

ЖЫЛУ ФИЗИКАСЫ ЖӘНЕ ТЕОРИЯЛЫҚ ЖЫЛУ ТЕХНИКАСЫ ТЕПЛОФИЗИКА И ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ТЕПЛОТЕХНИКА THERMOPHYSICS AND THEORETICAL THERMOENGINEERING

ӘОЖ 338.2(075.8); 637.075

Б.Р. Нүсіпбеков¹, А.К. Хасенов¹, М. Стоев²,
Д.Ж. Карабекова¹, А.Ж. Бейсенбек¹, А.Б. Умаров¹

¹Е.А. Бөкетов атындағы Қарағанды мемлекеттік университеті, Қазақстан;

²«Неофит Рилски» Оңтүстік-Батыс университеті, Благоевград, Болгария
(E-mail: ayanbergen@mail.ru)

Аққыш сұйық өнімдерді өндеудің жаңа әдісі

Мақала сүтті өндеудің электроимпульсті әдісіне арналды. Өнімді өндеу үшін цилиндр пішінді шыны ұяшықтан және жұмыстық электродтан тұратын жұмыс арнасы құрастырылды. Сұйық өнімнің көлемінде импульсті разрядтың өтуін іске асыру үшін жұмыстық электродтар коррозияға жоғары төзімді, берік, экологиялық қауіпсіз металдан дайындалды. Жұмыс арнасы электроимпульсті технологияның әр түрлі электрлі және геометриялы параметрлерінде сынақтан өткізілді. Сынақтар электроимпульсті қондырғыдағы конденсатор батареясының сыйымдылығы 0,25 мкФ, жұмыстық разрядаралық қашықтық 5 мм және разряд импульстары санын 100÷1500 аралығына өзгерте отырып, орындалды. Тәжірибелік зерттеулер кезінде сүттің құрамына импульсті разрядтың әсері зерттеліп, өнімнің микробиологиялық құрамы анықталды. Табиғи сүтті электроимпульсті өндеу жұмыстарынан алынған үлгілерінің құрамындағы уытты элементтер, радионуклидтер, пестицидтер, патогенді микроағзалар, ішек таяқшасы тобы бактериялары, мезофильді аэробтық және факультативті анаэробты микроағзалар Қарағанды қаласының «Ұлттық сараптау және сертификаттау орталығы» Акционерлік қоғамында зерттелді. Алынған нәтижелерден электроимпульсті әдіспен өңделген өнімнің құрамын бастапқы шикізаттың құрамындағы құнды құраушылармен салыстырғанда майдың және ақуыздың массалық үлесі сақталатыны байқалды.

Кілт сөздер: аққыш сұйық өнімдер, электроимпульсті технология, импульсты разрядтар саны, жұмыстық кернеу, разрядаралық қашықтық.

Қазіргі таңда аққыш сұйық өнімдерді (жемістердің шырындары, сүт, техникалық су) өндеудің өндірістік әдістері химиялық, физика-химиялық, микробиологиялық, биохимиялық, биотехнологиялық, жылу физикалық және басқа да қиын және айырықша технологиялық үдерістерден құралған күрделі кешенді қамтиды. Сондықтан ғалымдар шикізатты өндеудің дәстүрлі емес жаңа әдістерін ұсынуда. Олар тағамдық сұйықтарды өндеудің электрофизикалық және электротехникалық әдістері: үздіксіз және импульсті режимдегі жоғары жиілікті энергия, инфрақызыл сәулелендіру, акустикалық тербеліс, ультракүлгін сәулелендіру [1, 2].

Сүт өнімдерін өндіретін өндіріс орындарында негізгі шикізат ретінде табиғи сүт пайдаланылуда. Шикізаттан қажетті өнімді алар алдында, оның құрамындағы зиянды микробтардан арылу үшін бірнеше әдістерді қолданады. Сүтті өндеудің кең тараған әдісі – пастерлеу. Өндірісте сүтті пастерлеудің келесідей түрлері қолданыс табады:

- ұзақмерзімді пастерлеу — сүтті 60 °С жоғары температурада 30 мин қыздыру;
- қысқамерзімді пастерлеу — сүтті 73–75 °С температура аралығында 20–30 мин қыздыру;
- лездік пастерлеу — 85–90 °С температурда сүтті қыздыру [3, 4].

Сонымен қатар қазіргі таңда шет елдері ғалымдарымен (Н.А. Тихомирова, С.Д. Шестаков, С.Н. Шлыков, Е.А. Фиалкова, В.Н. Хмелев, О.В. Попова, С.А. Дунаев және т.б.) көп құраушылы тағамдық жүйелерге электрофизикалық әдістермен әсер ету арқылы тағамдық шикізаттар өндіріс

технологияларын қарқындалуға болатындығы дәлелденген. Сүт шикізаттарын өңдеудің көпшілік үдерістері гидродинамика заңдылығына негізделген. Бірақ сүт біртекті емес гетерогенді орта болғандықтан, мұндай әсер ету кезінде әркелкі түрленеді. Тағамдық шикізаттың биополимерлері жоғары энергияның шоғырландырылған ағыстарының (жылдам қозғалатын элементар бөлшектерінің ағысы, қысқа толқынды электромагниттік сәулелендіру) салдарынан шикізаттар қасиеттерін өзгертеді. Жоғары энергияның сәулеленуі полимерлі материалдармен өзара әсерлесуі өнімнің химиялық өзгерістеріне әкеледі — бірігу немесе деструкцияға (өнім құрылымының бұзылуы). Бірігу макромолекулалар арасында химиялық байланыстардың түзілуімен, газ бөлінумен, қышқылдандыру деструкциясымен, косалқы қосылыстардың түзілуімен сипатталады. Мұндай жағдайларда физикалық қасиеттердің өзгерісі байқалады — тұтқырлық, ерігіштік, жарықөткізгіштік, электрөткізгіштік; әрі механикалық қасиеттері өзгеріске ұшырайды — беріктілік, қаттылық, деформациялануы [5].

Ғылыми-зерттеу жұмыстарының мәліметтерінен жоғары жиілікті толқындар сүттің құрамдас бөліктерінің мөлшері мен пішініне әсер ететіні байқалған. Ультрадыбысты сұйық арқылы өткізе отырып, циркуляциялау кезінде қызушы аймақтар мен микрокөпіршіктерді қалыптастыратын химиялық және физикалық реакциялар туындайды. Ультрадыбыс сұйықтың атомы мен молекулалары арасында әр түрлі реакцияларды туындатып, сүттің ақуызына әсер етеді.

Аталған әдістер шикізаттың құрамындағы адам ағзасына қауіпті бактерияларды жоюда, ірі фракциялы майларды ыдыратуға бірден әсер етпей, өнімнің компоненттеріне тек таңдаулы түрде әсер етеді. Әрі әдістер тағамдық сұйықтардың химиялық және физикалық құрамының өзгеріп кетуіне әсерін тигізеді. Өнім құрамының химиялық байланысын бұзу арқылы сүттің, ашымал сүт өнімдерінің сапасын өзгертуге болады. Мысалы, сүт өнімдерінің топтарын өндірісте өндіру кезінде өте маңызды көрсеткіштері болып табылатын ақуыз ұйындыларының ылғал ұстағыш қасиетін, ашу ұзақтығын өзгертуге мүмкіндік береді. Өнімдерді өңдеу кезінде макро- және микронутриеттердің, майларды, ақуыздарды, дәрумендердің мөлшерін максималды сақталып қалуын қамтамасыздандыру қажет [6, 7].

Жоғарыда аталған мәселелерге байланысты Е.А. Бөкетов атындағы ҚарМУ-дың физика-техникалық факультетінде электримпульсті әдіс көмегімен сұйық ортада шикізаттарды өңдеу үшін ғылыми жұмыстар жасалуда: сұйық ортада материалдарды таңдаулы өңдеу [8]; биоэтанолды электримпульсті технологиямен өңдеу [9], сүтті электримпульсті пастерлеу.

Жұмыс арнасы ретінде натрий-кальций-силикат шынысынан жасалған цилиндр пішінді ыдыс (ұяшық) пайдаланылып, ұяшықтың ток өткізбейтін пластмасс қақпағында жұмыстық электродтар бекітілді. Өнімді өңдеу кезінде жұмыс арнасындағы шикізатта импульсті разряд металл стержендердің арасында қалыптасатындықтан, жұмыстық электродтар тағамдық өндірісте жиі қолданылатын AISI 304 маркалы болаттан дайындалды. AISI 304 маркалы болат химиялық агрессивті орталар ықпалына және коррозияға жоғары төзімді, берік, экологиялық қауіпсіз болғандықтан, тағамдық кәсіпорындарда кең қолданыс табады.

Жұмыс электродтары өңделуші шикізаттың құрамына тікелей әсерін тигізетіндіктен, импульсті электр разрядтарының сұйық ортаға қарқынды берілуін іске асыратын негізгі жүйе болғандықтан, жұмыс арнасындағы (құрылғыдағы) сұйықтықтың көлемінде қарама-қарсы орналастырылды. Құрылғыны сынақтан өткізу мақсатында электримпульсті қондырғының әр түрлі электрлі және геометриялы параметрлерінде тәжірибелер жасалды (1-кесте). Сынақтар кезінде зерттелуші орта ретінде техникалық су қарастырылды.

1 - кесте

Аққыш сұйық өнімді өңдеудің электримпульсті құрылғысын сынақтан өткізу нәтижелері

N	$t, ^\circ\text{C}$	τ, c	Тұтынылған электр энергиясы, $\text{kBt}\cdot\text{caғ}$
100	21	24,16	0,01
350	21,5	83,55	0,03
500	21,9	123,97	0,08
750	22,4	185,97	0,14
1000	23,5	245,26	0,22
1500	25,1	370,26	0,33

Электримпульсті құрылғыны сынақтан өткізу кезінде электр тогын жұмыс ортасына импульсті өтуін қалыптастыратын разрядтаушы металл электродтардың ара қашықтығы $l_p = 5$ мм, конденсатор

сыйымдылығы $C = 0,25$ мкФ кезінде орындалды. Сынақтардың мәліметтері бойынша, келесідей тұжырым жасалды: жұмыс арнасындағы қарама-қарсы орналастырылған электродтардың арлығын тұрақтандырып ($l_p = 3$ мм), импульсті разрядтар саны $N = 100$ кезінде техникалық судың температурасы 21°C , жұмсалған уақыт $24,16$ с болса, разрядтар санын $N = 350$ арттырғанда ортаның температурасы $21,5^\circ\text{C}$, өңдеу уақыты $83,55$ с, $N = 500$ кезінде $t = 21,9^\circ\text{C}$, $\tau = 123,97$ с өзгерді. Разряд санын 750-ден 1500-ге көбейткенде ортаның температурасы $22,4 \div 25,1^\circ\text{C}$, жұмсалған уақыт $185 \div 370,26$ с құрады.

Келесі сынақтар электроимпульсті қондырғының электр тогын жұмыс ортасына импульсті өтуін қалыптастырушы разрядтаушы электродтардың ара қашықтығына (l_p), конденсатор батареясының сыйымдылығына (C , мкФ) тәуелді орындалды (2-кесте).

2 - кесте

Электримпульсті қондырғының электрлі және геометриялы параметрлеріне тәуелді жұмыс арнасын сынақтан өткізу кезінде алынған мәліметтер

l_p, U	$C, \text{мкФ}$		
	0,1	0,25	0,4
$l_p = 2$ мм, $U = 10$ кВ	5 Дж	12,5 Дж	20 Дж
$l_p = 3$ мм, $U = 12$ кВ	7,2 Дж	18 Дж	28,8 Дж
$l_p = 4$ мм, $U = 14$ кВ	9,8 Дж	24,5 Дж	39,2 Дж
$l_p = 5$ мм, $U = 16$ кВ	12,8 Дж	32 Дж	51,2 Дж
$l_p = 6$ мм, $U = 18$ кВ	16,2 Дж	40,5 Дж	64,8 Дж

Электримпульсті құрылғыны электрлік және геометриялық параметрлерге тәуелді сынақтан өткізу кезінде алынған нәтижелері конденсатор сыйымдылығының, разрядтаушы электродтардың арақашықтығының мәндеріне тәуелді импульсті разряд энергиясының шамасын әр түрлі ауқымға түрлендіруге мүмкіндік берді.

Тәжірибелік зерттеулер кезінде сүттің құрамына импульсті разрядтың әсері зерттеліп, өнімнің микробиологиялық құрамы анықталды. Импульсті разрядтар саны 1000, энергия жинағыш конденсатор сыйымдылығы 0,25 мкФ және разрядтаушы электродтардың ара қашықтығы 5 мм кезінде табиғи сүтті электримпульсті өңдеу жұмыстарынан алынған үлгілер Қарағанды қаласының «Ұлттық сараптау және сертификаттау орталығы» Акционерлік қоғамында зерттелді (3-кесте).

3 - кесте

Электримпульсті әдіспен табиғи сүтті өңдеуге дейінгі және кейінгі нәтижелері

Көрсеткіштердің атауы	Шикізатқа қойылатын талаптарды сипаттаушы нормативті және техникалық құжаттар (НҚ)	НҚ бойынша көрсеткіштер	Нақтылы мәндер	
			Табиғи сүт	ЭИ әдіспен өңделген өнім
1	2	3	4	5
ШМАФАнМ, КОЕ/см ³	МЕМСТ 10444.15-94	$2 \cdot 10^5$ көп емес	+	+
ТТБ (колиформды)	МЕМСТ 9225-84	$0,01 \text{ см}^3$ көп емес	+	+
Патогенді микроорганизмдер	МЕМСТ 31659-2012	25 см^3 көп емес	+	+
Уытты элементтер, мг/кг				
Қорғасын	СТ ҚР МЕМСТ Р 51301-05	0,1 мг/кг көп емес	0,093	0,095
Мышьяк	МЕМСТ 26930-86	0,05 мг/кг көп емес	+	+
Кадмий	СТ ҚР МЕМСТ Р 51301-05	0,03 мг/кг көп емес	+	+
Сынап	МЕМСТ 26927-86	0,005 мг/кг көп емес	+	+
Микотоксин, мг/кг				
Афлатоксин	МЕМСТ 30711-01	0,0005 көп емес	+	+

3 - кестенің жалғасы

1	2	3	4	5
Пестицидтер, мг/кг				
Гексахлорцикло- гексан (α , β , γ -изомерлері)	МЕМСТ23452–79	0,05 көп емес	+	+
Дихлордифенил- дихлорэтан	МЕМСТ23452–79	0,05 көп емес	+	+
Радионуклидтер, Бк/кг				
Цезий-137	№ KZ 07.00.00304–2014 өлшеуді жүргізу әдістері	100 көп емес	2,2 \pm 5,8	0,4 \pm 5,9
Стронций-90	№ KZ 07.00.00303–2014 өлшеуді жүргізу әдістері	25	0 \pm 3,5	0 \pm 3,5
Физика-химиялық көрсеткіштер				
Ақуыздың массалық үлесі, %	МЕМСТ 23327–98	2,8 кем емес	2,8	2,8
Майдың массалық үлесі, %	МЕМСТ 5867–90	–	4,1	4,1

Ескерту. + МЕМСТ талаптарына сай; – МЕМСТ талаптарына сай емес.

Алынған нәтижелерден электроимпульсті әдіспен өңделген өнімнің құрамын бастапқы шикізаттың құрамындағы құнды құраушылармен салыстырғанда майдың және ақуыздың массалық үлесі сақталатыны байқалды. Шикізаттағы мезофильді аэробтық және факультативті анаэробты микроорганизмдер саны (ШМАФАНМ), ішек таяқшасы тобы бактериялары (ІТТБ), патогенді микроорганизмдер, ұйты элементтер, микотоксиндер, пестицидтер, радионуклидтер тағамдық сүт өніміне қойылатын МЕМСТ талаптарына сәйкес келетінін дәлелдеді.

Әдебиеттер тізімі

- 1 Голубева Л.В. Современные технологии и оборудование для производства питьевого молока / Л.В. Голубева, А.Н. Пономарева. — М.: Дели Принт, 2004. — 179 с.
- 2 Крымский В.В. Исследование влияния мощных наносекундных электромагнитных импульсов на химическое вещество и биологические объекты / В.В. Крымский и др. — Челябинск: ЧГТУ, 2001. — 51 с.
- 3 Технология пищевых производств: учебник / Под ред. А.П. Нечаева и др. — М.: Колос, 2005. — 768 с.
- 4 Крусь Г.Н. Технология молока и молочных продуктов / Г.Н. Крусь, А.Г. Храмцов, З.В. Волокитина, С.В. Карпычев. — М.: КолосС, 2008. — 455 с.
- 5 Бергман Л. Ультразвук и его применение в науке и технике / Л. Бергман; пер. с нем. — М.: ИИЛ, 1957. — 368 с.
- 6 Горбатова К.К. Физико-химические и биохимические основы производства молочных продуктов / К.К. Горбатова. — СПб.: ГИОРД, 2003. — 346 с.
- 7 Рогов И.А. Электрофизические методы обработки пищевых продуктов. — М.: Агропромиздат, 1989. — 272 с.
- 8 Nusupbekov B.R. On improvement of technology of complex extraction of rare and trace metals by electropulse method / B.R. Nusupbekov, K. Kussainov, S.E. Sakipova, A.Zh. Beisenbek // Metallofizika i Noveishie Tekhnologii. — 2014. — Vol. 36, No. 2. — P. 275–286. (Scopus, SJR-0,208).
- 9 Нусупбеков Б.Р. Электроимпульсный способ обработки биоэтанола / Б.Р. Нусупбеков, Е.О. Такиров, М.Б. Карагаева, А.К. Абишева // Наука и инновации — важные факторы развития «зеленой экономики» Казахстана: материалы респ. науч.-практ. конф. — Караганда, 2014. — С. 128–131.

Б.Р. Нусупбеков, А.К. Хасенов, М. Стоев,
Д.Ж. Карабекова, А.Ж. Бейсенбек, А.Б. Умаров

Новый метод обработки жидкотекучих продуктов

Статья посвящена электроимпульсному методу обработки молока. В научно-исследовательской работе для обработки молока разработан узел, состоящий из цилиндрического стеклянного сосуда и рабочего электрода. Для инициирования импульсного разряда в жидкой среде рабочие электроды изготовлены из высокопрочного, коррозионно-стойкого и экологически безопасного металла. Отмечено, что рабочий узел испытан при разных электрических и геометрических параметрах электроимпульсной

технологии. Испытания электроимпульсной установки проводились при емкости батарейного конденсатора 0,25 мкФ, расстояние рабочего межэлектродного промежутка 5 мм и количество импульсных разрядов варьировало — 100÷1500. При экспериментальных исследованиях определены влияние импульсного разряда молока и микробиологический состав продукта. После электроимпульсной обработки образцы молока исследовались в испытательной лаборатории Карагандинского филиала АО «Национальный центр экспертизы и сертификации» на содержание токсичных элементов, радионуклидов, пестицидов, патогенных микроорганизмов, бактерий группы кишечной палочки, на количество мезофильных аэробных и факультативных анаэробных микроорганизмов. Полученные результаты показали, что данные до и после обработки продукта электроимпульсным методом на содержание ценных компонентов сырья остались неизменными.

Ключевые слова: жидкотекучие продукты, электроимпульсная технология, количество импульсных разрядов, рабочее напряжение, межэлектродный промежуток.

B.R. Nussupbekov, A.K. Khassenov, M. Stoev,
D.Zh. Karabekova, A.Zh. Beisenbek, A.B. Umarov

New method of processing of liquid-acid products

The article is devoted to the electropulse method of milk processing. In research work for the processing of milk a unit consisting of a cylindrical glass vessel and a working electrode was developed. To initiate a pulse discharge in a liquid medium, the working electrodes are made of high-strength, corrosion-resistant and environmentally safe metal. The working unit is tested under different electrical and geometrical parameters of the electropulse technology. Tests of the electric pulse system were carried out at the capacity of the battery capacitor 0.25 μF, the distance of the working interelectrode gap 5 mm and the number of pulsed discharges varied 100 ÷ 1500. Experimental studies have determined the effects of a pulsed discharge of milk and the microbiological composition of the product. After the electroimpulse treatment, samples of milk were examined in the testing laboratory of the Karaganda branch of JSC «National Center for Expertise and Certification» for the content of toxic elements, radionuclides, pesticides, pathogenic microorganisms, bacteria of the Escherichia coli group, the number of mesophilic aerobic and facultative anaerobic microorganisms. The obtained results show that the data before and after treatment of the product by the electric pulse method for the maintenance of valuable components of the raw material remained unchanged.

Keywords: Fluid product, electropulse technology, number of pulsed discharges, working voltage, interelectrode gap.

References

- 1 Golubeva, L.V., & Ponomareva A.N. (2004). *Sovremennye tekhnologii i oborudovanie dlia proizvodstva pitevoho moloka [Modern technologies and equipment for the production of drinking milk]*. Moscow: Deli Print [in Russian].
- 2 Krymskii, V.V., et al. (2001). *Issledovanie vlianiia moshchnykh nanosekundnykh elektromagnitnykh impulsov na khimicheskoe veshchestvo i biologicheskie obiekty [Investigation of the influence of powerful nanosecond electromagnetic pulses on a chemical substance and biological objects]*. Chelyabinsk, ChSTU [in Russian].
- 3 Nechaev, A.P. (Eds.) (2005). *Tekhnologhiia pishchevykh proizvodstv [Technology of food production]*. Moscow: Kolos [in Russian].
- 4 Krus, G.N., Khramtsov, A.G., Volokitina, Z.V., & Karpichev, S.V. (2008). *Tekhnologhiia moloka i molochnykh produktov [Technology of milk and dairy products]*. Moscow: KolosS [in Russian].
- 5 Bergman, L. (1957). *Ultrazvuk i eho primeneniye v nauke i tekhnike [Ultrasound and its application in science and technology]*. (2nd ed.) Moscow: Izdatelstvo inostrannoi literatury [in Russian].
- 6 Gorbatova, K.K. (2003). *Fiziko-khimicheskie i biokhimicheskie osnovy proizvodstva molochnykh produktov [Physicochemical and biochemical basis of dairy products production]*. St. Petersburg: GIORД [in Russian].
- 7 Rogov, I.A. (1989). *Elektrofizicheskie metody obrabotki pishchevykh produktov [Electrophysical methods of food processing]*. Moscow: Agropromizdat [in Russian].
- 8 Nusupbekov, B.R., Kussainov, K., Sakipova, S.E., & Beisenbek, A.Zh. (2014). On the improvement of the technology of the complex extraction of rare and trace metals by electropulse method. *Metallofizika i Noveishie Tekhnologii*, 36(2), 275–286 (Scopus, SJR-0.208).
- 9 Nusupbekov, B.R., Takirov, E.O., Karagaeva, M.B., & Abisheva, A.K. (2014). Elektroimpulsnyi sposob obrabotki bioetanolа [Electropulse method of bioethanol treatment]. Proceedings from the Science and innovation are important factors in the development of the «green economy» of Kazakhstan: *Respublikanskaia nauchno-prakticheskaiа konferentsiia — Republican scientific and practical conference* (pp. 128–131). Karaganda [in Russian].