

FTAMP 65.29.29

С.Б. Ермекбаев¹ – негізгі автор, | ©
С. Әлтайұлы²



ORCID

¹Техн. ғылым. канд., доцент, ²Техн. ғылым. д-ры, профессор

¹<https://orcid.org/0009-0004-8842-5616> ²<https://orcid.org/0000-0003-4946-6824>



^{1,2}С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті,



Астана қ., Қазақстан



¹seitkamal_ermekbaev@mail.ru

<https://doi.org/10.55956/VVUN4655>

БИДАЙДЫҢ ӨНГЕН ДӘНДЕРІН ЫСТЫҚ АУАМЕН ЖӘНЕ АСҚЫН ЖОҒАРЫ ЖИІЛІКТЕГІ ЭЛЕКТРОМАГНИТТІК ӨРІСТЕ ӨНДЕУДІ САЛЫСТЫРМАЛЫ БАҒАЛАУ

Аңдатпа. Астықты жинау кезінде астық партияларының құрамында ақаулы дәндер кездеседі, оларға өнген, суық шалған, үсіген, піспеген, зиянкестермен бүлінген, түссізденген және тағы басқа дәндер кіреді. Мұндай ақаулы дәндердің технологиялық қасиеттері қалыпты дәндерге қарағанда төмен болып, оларды жарамды ету үшін қосымша өңдеу қажет болады. Солтүстік Қазақстанда жиналған астықтың 60%-дан астамы жоғары ылғалдылықта болады, ал бұл жоғары ылғалдылық дәннің өніп кетуіне алып келеді. Астық қабылдау пункттеріне түсетін бидайдың 50%-ға жуығында өнген дән кездеседі. Бұл астық партияларындағы бидайдың технологиялық қасиеттері оның құрамындағы өнген дәннің өну дәрежесіне тікелей байланысты болып, оның наубайханалық қасиеттерін төмендетеді. Мұндай бидай дәнінің, одан алынған ұнның және пісірілген нанның наубайханалық қасиетін арттырудың негізгі әдісі – амилолитикалық және протеолитикалық ферменттердің белсенділігін бәсеңдету. Бұл мақсатқа жету үшін мұндай астық партияларын жылумен өңдеу қажет. Жылумен өңдеудің келесі екі әдісі зерттелді: ыстық ауамен және асқын жоғары жиіліктегі электромагниттік өрісте өңдеу. Екі әдістің зерттеу нәтижелерін талдап, салыстыра келе екінші әдістің, яғни, асқын жоғары жиіліктегі электромагниттік өрісте өңдеудің артықшылықтары мен ерекшеліктері анықталды. Осы әдіспен құрамында өнген дәндері бар астық партияларын өңдеу режимдері анықталды. Аталған әдіспен өңдеу нәтижесінде бұл астық партияларын қыздыру төмен температурада жүргізіліп, ферменттедің белсенділігі төмендегенін және сағыздың сапасының жақсарғаны анықталды, демек, бұл әдіс құрамында өнген дәндері бар астықтың технологиялық қасиеттерінің арттыруға мүмкіндік береді.

Тірек сөздер: ақаулы дәндер, өнген дән, ыстық ауамен өңдеу, асқын жоғары жиіліктегі электромагниттік өрісте өңдеу.



Ермекбаев, С.Б. Бидайдың өнген дәндерін ыстық ауамен және асқын жоғары жиіліктегі электромагниттік өрісте өңдеуді салыстырмалы бағалау [Мәтін] / С.Б. Ермекбаев, С. Әлтайұлы // Механика және технологиялар / Ғылыми журнал. – 2025. – №1(87). – Б.41-48. <https://doi.org/10.55956/VVUN4655>

Кіріспе. Солтүстік Қазақстанда өндірілген бидайдың барлық сорттары генетикалық тұрғыдан олардың жоғары наубайханалық қасиеттерін қамтамасыз етеді, бірақ барлық бидай өндіру аймақтарындағыдай бидайдың

сапасын төмендететін жаңбыр, құрғақшылық, үсік және тағы басқа да факторлар кездеседі. Осындай факторлардың әсерінен дән ақаулы, яғни, толық бағалы емес күйге түсуі мүмкін. Мұндай ақаулы дәндерге өнген, суық шалған, үсіген, піспеген, зиянкестермен бүлінген, түссізденген және тағы басқа дәндер кіреді. Аталған ақаулар бидайдың технологиялық қасиеттеріне теріс әсер етеді.

Қазақстанның Солтүстік аймақтарында көбінесе бидай жоғары ылғалдылықта жиналады. Астық қабылдау пункттеріне түсетін астықтың 60%-дан астамы дымқыл және ылғал күйінде келеді. Дәннің құрамындағы жоғары ылғал оның өніп кетуіне алып келеді.

Астық қабылдау пункттеріне түсетін астықтың құрамында 50%-ға дейін өнген дән кездеседі [1].

Өнген дәннің өну дәрежесі мен бидайдың технологиялық қасиеттерінің төмендеуі арасында тікелей байланыс анықталған. Дәннің құрамындағы негізгі қор болып саналатын заттар (сағыздық ақуыздар, көмірсулар, липидтер) биохимиялық ыдырауға ұшырайды [2].

Мұндай бидай дәнінің, одан алынған ұнның және пісірілген нанның наубайханалық қасиетін арттырудың негізгі әдісі – амилолитикалық (негізінен α -амилазаны) және протеолитикалық ферменттердің белсенділігін бәсеңдету [3].

Бидайдың өнген дәнінің α -амилазасының белсенділігін бәсеңдету кептіру арқылы жүргізілген кезде (астық массасының қызу температурасы 80-90 °C дейін жетеді) сағыздық ақуыздардың бұзылуымен жүруі мүмкін [4].

Сондықтан өнген дәнді төмен температурадағы жылумен өңдеу мен оның наубайханалық қасиеттерін жақсартатын процестерді сыйыстыру арқылы жүргізілетін жаңа әдістерді анықтау маңызды және өзекті мәселе болып табылады.

Зерттеудің мақсаты құрамында әртүрлі мөлшерде өнген дәні бар бидай партияларын ыстық ауамен және асқын жоғары жиіліктегі электромагниттік өрісте өңдеу және салыстырмалы баға беру.

Аталған мақсатқа жету үшін келесі міндеттер қойылды:

- құрамында әртүрлі мөлшерде өнген дәні бар бидай партияларын ыстық ауамен өңдеу;
- құрамында әртүрлі мөлшерде өнген дәні бар бидай партияларын асқын жоғары жиіліктегі электромагниттік өрісте өңдеу;
- бидай партияларын өңдеу нәтижелерін салыстыру.

Зерттеу шарттары мен әдістері. Зерттеу нысаны ретінде бидайдың Саратов 29 сорты қолданылды. Құрамында әртүрлі мөлшерде өнген дәні бар бидай партиялары құрылды, олардың сипаттамалары 1-кестеде келтірілді.

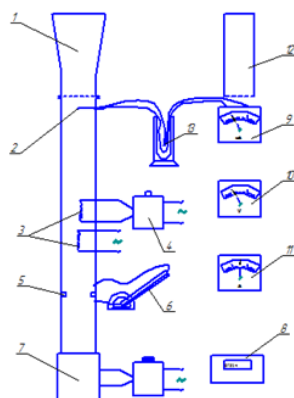
Бірінші партиядағы өнген дәндердің мөлшері 5% болса, екінші партияда – 10%-ға тең болды.

Құрамында 5% өнген дәндері бар бидай партиялары өнген дәндердің әртүрлі өну дәрежесінде дайындалды, яғни дәннің өнуі 24, 48 және 72 сағат мөлшерінде жүргізілді.

Зерттеуді салыстырмалы түрде жүргізу үшін құрамында әртүрлі мөлшерде өнген дәні бар бидай партияларын конвективті әдіспен өңдеу үшін 1-суретте көрсетілген зертханалық қондырғы қолданылды.

Кесте 1

Зерттеу нысаны		
Өнген дәндері бар астық партиясы	Дән, ұн және нан	
	Сынама №	Сынамалардың атауы
5%	1	Қалыпты дән
	2	Өнген дән
	3	Температурасы $T=40^{\circ}\text{C}$ -та асқын жоғары жиіліктегі электромагниттік өрісте өңделген өнген дән
	4	"-" $T=50^{\circ}\text{C}$
	5	"-" $T=60^{\circ}\text{C}$
	6	"-" $T=70^{\circ}\text{C}$
	7	"-" $T=80^{\circ}\text{C}$
10%	8	Қалыпты дән
	9	Өнген дән
	10	Температурасы $T=40^{\circ}\text{C}$ -та асқын жоғары жиіліктегі электромагниттік өрісте өңделген өнген дән
	11	"-" $T=50^{\circ}\text{C}$
	12	"-" $T=60^{\circ}\text{C}$
	13	"-" $T=70^{\circ}\text{C}$
	14	"-" $T=80^{\circ}\text{C}$
Салыстырмалы баға	15	Қалыпты дән
	16	Өнген дән
	17	Температурасы $T=40^{\circ}\text{C}$ -та асқын жоғары жиіліктегі электромагниттік өрісте өңделген өнген дән
	18	"-" $T=50^{\circ}\text{C}$
	19	"-" $T=60^{\circ}\text{C}$
	20	"-" $T=70^{\circ}\text{C}$
	21	"-" $T=80^{\circ}\text{C}$



1 – конусты кассета; 2 – термопара Х-К; 3 –калорифердің секциясы; 4 – зертханалық трансформатор; 5 – диафрагма; 6 – микроанометр; 7 – желдеткіш; 8 – электронды таразы; 9 – миллиамперметр; 10 – вольтметр; 11 – амперметр; 12 – цилиндрлі кассета; 13 – Дьюар ыдысы.

Сурет 1. Дәнді конвективті жылумен өңдеу қондырғысы

Құрамында әртүрлі мөлшерде өнген дәні бар және әртүрлі өну дәрежесіндегі бидай партияларын конвективті (ыстық ауамен) өңдеу тәжірибелері келесі тәртіпте орындалды.

Тәжірибелік астық партияларын ыстық ауамен өңдеу тығыз қозғалыссыз және жалған сұйық қабаттарда жүргізілді.

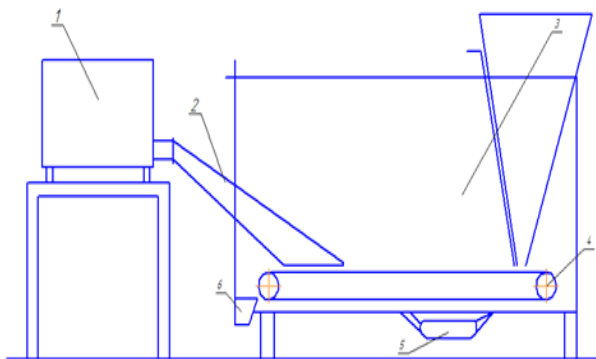
Салыстырмалы зерттеулер кезінде тығыз қозғалыссыз қабатта конвективті әдіспен өңдеу есепке алынбады, өйткені өнген дәндер біркелкі қызбады және процестің жүру жылдамдығы өте төмен болды.

Ылғалдылығы 24% болған дәннің дайындалған үлгілері түбі торлы кассетаға жайластырылды. Жалған сұйық қабатта өңдеу кезіндегі үлгінің массасы 70 г болды. Бос кассета мен дән салынған кассетаның массалары алдын ала зертханалық таразыларда анықталды. Дәнді конвективті жылумен өңдеу зертханалық қондырғысы тұрақты берілген режимге жеткізіліп, дән толтырылған кассета қондырғыға жайластырылды.

Конвективті өңдеудің ағымы кезінде секундомермен бақылай отырып, белгілі бір уақыт аралығында (10 с), өңделген дәні бар кассета қондырғыдан алынып, оның температурасы анықталып, таразыда өлшеніп отырды.

Осы әдіспен дәнді өңдеу кезінде процестің басқарушы параметрлері келесі мәндерге ие болды: дәннің қызу температурасы – 60°C; ыстық ауаның температурасы – 120°C; астық қабатындағы ауаның сүзу жылдамдығы – 1,28 м/с; ауа шығыны – 7,49 м³/сағ.

Салыстырмалы зерттеулер жүргізу үшін дәнді асқын жиілікте өңдеуге арналған эксперименттік қондырғы қолданылды (2-сурет). Эксперименттік қондырғы конвейер типті болды. Оның құрамына келесілер кірді: асқын жиіліктегі энергияның генераторы 1, толқынды – саңлаулы сәулелендіргіш 2, жүктеуші қондырғы 3, таспалы конвейер 4, мотор – редуктор 5 және түсіргіш қондырғы 6. Қондырғының барлық негізгі жұмыс органдары корпустағы асқын жиіліктегі сәуледен қорғаныс экранмен қоршауланған және электромагнитті өрістемагнитсіз металл қорытпадан жасалған.



1 – асқын жоғары жиіліктегі генератор; 2 – толқынды – саңлаулы сәулелендіргіш; 3 – жүктеуші қондырғы; 4 – таспалы конвейер; 5 – мотор – редуктор; 6 – түсіргіш қондырғы.

Сурет 2. Дәнді асқын жоғары жиілікте өңдеу эксперименттік қондырғысы

Эксперименттік қондырғы негізін жұмыстық жиілігі 2375 МГц-ке және реттеуші қуаты 0,1-2,5 кВт –қа тең асқын жиіліктегі энергияның көзі «Хазар 2Р» құрады.

Дәннің қызу температурасын толқынды сәулелендіргіштен кейін бірден кешенді түрдегі КСП-4 термоөлшегіш көпірі мен хромель-капельді термопараның көмегімен анықталып отырды. Бұл кешеннің температураны

өлшеу дәлдігі $\pm 1^\circ\text{C}$. Есептеулерге температураның орта мәндері қабылданды. Кейбір тәжірибелік нүктелердегі температураның ауытқуы оның орта мәндерінен $2-3^\circ\text{C}$ -тан асқан жоқ.

Құрамында әртүрлі мөлшерде өнген дәні бар және әртүрлі өну дәрежесіндегі бидай партияларын (ылғалдылығы 24%) асқын жоғары жиіліктегі электромагниттік өрісте қыздыру үшін жүктеуші қондырғыға толтырылды. Жүктеуші қондырғыдан (2-сурет) өңделетін астық реттеуші терезе арқылы конвейердің жылжитын таспасына өздік ағынмен түседі.

Дәнді қыздыру сәулелендіргіштің нақ астында жүргізілді. Бұл кезде электромагниттік толқын конвейер жазықтығына белгілі бір бұрышпен бағытталды. Асқын жоғары жиіліктегі генератор қуатының қажетті деңгейі алдын ала қойылымдылық эксперименттерден анықталған мәндерге сай реттелді. Асқын жоғары жиілікте өңдеу кезіндегі дәннің қызу температурасы 60°C -қа тең болды.

Жоғарыдағы тәртіппен өңделген астық үлгілері мен бастапқы үлгі кюветтерге жұқа қабаттармен жайластырылып, үш-бес тәулік аралығында табиғи жағдайда салқындатылды және кептірілді. Кептірілген және салқындатылған үлгілердің келесі көрсеткіштері анықталды: сағыздың мөлшері мен сапасы, құлау саны көрсеткіші бойынша α -амилазаның белсенділігі. Анықталған нәтижелер 2-кестеге енгізілді.

Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау. Құрамында әртүрлі өнген дәндері бар бидай партияларын конвективті әдіспен өңдеу нәтижесінде олардың құлау саны тек қана өну дәрежесі 24 сағатқа тең партияларда өзгеріс болды (2-кесте). Ал асқын жоғары жиілікте өңдеу нәтижесінде барлық үлгілерде, өну дәрежесіне қарамай, бұл көрсеткіш жоғарылап, бастапқы мәндеріне жақындады. Бұл құбылыс асқын жоғары жиілікте өңдеудің бірегей қасиеттерімен байланысты деп санауға болады. Аталған өңдеу кезінде өнген бидайдың ұрықтығы мен алейрондық қабаттарында жоғары термодинамикалық әлеуеттер пайда болады, олар белсенді ферменттерді инактивациялауды тиімдірек етеді.

Алдында айтылғандай, ақаулы дәнді жылумен өңдеудің барлық әдістері амилolitikалық және протеолитикалық ферменттерін инактивациялауды астықтың бүкіл масасы бойынша жоғары температурада өңдеу нәтижесінде жүргізіледі.

Кесте 2

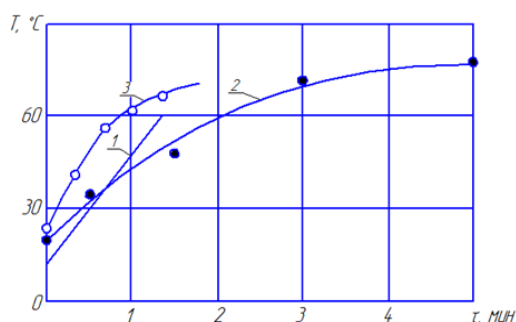
Өнген дәнді әртүрлі әдіспен өңдеудің оның наубайханалық қасиетіне әсері

Дән үлгісі	Сынама №	Дәннің бастапқы көрсеткіштері			Өңдеу әдістері					
		Сағыз мөлш, %	Сағыз сапасы, құр.бір.	Құлау саны, с	Асқын жоғары жиілікте			Конвективті		
					Сағыз мөлш, %	Сағыз сапасы, құр.бір.	Құлау саны, с	Сағыз мөлш, %	Сағыз сапасы, құр.бір.	Құлау саны, с
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Бастапқы дән	1	31,0	60	329	-	-	-	-	-	-
Құрамында 5% өнген дән (24 сағ)	2	31,1	72	160	31	62	329	30,4	63	249

2-кестенің жалғасы

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Құрамында 5% өнген дән (48 сағ)	3	31,0	78	136	31,1	65	309	30,9	57	142
Құрамында 5% өнген дән (72 сағ)	4	3,0	83	91	31,2	66	281	30,7	63	89
Құрамында 20% өнген дән (24 сағ)	5	31,0	72	120	31,0	63	301	30,8	67	146

Дәнді конвективті және өте жоғары жиілікте қыздыру кинетикасы 3 суретте келтірілген.



1 — асқын жоғары жиілікте қыздыру; 2 — астықты тығыз қабатта конвективті қыздыру; 3 — астықты фонтан қабатта конвективті қыздыру.

Сурет 3. Дәнді әртүрлі жылукөзімен қыздыру

3-суреттен көрініп тұрғандай, құрамында әртүрлі өнген дәндері бар бидай партияларын әртүрлі жылукөздерімен өңдеу кезінде басқа жылу көздеріне қарағанда дәнді асқын жоғары жиілікте қыздыру төмен температурада жән қысқа мерзімде жүріп өтеді. Демек, өңдеу процесінің төмен температурада және жылдам өтуіне қарамастан өңделген астықтың технологиялық қасиеттері төмендемейді, керісінше, өнген дәннің амилोलитикалық және протеолитикалық ферменттерін инактивациялау нәтижесінде бұл партиялардың наубайханалық қасиеттері артады.

2-кестенің мәліметтері дәннің өну дәрежесіне қарай оның сағызының сапасы мен α -амилазаның белсенділігі өзгеретінін көрсетеді. Құрамында 5% өнген дәндері бар бидай партиялары өну дәрежесі 48 сағатқа тең болғанда сағыз сапасы бойынша бірінші топтан екінше топқа көшті. Өну дәрежесі осы мәнде болғанда құлау саны бастапқы 329-дан 136 секундқа дейін төмендеді.

2-кестенің мәліметтеріне қарасақ, бидай партияларын бірнеше жылумен өңдеу әдістермен өндегенде анықталатын көрсеткіштер әртүрлі деңгейде өзгереді. Бұл кезде сағыздың мөлшері бастапқы деңгейде қалады.

Жылумен өндеудің екі әдісін қолданғанда да сағыздың сапасы жақсарды, сағыз күшейіп, екінші топтан бірінші топқа ауысты.

Қорытынды. Эксперименттік мәліметтерді талдай және салыстыра отырып, келесі тұжырымға келуге болады. Астық массасының қызу температурасын төмендету және ферменттердің ең белсенді аймақтарында инактивациялау термодинамикалық әлеуеттерін құру үшін дәнді өндеуді электромагнитті өрісте жүргізу керек. Бұл кезде дәннің қызуы көлемі бойынша біркелкі орналаспаған ылғалдың энергияны сіңіру нәтижесінде пайда

болатын жылудың ішкі көздері есебінен жүреді. Өңдеу келесі параметрлерде жүргізілді: электромагниттік өрістің жиілігі 2375 МГц, реттеуші қуаты 0,1-2,5 кВт, дәннің ылғалдылығы – 24%, дәннің қызу температурасы – 55-60°C.

Сонымен құрамында әртүрлі мөлшерде өнген дәні бар және әртүрлі өну дәрежесіндегі бидай партияларын асқын жоғары жиіліктегі электромагниттік өрісте өңдеу арқылы астықтың технологиялық қасиеттерін жақсартуға болады деп түйін жасауға болады.

Әдебиеттер тізімі

1. Еремекбаев, С.Б. Повышение эффективности послеуборочной обработки проросшего зерна пшеницы на хлебоприемных предприятиях Северного Казахстана [Текст]: автореф. дисс. ... канд. техн. наук: 05.18.03 / С.Б. Еремекбаев. – М, 1993. – 27 с.
2. Васильев, А.А. Обоснование режимов послеуборочного обеззараживания зерна с использованием поля СВЧ [Текст]: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.02 / Васильев Алексей Алексеевич. – М, 2018. – 186 с.
3. Будников, Д.А. Интенсификация сушки зерна активным вентилированием с использованием электромагнитного поля СВЧ [Текст]: автореф. дисс. ... канд. техн. наук: 05.20.02 / Д.А. Будников. – Зеленоград, 2008. – 19 с.
4. Васильев, А.Н. Совершенствование процессов сушки и обеззараживания зерна в СВЧ поле [Текст] / А.Н. Васильев, А.Б. Оспанов, Д.А. Будников [и др.]. – Алматы: Нур-Принт, 2017. – 163 с.

Материал редакцияға 15.11.24 түсті, 21.02.25 қабылданды.

С.Б. Еремекбаев¹, С. Алтайұлы¹

¹Казахский агротехнический исследовательский университет им. С. Сейфуллина,
г. Астана, Казахстан

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ОБРАБОТКИ ПРОРОСШИХ ЗЕРЕН ПШЕНИЦЫ ГОРЯЧИМ ВОЗДУХОМ И СВЕРХВЫСОКОЧАСТОТНЫМ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМ ПОЛЕМ

Аннотация. При уборке урожая в составе партии зерна встречаются дефектные зерна, к ним относятся проросшие, морозобойные, недозревшие, поврежденные вредителями, обесцвеченные и другие. Технологические свойства таких дефектных зерен всегда будут ниже чем у нормального зерна. Чтобы довести их состояние до нормального необходимо их дополнительно обрабатывать. Более 60% убранного урожая в Северном Казахстане имеет высокую влажность, которая приведет к прорастанию зерна. Примерно 50% зерна, поступающего в хлебоприемные пункты, имеют в своем составе проросшие зерна. Технологические свойства пшеницы в этих партиях прямо зависят от степени прорастания проросших зерен и понижает их хлебопекарные свойства. Основным способом повышения хлебопекарных свойств такого зерна, муки и хлеба – это понижение активности амилалитических и протеолитических ферментов. Для достижения такой цели такие партии зерна необходимо обрабатывать теплом. Исследованы следующие два способа тепловой обработки зерна: горячим воздухом и нагрев зерна в электромагнитном поле (ЭМП) сверхвысокой частоты (СВЧ). После анализа и сравнения результатов двух способов обработки выявлено преимущество и особенности второго, т.е. обработки зерна в электромагнитном поле (ЭМП) сверхвысокой частоты (СВЧ). Определены режимы обработки данным способом партии зерна с содержанием проросшего зерна. При применении данного способа определены: нагрев партии зерна происходит при низкой температуре, активности ферментов понижается, качество клейковины улучшается. Значит данный способ

позволяет улучшить технологические свойства партии пшеницы с содержанием проросшего зерна.

Ключевые слова: дефектные зерна, проросшее зерно, обработка горячим воздухом, обработка зерна в электромагнитном поле (ЭМП) сверхвысокой частоты (СВЧ).

S.B. Ermekbayev¹, S. Altayuly¹

¹Kazakh Agrotechnical Research University named after S. Seifullin,
Astana, Kazakhstan

COMPARATIVE EVALUATION OF THE PROCESSING OF GERMINATED WHEAT GRAINS UNDER HOT AIR AND SUPER-HIGH FREQUENCY ELECTROMAGNETIC FIELD

Abstract. During harvesting, defective grains are encountered as part of a batch of grain. Defective grains, they include sprouted, frost-bitten, unripe, damaged by pests, discoloured and others. Technological properties of such defective grains will always be lower than those of normal grains. It is necessary to additionally treatment to bring them to a normal condition. More than 60% of the harvested crop in Northern Kazakhstan has high humidity, which will lead to grain germination. Approximately 50% of the grain arriving at grain receiving points contains sprouted grains. The technological properties of wheat in these batches directly depend on the degree of germination of sprouted grains and reduces their baking properties. The main way to improve the baking properties of such grain, flour and bread is to reduce the activity of amylolytic and proteolytic enzymes. To achieve this goal, such batches of grain must be treated with heat. The following two methods of heat treatment of grain have been investigated: hot air and heating of grain in electromagnetic field (EMF) of ultra-high frequency (UHF). After analysing and comparing the results of the two processing methods, the advantage and features of the second one were revealed, i.e. processing of grain in an electromagnetic field (EMF) of ultra-high frequency (UHF). The modes of processing of a batch of grain with sprouted grain by this method were determined. At application of the given method are determined: heating of grain batch occurs at low temperature, enzyme activity decreases, gluten quality improves. Therefore, this method allows improving the technological properties of a batch of wheat containing sprouted grain.

Keywords: defective grains, sprouted grain, processing with hot air, processing of grain in an electromagnetic field (EMF) of ultra-high frequency (UHF).

References

1. Yermekbayev, S.B. Povysheniye effektivnosti posleuborochnoy obrabotki prorosshogo zerna pshenitsy na khlebopriyemnykh predpriyatiyakh Severnogo Kazakhstana [Improving the efficiency of post-harvest processing of sprouted wheat grain at grain receiving enterprises in Northern Kazakhstan]: abstract. diss. ... Candidate of Technical Sciences: 05.18.03. – M., 1993. – 27 p. [in Russian].
2. Vasil'yev, A.A. Obosnovaniye rezhimov posleuborochnogo obezzarazhivaniya zerna s ispol'zovaniyem polya SVCH [Justification of post-harvest grain disinfection modes using a microwave field]: dis. ... Candidate of Technical Sciences: 05.20.02. – M., 2018. – 186 p. [in Russian].
3. Budnikov, D.A. Intensifikatsiya sushki zerna aktivnym ventilirovaniyem s ispol'zovaniyem elektromagnitnogo polya SVCH [Intensification of grain drying by active ventilation using an electromagnetic microwave field]: abstract. diss. ... Candidate of Technical Sciences: 05.20.02. – Zernograd, 2008. – 19 p. [in Russian].
4. Vasil'yev, A.N., Ospanov, A.B., Budnikov, D.A. et al. Sovershenstvovaniye protsessov sushki i obezzarazhivaniya zerna v SVCH pole [Improving the processes of drying and disinfecting grain in a microwave field]. – Almaty: Nur-Print, 2017. – 163 p. [in Russian].