

УДК 633.11

**ВЛИЯНИЕ ИОНООЗОННОЙ КАВИТАЦИОННОЙ ОБРАБОТКИ НА  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЗЕРНА ТРИТИКАЛЕ**

**ТРИТИКАЛЕ АСТЫҒЫНЫҢ ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ ҚАСИЕТІНЕ ИОНОЗОН  
КАВИТАЦИЯЛЫҚ ӨНДЕУДІҢ ӘСЕРІ**

**INFLUENCE OF ION-OZONE CAVITATIONAL TREATMENT ON TECHNOLOGICAL  
AND SEED PROPERTIES OF TRITICALE**

*А.И. ИЗТАЕВ, Г.Т. ДАРИБАЕВА, М.М. МАЕМЕРОВ, Ж.С. НАБИЕВА*  
*А.И. ИЗТАЕВ, Г.Т. ДӘРІБАЕВА, М.М. МАЕМЕРОВ, Ж.С. НӘБИЕВА*  
*A.I. IZTAYEV, G.T. DARIBAYEVA, M.M. MAEMEROV, ZH.S. NABIYEVA*

(Алматынський технологический университет)  
(Алматы технологиялық университеті)  
(Almaty Technological University)  
E-mail: Daribaeva.80@mail.ru

*Повышение технологического качества зерна тритикале на основе биоэнергетического воздействия имеет актуальное значение в улучшении пищевой ценности и экологической безопасности продуктов переработки. Впервые установлено, что ионоозонная кавитационная обработка может применяться как система положительного влияния на физико-биохимические, технологические, и в том числе на макаронные свойства зерна тритикале.*

*В статье приведены данные по влиянию на технологические свойства полнофакторных экспериментов 2<sup>4</sup> ионоозонной кавитационной обработки для тритикале «Таза элита» и математические расчеты коэффициентов регрессии методом наименьших квадратов по линейному плану с учетом межфакторных взаимодействий. Доказано, что обработка зерна тритикале с влажностью 20% ионоозонно-кавитационным потоком позволяет повысить количество сырой клейковины до 7,80%, крахмала до 5,60%, массы 1000 зерен до 14,81 г. по сравнению с контролем.*

*Тритикале астығының технологиялық сапасын биоэнергетикалық әсер негізінде арттыру экологиялық қауіпсіздік өнімдерін қайта өңдеу кезінде тағамдық құндылықты жақсартуда өзекті мәселе болып табылады. Алғаш рет анықталған ионоозонды кавитациялық өңдеуді қолдану жүйесі тритикале астығының физикалық-биохимиялық, технологиялық және соның ішінде макарон қасиеттеріне оң әсерін тудызады.*

*Мақалада ионоозонды кавитациялық өңдеуден өткен тритикале «Таза элита» өнімінің 2<sup>4</sup> толық факторлы эксперименттік технологиялық қасиеті және фактор аралық әрекеттесуді ескере отырып сызықтық жоспар бойынша ең кіші квадраттық әдісті пайдаланып математикалық регрессия коэффициенттері есептелді. Өңделген сынама құрамы өңделмеген сынамаға қарағанда шикі клейковина мөлшері 1,62%, крахмал 3,31%-ға, 1000 дәннің салмағы 8 г. жогарлаганы дәлелденді.*

*Increase in technological quality of grain of triticale on the basis of biopower influence has relevance to improvement of nutrition value and ecological safety of products of processing. It is for the first time established what ionoozon cavitacional processing can be applied as system of positive influence on physics -biochemical, technological and including on macaroni properties of grain of triticale.*

*The article shows the effect on technological properties of full factor experiments 2<sup>3</sup> ion ozone cavitacional treatment for the triticale "Taza Elite" and the mathematical calculations of the regression coefficients by the least squares method on the linear plan with allowance for interfactor interactions. It is proved what at triticale grain processing with humidity of 20% an ionoozon-cavitacional stream allows to increase quantity of a crude crude gluten to 1,62%, starch to 3,31%, the mass of 1000 grains to 8 g in comparison with control.*

**Ключевые слова:** ионоозон, тритикале, полнофакторный эксперимент, кавитация, технологические свойства, обработка.

**Негізгі сөздер:** ионоозон, тритикале, толықфакторлы эксперимент, кавитация, технологиялық қасиет, өңдеу.

**Keywords:** Ion - ozone, triticale, full factorial experiment, cavitation, technological properties, processing.

### ***Введение***

Для независимого Казахстана, обладающего большим сельскохозяйственным потенциалом, производство и сохранение собранного зерна имеют важнейшее стратегическое значение. В настоящее время большое внимание уделяется производству экологически чистых продуктов питания. Имеющееся техническое оснащение и процессы производственных технологических линий, методы и способы воздействия на продукцию со временем становятся несовершенными. Техника и аппараты, технологические линии, а также их процессы физически и морально устарели, имеют неудовлетворительные технико-экономические и экологические показатели, то есть не отвечают современным потребностям.

Одним из эффективных путей расширения ассортимента макаронных изделий является повышение их пищевой и биологической ценности, придание им лечебно-профилактических свойств за счет повышения в макаронах белка, пищевых волокон, витаминов, макро- и микроэлементов. Применение ионоозонированной воды и ионоозонно-кавитационной обработки зерна имеет важное практическое значение.

Научная концепция нанонауки рассматривает синтез ионноозонной смеси без вредных примесей оксидов азота и углерода при обработке, переработке и сохранности продуктов пищевых производств. Благодаря разнополярности электрического тока, а именно отрицательной полярности ионноозонной смеси и положительной полярности обрабатываемого продукта с применением кавитации в электромагнитном поле происходит активное взаимодействие. Этот процесс представлен как целостная система повышения биологической и экологической ценности продуктов.

Ионоозонная смесь – прекрасный дезинфектант и дезодорант, не дает осадков, оказывает неспецифическое действие, улучшает коагуляционную способность воды, уничтожает водоросли и простейшие, которые могут находиться в водопроводной воде и др. Озон и молекулярные ионы атакуют кле-

точную оболочку бактерии и вызывают озонлиз и окисление клеток [1].

В данной работе представлены результаты исследований по использованию ионоозонной кавитационной обработки зерна тритикале пищевого назначения с целью повышения технологических свойств зерновых культур для производства экологически чистых продуктов переработки.

Представлены математические расчеты коэффициентов регрессии методом наименьших квадратов по линейному плану с учетом межфакторных взаимодействий. Имеющееся в настоящее время математическое и программное обеспечение позволяет смоделировать и исследовать большое количество вариантов решаемой задачи, выбрать и обосновать наиболее целесообразное решение.

Сорт тритикале «Газа» – зимостойкий, развивает мощную плотную соломинку высотой 105-110 см. Потенциальная урожайность сорта «Газа» составляет 8-10 т/га, также предназначен для кормовых целей и для хлебопечения, как в чистом виде, так и в смеси с пшеницей. Потенциальная урожайность сорта на орошении составляет 11-12 т/га [2]. Биологическая ценность тритикале выше, чем у пшеницы. Растение устойчиво ко многим болезням, свойственным хлебу. Исходя из этого, в настоящее время стоит важная задача эффективного использования отечественных сортов тритикале в производстве хлебных и макаронных изделий [3].

### ***Объекты и методы исследований***

В качестве объекта исследования основного сырья было выбрано тритикале «Газа элита».

С целью улучшения технологических свойств зерна в научно-исследовательской лаборатории пищевых и перерабатывающих производств Алматинского технологического университета проведены опыты по обработке зерен тритикале «Газа элита» ионоозонно-кавитационным потоком.

При исследовании технологических свойств зерна были использованы следующие методики: отбор проб — по ГОСТ 13586.3-83,

определение влажности — по ГОСТ 13586.5-93, белок определяли с применением приборов DK6, UDK129 – принцип действия на классическом методе Кьельдаля, с использованием автоматизированной печи для сжигания и аппарата для перегонки [4]. Качество и количество клейковины определяли по ГОСТ 13586.1-68. Исследования проведены в аккредитованной испытательной лабораторий «Пищевая безопасность» Алматинского технологического университета.

Использована методика составления  $2^4$  – полнофакторного эксперимента. Математическая обработка и установление вида уравнений проводилась по линейной регрессионной модели. Общий вид уравнений для 4-х факторов такой:

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_4x_4 + b_1b_2x_1x_2 + b_1b_3x_1x_3 + b_1b_4x_1x_4 + b_2b_3x_2x_3 + b_2b_4x_2x_4 + b_3b_4x_3x_4$$

В уравнениях факторы обозначили в натуральных обозначениях, поскольку через  $x_1$  обозначают кодированные значения факторов.

$X_1$ – соотношение концентрации ионов (ед./см<sup>3</sup>) к концентрации озона (мг/см<sup>3</sup>), d, ед/мг;

$X_2$ -избыточное давление (кавитаций);

$X_3$ - влажность до обработки, %;

$X_4$ - время обработки, мин;

b – коэффициенты регрессии.

### Результаты и их обсуждение

Применение ионоозонной кавитационной обработки оказывает положительное действие на технологические свойства зерна тритикале. Зерно тритикале обработано ионоозонно-кавитационными потоками со средними режимными параметрами: продолжительность обработки – 10 и 20 мин; соотношение концентрации ионов (ед/см<sup>3</sup>) к концентрации озона (мг/см<sup>3</sup>) - 1000 и 15000 ед/мг. Избыточное давление (кавитации) 1,0-4,0 атм. Влажность до обработки зерна 13,0-20,0%.

Нами было изучено влияние ионоозонной кавитационной обработки на технологические показатели качества тритикале сорта «Таза элита», характеризующие физические, биохимические и макаронные свойства.

При обработке ионоозонно-кавитационным потоком до и после определены следующие показатели зерна, которые приведены в табл. 1.

Таблица 1 – Влияние на технологические свойства полнофакторных экспериментов  $2^4$  ионоозонной кавитационной обработки для тритикале «Таза элита»

№ опыта	Факторы				Показатели технологических свойств								
	$X_1$ Соотношение концентрации ионов (ед./см <sup>3</sup> ) к концентрации озона (мг/см <sup>3</sup> ), d, ед/мг	$X_2$ Избыточное давление (кавитаций), атм	$X_3$ Влажность до обработки, W, %	$X_4$ Время обработки, мин	Физические			Биохимические			Макаронные		
					Влажность после обработки, %	Плотность, г/см <sup>3</sup>	Масса 1000 зерен, г	Белок на сухой вес, %	Сырая клейковина, %	Крахмал, %	Индекс зелени, мл	Твердость, ед	Удельная работа деформ., Дж
	Контроль		13,19	-	-	1,16	50	11,82	20,59	61,78	19,08	45,76	233,61
			19,89	-	-	1,06	54	8,60	20,77	59,09	19,31	57,24	408,92
1	15000	4,0	20,0	20	21,77	1	61	9,17	21,91	60,89	18,80	18,49	371,51
2	1000	4,0	20,0	20	17,78	1,05	56	10,91	20,18	62,40	21,57	11,29	273,56
3	15000	1,0	20,0	20	18,93	1,05	57	9,94	20,29	59,18	17,34	32,36	331,80
4	1000	1,0	20,0	20	17,61	1,03	56	11,50	21,15	61,90	23,49	21,49	279,22
5	15000	4,0	13,0	20	12,98	1,25	57	11,77	20,28	62,36	17,82	47,66	226,88
6	1000	4,0	13,0	20	12,98	1,16	56	12,22	22,08	61,81	29,94	52,20	250,79
7	15000	1,0	13,0	20	12,91	1,12	53	11,80	20,89	62,20	22,06	49,37	237,33
8	1000	1,0	13,0	20	12,96	1,14	52	11,84	20,53	62,19	23,91	50,64	225,06
9	15000	4,0	20,0	10	19,78	1,05	60	10,33	21,60	60,51	22,52	21,61	334,37
10	1000	4,0	20,0	10	20,60	1,0	62	10,25	22,39	59,93	25,79	28,56	372,38
11	15000	1,0	20,0	10	17,85	1,06	57	11,10	20,55	61,64	18,81	28,36	286,62
12	1000	1,0	20,0	10	20,49	1,04	61	10,08	20,87	60,90	18,99	14,61	327,41
13	15000	4,0	13,0	10	12,99	1,18	50	11,77	20,87	62,24	23,25	51,41	230,92

14	1000	4,0	13,0	10	13,09	1,18	51	11,90	20,88	62,20	22,12	46,73	236,77
15	15000	1,0	13,0	10	13,08	1,18	53	11,75	20,37	62,23	24,40	48,35	230,26
16	1000	1,0	13,0	10	12,52	1,18	54	11,70	21,11	62,59	23,47	46,18	234,74

Анализ данных таблицы 1 показывает, что массовая доля белка и плотность сухого зерна при ионоозонной кавитационной обработке не изменились и остаются почти на одном уровне, как в образцах зерна без обработки, а у влажного (20%) зерна белок после обработки восстанавливается. Индекс Зелени повышается на 56,92 мл при 13% влажности, а при 20% на 33,57 мл по сравнению с этим показателем у необработанного зерна. Такая обработка тритикале значительно повысила количество сырой клейковины на 7,24-7,80%, крахмала на 1,30-5,60 %, массы 1000 зерен на 14,0-14,8 г. по сравнению с контролем.

При данных режимах  $X_1 > 1000$  ед/мг,  $X_2 = 4,0$ ;  $X_3 = 13,0-20,0$  %;  $X_3 = 20$  мин. улучшаются физические свойства теста, которые повышают также его макаронные свойства. Удельная работа деформации теста повышается с 225,06 Дж до 372,38 Дж по сравнению с контрольным

образцом. Такие изменения связаны с режимами ионоозонной кавитационной обработки. При понижении концентрации ионов наблюдается повышение влажности зерна, массы 1000 зерен и удельной работы деформации. При повышенной концентрации ионов резкое снижение не наблюдалось. Это изменение связано с анатомической структурой и химическим составом зерна. Удельная работа деформации теста повышается на 138,77% при 10 мин. по сравнению с 20 минутной обработкой (опыт №10). При этом непродолжительное время обработки в течение 10 минут сохраняет и улучшает физические и биохимические свойства теста из муки зерна тритикале «Газа элита».

Математические расчеты коэффициентов регрессии методом наименьших квадратов и виды уравнения с учетом межфакторных взаимодействий по технологическим показателям качества зерна тритикале приведены в табл. 2.

Таблица 2 - Разработанные регрессионные модели, оценивающие показатели физических, биохимических, мукомольно-хлебопекарных и макаронных свойств зерна тритикале после ионоозонной кавитационной обработки.

№ опыта	Наименование показателя	Вид уравнения	Значение функции		Статистические показатели								
					Крит. Ст. юде нта $t_{кр}$	Дисперсия ошибки опыта		Средне-квadraticкие отклонение		Число степени свободы		Критерий Фишера	
						S <sub>2y</sub>	S <sub>2ag</sub>	S <sub>y</sub>	S <sub>ag</sub>	Ns <sub>2y</sub>	Ns <sub>2ag</sub>	F <sub>p</sub>	F <sub>kp</sub>
4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14			
1	Влажность после обработки, %	$Y_1 = -0,19X_1 + 1,10X_3 + 0,01X_1X_4 - 0,009X_3X_4$	12,04	20,14	4,30	0,16	1,0	0,4	1,0	2	12	6,3	19,4
2	Плотность, г/см <sup>3</sup>	$Y_2 = 1,43 - 0,019X_3$	1,03	1,17	4,30	0,0008	0,001	0,028	0,03	2	14	1,27	19,42
3	Масса 1000 зерен, г	$Y_2 = 43,03 + 0,78X_3$	53,25	58,75	4,30	1,96	5,93	1,40	2,43	2	14	3,02	19,42
4	Белок на сухой вес, %	$Y_3 = 14,51 - 0,20X_3$	10,41	11,84	4,30	0,08	0,28	0,28	0,53	2	14	3,64	19,42
5	Сырая клейковина, %	$Y_4 = 20,53 + 0,18X_2$	20,72	21,27	4,30	0,05	0,40	0,23	0,63	2	14	7,66	19,42
6	Крахмал. %	$Y_5 = 66,54 + 0,20X_1 - 0,81X_2 - 0,25X_3 - 0,14X_4 + 0,012X_1X_2 - 0,008X_1X_3 - 0,008X_1X_4 + 0,008X_2X_3 + 0,04X_2X_4 - 0,007X_3X_4$	61,57	61,57	4,30	2,37	1,00	1,54	1,00	2	15	2,37	3,68

7	Индекс Зелени, мл	$Y_6=25,89+0,36X_1-0,035X_3+0,25X_4-0,038X_1X_4$	17,78	25,96	4,30	0,42	6,41	0,65	2,53	2	11	15,16	19,40
8	Твердозерность, ед	$Y_7=80,05+9,15X_2-3,57X_3+0,70X_4-0,16X_1X_2+0,04X_1X_3-0,24X_2X_3-0,29X_2X_4$	16,69	53,17	4,30	1,19	22,58	1,09	4,75	2	8	19,01	19,37
9	Удельная работа деформации, %	$Y_8=111,61-5,66X_1+6,03X_2+12,57X_3-3,97X_4+0,41X_1X_4$	204,10	345,88	4,30	48,30	623,21	6,95	24,9	2	10	12,90	19,39

Расчет коэффициентов и статистическая обработка полученных результатов дала возможность получить регрессионные уравнения, которые адекватно описывают общее изменение технологических свойств зерна тритикале при ионоозонной кавитационной обработке, в зависимости от выбранных режимных факторов.

Из данных таблицы 2 видно, что на показатели физических свойств в основном влияет влажность исходного зерна тритикале, а в меньшей степени избыточное давление ( $X_2$ ) и соотношение концентрации ионов к озону. На показатели содержания крахмала влияют все четыре фактора, а на индекс Зелени - время обработки ( $X_4$ ) и соотношение концентрации ионов к озону ( $X_1$ ). На технологические свойства тритикале влияет в основном влажность исходного зерна, а также дополнительно соотношение концентрации ионов к озону и время ионоозонной обработки. В особенности на показатель твердозерность оказывает влияние взаимное действие двух факторов в сочетании ( $X_1, X_3$ ), ( $X_1, X_2$ ) и ( $X_2, X_3$ ). Так как показатель твердозерность зерна остается комплексным и связан с генетической структурой ДНК-молекул.

Макаронные свойства зерна тритикале связаны в основном с физическим свойством теста, характеризуемой удельной работой деформации теста. Если  $F_{кр} > F_p$ , то нулевая гипотеза отвергается, а уравнение регрессии считается значимым. Если  $F_{кр} < F_p$ , то регрессионная модель неадекватна и использовать ее для анализа и исследования объекта нельзя. В нашем случае модель считается адекватной.

Из таблицы 2 видно, что на все технологические показатели влияют все четыре фактора, кроме массовой доли белка и плотности зерна.

#### **Заключение**

Ионоозонная кавитационная обработка тритикале улучшает технологические свойства

в целом. Особенно устойчивым остаются физические свойства, незначительным изменениям подвергаются биохимические, мукомольные и хлебопекарные свойства.

Нами были рассчитаны и разработаны математические модели, описывающие изменения технологических свойств тритикале «Таза» при ионоозонной кавитационной подготовке зерна, которые в дальнейшем позволяют оптимизировать технологические режимы обработки ионоозонным кавитационным потоком. В итоге получены регрессионные модели на основе проведенных  $2^4$  полно-факторных экспериментов для сорта тритикале «Таза элита». Все это позволяет составлять линейное уравнение оптимизации по отдельным свойствам зерен для дальнейшего управления ими при различных вариантах целевого использования зерна тритикале.

#### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Urazaliev R., Iztayev A., Tleubaeva T., Tarabayev B., Maemerov M., Iztayev B., Dauletkeidi Y. and Moldabekova N.. Influence of presowing ionozone cavitation processing and allionization in the cultivation process on high – yielding and seed characteristics of grain crops// International Journal of pharmacy and Technology. - 2016.- №2. - Vol.8. - P.14317-14327.
2. Искакова Г.К., Изтаев А.И., Кулажанов Т.К., Изтаев А.И. Мамеров М.М., Технология хлеба и макаронных изделий с применением озонированной и ионоозонированной воды./ Монография. – Алматы: АТУ, 2011. -216 с.
3. Iztayev A.I., Maemerov M.M., Daribaeva G.T., Nabyeva Z.S., Kozibaev A. Influence of ion-ozone treatment on technological and seed properties of triticale. // Scientific Journal of the of Modern Education & Research Institute. - 2017. – №5.- P.44-48.
4. Мамеров М.М., Изтаев А.И. Гидроионоозонная стерилизация зерновых культур//Известия Кыргызского Государственного технического университета им. И. Раззакова. - 2008. -№3. -С.112-115.