО-ингибиторлар мен микроөлшемді сульфиттік өңдеулердің тиімділігі дәлелденген [4,5]. Алма сығындысын тағам өнімдеріне енгізу олардың тағамдық құндылығын арттырумен қатар, қабыну және тотығу стрессімен байланысты метаболикалық бұзылыстардың алдын алуға ықпал етеді [2].

Демек, табиғи сорбенттер мен антиоксиданттық өңдеуді қолдана отырып, алма сығындысынан детоксикациялық талшық алу технологиясын әзірлеу – Zero Waste тұжырымдамасына және тұрақты даму қағидаттарына сай келетін өзекті бағыт.

Зерттеу шарттары мен әдістері. *Материалдар.* Негізгі шикізат ретінде алма сығындысы, сондай-ақ «Түлкібас жеміс-жидектері» кәсіпорнында шырын өндірісі кезінде алынған алмұрт және өрік сығындылары пайдаланылды. Шикізат өңделген күні іріктеліп алынып, $4 \pm 1^\circ\text{C}$ температурада зертханаға жеткізілді.

Шикізатты дайындау. Сығынды қалдық қанттар мен ферменттерден тазарту мақсатында ауыз сумен жуылды. Қараюдың алдын алу үшін 0,5% лимон қышқылы ерітіндісімен өңделді. Артық ылғал 2 мм тесігі бар електен өткізілді.

Кептіру жағдайлары. Кептіру $40\text{--}50^\circ\text{C}$ температурада зертханалық дегидраторда жүргізілді, соңғы ылғалдылық 5-7% деңгейінде (термогравиметриялық әдіс). Кей үлгілерде вакуумдық кептіру 0,08 МПа қалдық қысымда жүзеге асырылып, фенолдық қосылыстардың ыдырауын азайтты. Кептірілген өнім $20\text{--}22^\circ\text{C}$ температурада салқындатылып, көпқабатты полимерлі қаптамада сақталды.

Сорбенттермен байыту. Кептірілген сығынды 100-200 мкм фракцияға дейін ұнтақталып, табиғи сорбенттермен араластырылды: зығыр құнжарасы, жеміс сүйектерінен алынған активтелген көмір, ұнтақталған сүйектер, көк шай экстракты және аскорбин қышқылы.

Зерттеу әдістері:

- Ылғал мөлшері – ГОСТ 13586.5-93 бойынша;
- Тағамдық талшықтар – AOAC 991.43 әдісімен (энзим-гравиметриялық);
- Жалпы фенолдар – Фолин-Чокальтеу әдісімен, нәтижелер галл қышқылы (ГҚ) эквивалентінде;
- Антиоксиданттық белсенділік – капиллярлық электрофорез («Капель»);
- Сорбциялық қабілет – Pb^{2+} және Cd^{2+} иондарын атомдық-абсорбциялық спектроскопия әдісімен;
- Органолептикалық баға – ГОСТ ISO 6658-2016.

Барлық өлшеулер үш қайталауда ($n=3$) жүргізілді. Мәліметтер орташа $\pm$ стандартты ауытқу түрінде берілді. Статистикалық талдау: Шапиро-Уилк, Левен сынамалары, ANOVA + Tukey HSD ($p < 0,05$). Нормалдылық бұзылған

жағдайда Манн-Уитни және Краскел-Уоллис сынамалары қолданылды. Есеп Statistica 12.0 бағдарламасында орындалды.

Зерттеу нәтижелері. *Физика-химиялық көрсеткіштер.* Бастапқы алма сығындысында 78,5% ылғал, 46,2% тағамдық талшық (13,6% еритін және 33,8% ерімейтін) және 8,1 мг/г фенолдық қосылыстар болды. Жұмсақ кептіру және сорбенттермен байыту нәтижесінде алынған өнімде талшық пен антиоксидант мөлшері артты (1-кесте).

Кесте 1

Үлгілердің физика-химиялық көрсеткіштері

Көрсеткіш	Кептірілген талшық (бақылау)	Детокс-талшық (тәжірибе)
Тағамдық талшықтар, %	48,5 ± 0,9 ^a	53,4 ± 1,1 ^b
Еритін талшықтар, %	13,1 ± 0,4 ^a	15,4 ± 0,5 ^b
Ерімейтін талшықтар, %	35,4 ± 0,7 ^a	38,0 ± 0,8 ^b
Жалпы фенолдар, мг ГҚ/г	6,9 ± 0,2 ^a	9,8 ± 0,3 ^b

Ескерту: бір жолдағы әртүрлі әріптермен белгіленген мәндер статистикалық айырмашылыққа ие (ANOVA + Tukey, $p < 0,05$).

Детокс-талшықтағы тағамдық талшықтың үлесі 10,1% артқан. Фенолдық қосылыстардың мөлшері 42%-ға жоғары болды.

Антиоксиданттық белсенділік. Антиоксиданттық белсенділік DPPH• әдісі арқылы анықталып, нәтижелер тролокс эквивалентінде 100 г құрғақ затқа шаққандағы мәнде (ммоль ТЭ/100 г қ.з.) берілді. Талдау нәтижелері бақылау және детокс-талшық үлгілерінің арасында айқын айырмашылықтар бар екенін көрсетті (2-кесте).

Кесте 2

Үлгілердің антиоксиданттық белсенділігі

Үлгі	Антиоксиданттық белсенділік, ммоль ТЭ/100 г қ.з.	DPPH• радикалын ингибирлеу, %
Кептірілген талшық (бақылау)	3,12 ± 0,07	47,3 ± 1,1
Детокс-талшық (тәжірибе)	4,18 ± 0,09*	63,4 ± 1,4

Ескерту: бақылау үлгісімен салыстырғанда айырмашылықтар статистикалық тұрғыдан мәнді ($p < 0,05$).

Детокс-талшықтың антиоксиданттық белсенділігі 4,18 ммоль ТЭ/100 г қ.з. құрады, бұл бақылау үлгісіне карағанда шамамен 34%-ға жоғары (3,12 ммоль ТЭ/100 г қ.з.). DPPH• радикалын ингибирлеу пайызының артуы (63,4% қарсы 47,3%) 1-кестеде келтірілген фенолдық қосылыстар мөлшерінің ұлғаюымен өзара сәйкес келеді. Бұл деректер қолданылған детоксикациялық модификация технологиясы өнімді антиоксиданттық қасиеттері бар биологиялық белсенді қосылыстармен байытуға ықпал ететінін және оның функционалды тағамдық құндылығын арттыратынын дәлелдейді.

Сорбциялық қабілет. Ауыр металл иондарын байланыстыру қабілеті статикалық сорбция әдісімен анықталды ($n = 3$).

Қорғасын иондары (Pb^{2+}) үшін детокс-талшықтың сорбциялық қабілеті $18,7 \pm 0,9$ мг/г құрады, бұл бақылау үлгісінен ($12,4 \pm 0,6$ мг/г) айтарлықтай

жоғары болды ($p < 0,001$). Бұл көрсеткіш бақылау үлгісіне қатысты 50%-дық өсімді білдіреді ($t(4) = 11,27$, Cohen's $d = 5,03$, әсер көлемі – өте жоғары).

Кадмий иондары (Cd^{2+}) үшін де ұқсас үрдіс байқалды: детокс-талшықтағы мән $14,5 \pm 0,7$ мг/г, ал бақылау үлгісінде – $9,7 \pm 0,5$ мг/г ($p < 0,001$), яғни салыстырмалы өсім +49% ($t(4) = 10,96$, Cohen's $d = 4,90$, әсер көлемі – өте жоғары).

Детокс-талшықтың жоғары сорбциялық белсенділігі оның құрамындағы лигнин мен фенол гидроксил топтарының жоғары болуымен, сондай-ақ ауыр металл катиондарын хелаттау және адсорбциялау қабілеті бар активтелген көмір бөлшектерінің болуымен түсіндіріледі. Осындай механизмдер өсімдік тектес лигноцеллюлозалық сорбенттер үшін де сипатталған [6,7].

Түс сипаттамалары және органолептикалық бағалау. Түс параметрлері CIE Lab* жүйесі бойынша анықталды ($n = 3$).

Тәжірибелік үлгіде жарықтылықтың L^* көрсеткіші $68,5 \pm 0,8$ құрап, бақылауға қарағанда ($63,2 \pm 0,9$, $p < 0,01$) 8,4%-ға жоғары болды. a^* (қызыл реңк) көрсеткіші $6,8 \pm 0,4$ -тен $4,2 \pm 0,3$ -ке дейін төмендеді (–38%, $p < 0,001$), ал b^* (сарғылт реңк) $19,4 \pm 0,5$ -тен $17,8 \pm 0,4$ -ке дейін азайды (–8,2%, $p < 0,05$).

Органолептикалық талдау нәтижелері бойынша, детокс-талшық ашық қоңыр түсті, біртекті ұнтақ құрылымына ие, табиғи жеміс хош иісі бар және жұмсақ тәтті-қышқыл дәмімен сипатталды. Ащылық байқалмады. [1,7] ұсынған модификацияланған антиоксиданттық өңдеу әдісін қолдану табиғи түсті сақтауға және тотығу нәтижесінде болатын қараюды барынша азайтуға мүмкіндік берді.

Зерттеу нәтижелерін талқылау. Зерттеу нәтижелері көрсеткендей, жұмсақ кептіру мен табиғи сорбенттермен (зығыр күнжарасы, жеміс сүйектерінен алынған активтелген көмір, ұнтақталған сүйектер, көк шай экстракты, аскорбин қышқылы) байыту технологиясы физика-химиялық, функционалдық және органолептикалық сипаттамалары жақсартылған өнім алуға мүмкіндік береді.

Физика-химиялық көрсеткіштер. Детокс-талшықтағы тағамдық талшықтардың мөлшерінің бақылау үлгісіне қарағанда 10,1%-ға артуы зығыр күнжарасы мен сүйек шикізатынан енген лигноцеллюлозалық компоненттердің әсерімен түсіндіріледі. Бұл заттар жоғары сорбциялық белсенділікке ие және қосымша су байланыстыру қабілетімен ерекшеленеді. Фенолдық қосылыстардың (6,9-дан 9,8 мг ГҚ/г дейін) артуы антиоксиданттық қоспалар мен төмен температуралы кептірудің тиімділігін дәлелдейді. Бұл нәтижелер [8], сондай-ақ [9] еңбектеріндегі мәліметтермен сәйкес келеді, онда төмен температурада кептіру биологиялық белсенді заттардың сақталуына ықпал ететіні көрсетілген.

Антиоксиданттық белсенділік. DPPH• радикалын ингибирлеу көрсеткішінің 34%-ға артуы полифенолдық қосылыстардың жиналу немесе сақталу деңгейінің жоғары екенін дәлелдейді. Бұл деректер [7] зерттеулерімен сәйкес келеді, онда катехиндер мен фенолдық қышқылдарға бай өсімдік экстракттарын енгізу талшықты өнімдердің антиоксиданттық әлеуетін айтарлықтай арттыратыны анықталған.

Сорбциялық қабілет. Детокс-талшықтың Pb^{2+} (+50 %) және Cd^{2+} (+49%) иондарын сіңіру қабілетінің жоғарылауы (Cohen's $d > 4,9$) өнімнің детоксикациялық тағамдар құрамында қолдануға болатын жоғары практикалық маңызын көрсетеді. Мұндай әсер функционалдандырылған

лигноцеллюлозалық сорбенттерде де байқалған, онда негізгі рөл фенол гидроксил топтарына және активтелген көмірдің микрокеуекті құрылымына тиесілі болған[1,10,11].

Түс және органолептикалық сипаттамалар. L* жарықтылығының артуы және а* қызыл реңк көрсеткішінің төмендеуі антиоксиданттық тұрақтандырудың тиімділігін дәлелдейді. Ащылықтың болмауы мен табиғи жеміс иісінің сақталуы өнімнің сенсорлық тартымдылығын арттырады, бұл оны функционалды тағам рецептураларына енгізу үшін маңызды фактор болып табылады [9].

Жалпы алғанда, алынған нәтижелер қолданылған технология өсімдік талшығының тағамдық және функционалды құндылығын тек тұрақтандырып қана қоймай, айтарлықтай арттыра алатынын дәлелдейді. Осылайша, детоксикациялық талшық профилактикалық және арнайы тағам өнімдерінің құрамдас бөлігі ретінде кең қолдану әлеуетіне ие.

Қорытынды. Өсімдік сығындысынан алынған детоксикациялық талшық өндіру технологиясы әзірленді. Технология жұмсақ кептіру мен өсімдік және минерал тектес сорбенттермен байыту кезеңдерін қамтиды.

Бақылау үлгісіндегі кептірілген талшықпен салыстырғанда алынған өнім келесі артықшылықтармен сипатталады:

- тағамдық талшықтардың жалпы мөлшері 10,1%-ға артты, оның ішінде еритін бөлігі +17,6%, ерімейтін бөлігі +7,3%;
- фенолдық қосылыстардың мөлшері 42%-ға өсті;
- антиоксиданттық белсенділік 34%-ға жоғарылады;
- ауыр металл иондарын (Pb^{2+} және Cd^{2+}) сіңіру қабілеті тиісінше 50% және 49%-ға артты.

Түс сипаттамалары мен сенсорлық қасиеттердің жақсаруы өнімді функционалды және профилактикалық бағыттағы тағам өнімдерінің құрамына енгізуге мүмкіндік береді.

Алынған нәтижелер ұсынылған технологияның өнеркәсіптік өндіріске енгізу әлеуеті жоғары екенін және детоксикациялық талшықтың биожетімділігі мен клиникалық тиімділігін бағалау бойынша қосымша зерттеулер жүргізудің қажеттілігін көрсетеді.

Әдебиеттер тізімі

1. Chaudhary N., Paul B.N., Giri S.S. New strategy for browning prevention in apple pomace processing and toxicity tested in a rodent model // ACS Omega. – 2024. – Vol. 9. – No. 30. – P. 33022-33032.
2. Girotto O.S., Giri S.S., et al. Effects of apples (*Malus domestica*) and their derivatives on metabolic conditions related to inflammation and oxidative stress and an overview of by-products use in food processing // Critical Reviews in Food Science and Nutrition. – 2025. – Vol. 65. – No. 19. – P. 3785-3816.
3. Mierczak K., Garus-Pakowska A. An overview of apple varieties and the importance of apple consumption in the prevention of non-communicable diseases – a narrative review // Nutrients. – 2024. – Vol. 16. – No. 19. – P. 3307.
4. Ribeiro J.A., Lima R.R., et al. Kojic acid: evaluation of its effectiveness in controlling pulp browning in minimally processed 'Royal Gala' apples // Journal of Food Measurement and Characterization. – 2023. – Vol. 17. – No. 6. – P. 5959-5971.
5. Pandiselvam R., Manickavasagan A., et al. Ozone-based oxidation treatment to enhance food drying rate and quality: mechanisms, current knowledge, and future outlook // Food and Bioprocess Technology. – 2025. – P. 5038-5057.

6. Yue Y., Li X., et al. Fruit pomaces: effects on growth performance, gut morphology, gut microbiota, immunity, meat and egg quality in poultry // *World's Poultry Science Journal*. – 2025. – P. 1-38.
7. Zhang L., Zhang C., Wei Z., et al. Effects of four drying methods on the quality, antioxidant activity and anthocyanin components of blueberry pomace // *Food Production, Processing and Nutrition*. – 2023. – Vol. 5. – P. 35.
8. Santos A.A. L., Leal G.F., Marques M.R., et al. Emerging drying technologies and their impact on bioactive compounds: a systematic and bibliometric review // *Applied Sciences*. – 2025. – Vol. 15. – No. 12. – P. 6653.
9. Wojdyło A., Lech K., Nowicka P. Effects of different drying methods on the retention of bioactive compounds, on-line antioxidant capacity and color of the novel snack from red-fleshed apples // *Molecules*. – 2020. – Vol. 25. – No. 23. – P. 5521.
10. Raji Z., Karim A., Karam A., Khalloufi S. Adsorption of heavy metals: mechanisms, kinetics, and applications of various adsorbents in wastewater remediation – a review // *Waste*. – 2023. – Vol. 1. – No. 3. – P. 775-805.
11. Bhardwaj A., Bansal M., Garima, Wilson K., Gupta S., Dhanawat M. Lignocellulose biosorbents: unlocking the potential for sustainable environmental cleanup // *International Journal of Biological Macromolecules*. – 2025. – Vol. 294. – P. 139497.

Материал редакцияға 26.08.25 түсті, 22.10.25 қабылданды.

**Д.А. Тлевлесова¹, С.Т. Азимова¹,
М.Ж. Кизатова², Н.К. Ахметова¹, Ф.А. Махмудов³**

¹*Алматинский Технологический университет, Алматы, Казахстан*

²*Казахский национальный медицинский университет им. С.Д. Асфендиярова,
Алматы, Казахстан*

³*Международный инженерно-технический университет, Алматы, Казахстан*

РАЗРАБОТКА ПОРОШКА С ДЕТОКСИКАЦИОННЫМИ СВОЙСТВАМИ НА ОСНОВЕ ЯБЛОЧНОЙ КЛЕТЧАТКИ

Аннотация. Разработана технология получения порошка с детоксикационными свойствами на основе яблочного жома. Определено, что мягкая сушка в сочетании с добавлением природных сорбентов позволяет сохранить и повысить содержание пищевых волокон и фенольных соединений. Установлено увеличение антиоксидантной активности на 34% и сорбционной способности к ионам Pb²⁺ и Cd²⁺ на 50% и 49% соответственно. Выявлено улучшение цветовых характеристик и органолептических свойств, включая повышение светлоты и устранение горечи. Подтверждена эффективность разработанной технологии в стабилизации и функционализации растительной клетчатки. Полученные результаты демонстрируют потенциал детокс-клетчатки для использования в составе функциональных продуктов питания.

Ключевые слова: яблочный жом, детоксикация, пищевая клетчатка, антиоксиданты, сорбционная способность, полифенолы, сушка, функциональные продукты, тяжёлые металлы, органолептические свойства.

D.A. Tlevlessova¹, S.T. Azimova¹,
M.Zh. Kizatova², N.K. Akhmetova¹, F.A. Makhmudov³

¹Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan

²S.D. Asfendiyarov Kazakh National Medical University, Almaty, Kazakhstan

³International Engineering and Technical University, Almaty, Kazakhstan

DEVELOPMENT OF A DETOXIFYING POWDER BASED ON APPLE FIBER

Abstract. A technology for producing a detoxifying powder based on apple pomace was developed. It was determined that mild drying combined with the addition of natural sorbents helps preserve and enhance the content of dietary fibers and phenolic compounds. Antioxidant activity increased by 34%, while the sorption capacity for Pb²⁺ and Cd²⁺ ions rose by 50% and 49%, respectively. Improved color parameters and organoleptic properties, including increased brightness and elimination of bitterness, were identified. The effectiveness of the developed technology in stabilizing and functionalizing plant fiber was confirmed. The results demonstrate the potential of detox-fiber for use in functional food products.

Keywords: apple pomace, detoxification, dietary fiber, antioxidants, sorption capacity, polyphenols, drying, functional products, heavy metals, organoleptic properties.