

МРТІ 65.31.13

<https://doi.org/10.48184/2304-568X-2022-4-5-13>

ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ ПРОРАЩИВАНИЯ ЗЕРНА ТРИТИКАЛЕ СОРТА АЗИАДА

¹Р. КАСЫМБЕК*, ¹А.И. ИЗТАЕВ, ²У. ЧОМАНОВ,

²Г.Е. ЖУМАЛИЕВА, ¹А.К. ШОМАН

¹(АО «Алматинский технологический университет», 050012, Казахстан,
г. Алматы, ул. Толе би, 100

²ТОО «Казахский НИИ перерабатывающей и пищевой промышленности»,
050060 Казахстан, г. Алматы, пр. Гагарина 238 Г)

Электронная почта автора корреспондента: r.kassimbek@rpf.kz*

Исследования посвящены технологическим режимам проращивания зерна тритикале сорта Азиада, а также факторам, влияющим на проращивание зерна. Цель исследования является изучение влияния технологических режимов проращивания зерна тритикале сорта Азиада. В статье приведены исследования и получены регрессионные уравнения, описывающие зависимости указанных показателей качества режимов проращивания зерна тритикале сорта Азиада от влияющих на его факторов t_6 , τ , w и t_3 . Для оптимизации технологических режимов обработки зерна сорта Азиада в качестве целевой функции было выбрано содержание сырого протеина. Оптимизация режимов обработки зерна тритикале сорта Азиада была проведена методом нелинейного программирования. Получены следующие оптимальные технологические режимы обработки зерна: температура воды $t_6 = 15^\circ\text{C}$; время проращивания $\tau = 72$ ч; влажность зерна $w = 13\%$; температура зерна $t_3 = 10^\circ\text{C}$. При этих оптимальных режимах обработки зерна целевая функция составила 19,11%. Практическая значимость: технология производств комбикормов с применением пророщенного зерна тритикале с целью повышения качества и увеличение срока хранения.

Ключевые слова: пророщенное зерно, оптимизация, ростки, время, температура, сырой протеин, сорт.

АЗИАДА СОРТЫНЫҢ ТРИТИКАЛЕ АСТЫҒЫН ӨНУДІҢ ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ РЕЖИМДЕРІН ОҢТАЙЛАНДЫРУ

¹Р. КАСЫМБЕК*, ¹А.И. ИЗТАЕВ, ²У. ЧОМАНОВ, ²Г.Е. ЖУМАЛИЕВА, ¹А.К. ШОМАН

¹(«Алматы технологиялық университеті» АҚ, 050012, Қазақстан,
Алматы қ., Төле би к-сі, 100

¹«Қазақ қайта өңдеу және тамақ өнеркәсібі ҒЗИ» ЖШС, 050060 Қазақстан,
Алматы қ., Гагарин даңғылы 238 Г.)

Автор-корреспонденттің электрондық поштасы: r.kassimbek@rpf.kz*

Зерттеулер Азиада сортының тритикале дәнінің өнуінің технологиялық режимдеріне, сондай-ақ астықтың өнуіне әсер ететін факторларға бағытталған. Зерттеудің мақсаты-Азиада сортының тритикале дәнінің өнуіне технологиялық режимдерінің әсері. Мақалада Азиада сортының тритикале дәнінің өну режимдерінің көрсетілген сапа көрсеткіштерінің оларға әсер ететін t_6 , τ , w және t_3 факторларына тәуелділігін сипаттайтын зерттеулер жүргізіліп, регрессиялық теңдеулер алынды. Азиада сортының астығын өңдеудің технологиялық режимдерін оңтайландыру үшін мақсатты функция ретінде шикі протеиннің құрамы таңдалды. Азиада тритикале дәнін өңдеу режимдерін оңтайландыру сызықтық емес бағдарламалау әдісімен жүргізілді. Астықты өңдеудің келесі оңтайлы технологиялық режимдері алынды: судың температурасы $t_6 = 15^\circ\text{C}$; өну уақыты $\tau = 72$ сағ; астықтың ылғалдылығы $w = 13\%$; астықтың температурасы $t_3 = 10^\circ\text{C}$. астықты өңдеудің осы оңтайлы режимдерінде мақсатты функция 19,11% құрады. Сапаны арттыру және сақтау мерзімін ұлғайту

мақсатында тритикале өскен астықты қолдана отырып, құрама жем өндіру технологиясының практикалық маңыздылығы.

Негізгі сөздер: өсірілген астық, оңтайландыру, өскіндер, уақыт, температура, шикі ақуыз, сорт.

OPTIMIZATION OF TECHNOLOGICAL REGIMES OF GERMINATION OF TRITICALE GRAIN OF ASIADA VARIETY

¹R. KASSYMBEK*, ¹A.I. IZTAEV, ²U. CHOMANOV, ²G.E. ZHUMALIYEVA, ¹A.K. SHOMAN

¹(«Almaty Technological University» JSC, 050012, Kazakhstan, Almaty, Tole bi str., 100

²«Kazakh Research Institute of Processing and Food Industry» LLP,

050060 Kazakhstan, Almaty, 238 Gagarin Ave.)

Corresponding author e-mail: r.kassimbek@rpf.kz*

The research is devoted to the technological modes of germination of triticale grain of the Asiada variety, as well as factors affecting the germination of grain. The purpose of the study is the influence of technological modes of germination of triticale grain of the Asiada variety. In the article, studies have been carried out and regression equations have been obtained describing the dependences of the indicated quality indicators of the germination modes of triticale grain of the Asiada variety on the factors influencing them t_b , τ , w and t_z . To optimize the technological modes of processing Asiada grain, the crude protein content was chosen as the target function. Optimization of the processing modes of triticale grain of the Asiada variety was carried out by the method of nonlinear programming. The following optimal technological modes of grain processing were obtained: water temperature $t_b = 15$ °C; germination time $\tau = 72$ h; grain moisture $w = 13\%$; grain temperature $t_z = 10$ °C. With these optimal grain processing modes, the target function was 19.11%. The practical significance of the technology for the production of compound feeds using sprouted triticale grain in order to improve quality and increase shelf life.

Keywords: sprouted grain, optimization, sprouts, time, temperature, crude protein, Asiada variety.

Введение

Важнейшим показателем повышения продуктивности сельскохозяйственных животных является полноценное кормление. Витаминную ценность комбикорма можно увеличить за счет использования пророщенного зерна. В пророщенном зерне сложные полимерные вещества с помощью ферментов разделяются на растворимые мономеры, доступные органические вещества. Жиры преобразуются в жирные кислоты и глицерин, белки в аминокислоты, крахмал и клетчатка переходят в моносахариды. Также проращивание зерна увеличивает количество витаминов, макро- и микроэлементов[1].

Высокое значение имеет скармливание пророщенного зерна для нормализации воспроизводительной функции коров. Использование пророщенного зерна позволит восполнить рацион сельскохозяйственных животных витаминами, ферментами и минеральными веществами. К тому же в состав пророщенного зерна входят природные антиоксиданты, которые способствуют пони-

жению окислительных процессов в организме, обеспечивают высокую сохранность молодняка, повышение живой массы, общей резистентности и продуктивности сельскохозяйственных животных[2].

Совершенствование рецептов полноценных комбикормов является актуальной задачей. В настоящее время комбикорма животного происхождения довольно дорогие, что обуславливает поиск новых способов обработки кормов, повышающих их питательную ценность. В этом плане наименее энергозатратным является метод обработки зерна проращиванием[3].

Актуальной проблемой скотоводства в настоящее время является повышение эффективности использования питательных веществ, особенно протеина. Поэтому в практике молочного скотоводства с успехом применяется пророщенное зерно, так как оно превосходит натуральное по содержанию протеина и других питательных веществ[3].

Процесс проращивания зерна, используемый для обогащения продуктов переработ-

ки зерна, требует четкого отслеживания и регулирования. Излишнее прорастание приводит к чрезмерному осахариванию крахмала, гидролизу белка и активации α -амилазы, что делает его непригодным для изготовления качественной продукции[4].

Цель данной работы - поиск оптимальных технологических режимов проращивания зерна тритикале сорта Азиада.

Задача - оптимизировать технологический режим проращивания зерна тритикале сорта Азиада.

Материалы и методы исследований

В качестве объектов исследования было выбрано зерно тритикале сорта Азиада. Проращивание зерна тритикале в микроферме Easy Green с автоматическим управлением влажности воздуха.

Экспериментальные исследования проводились с помощью ниже приведенных методов, позволяющих на основе комплекса показателей получить характеристику сырья:

ГОСТ 10840-64-Зерно. Методы определения природы[5];

ГОСТ 10842-89-Зерно зерновых и бобовых культур и семена масличных культур. Метод определения 1000 зерен или 1000 семян[6];

ГОСТ 10845-98-Зерно и продукты его переработки. Массовая доля крахмала [7];

ГОСТ 10847-74-Зерно. Методы определения зольности[8];

ГОСТ 29033-91-Зерно и продукты его переработки. Метод определения жира[9];

ГОСТ 10846-91-Зерно и продукты его переработки. Метод определения белка[10];

Массовая доля сырой клетчатки по методу Венде.

БЭВ (безазотистые вещества) расчетным методом.

К.е. (кормовые единицы) расчетным способом.

Для определения оптимальных режимов проращивания зерна тритикале поставлен многофакторный эксперимент.

Обработка данных и все необходимые расчеты проводились с использованием разработанной в Одесской национальной академии пищевых технологий программы последовательного регрессионного анализа PLAN [11, 12].

Эта программа позволяет рассчитать коэффициенты регрессии для каждого исследуемого показателя, проверить значимость коэффициентов регрессии и, после

удаления всех незначимых коэффициентов, определить необходимые статистические характеристики полученных регрессионных уравнений, включая проверку их адекватности экспериментальным данным. Алгоритм программы позволяет получать уравнения регрессии как в натуральных, так и в кодированных переменных с использованием различных планов — ПФЭ-2^k, Бокса типа В_k, ротатабельных и др.

Расчеты коэффициентов регрессии проведены нами по матрицам в натуральной размерности и, соответственно, сами уравнения получены тоже в натуральной размерности.

Общий вид полученных регрессионных уравнений для 4-х факторов следующий:

$$y = b_0 + b_1\tau + b_2C + b_3P + b_4T + b_{12}\tau \cdot C + b_{13}\tau \cdot P + b_{14}\tau \cdot T + b_{23}C \cdot P + b_{24}C \cdot T + b_{34}P \cdot T.$$

Обозначения переменных в этих уравнениях приняты следующими:

y – исследуемый показатель качества обработанного зерна;

t_b – температура воды, °С;

τ – время проращивания, ч;

w – влажность зерна, %;

t_3 – температура зерна, °С.

В исследованных образцах зерна определяли следующие показатели:

y_1 – натура зерна, кг/м³;

y_2 – масса 1000 зерен, г;

y_3 – массовая доля крахмала, %;

y_4 – массовая доля золы, %;

y_5 – массовая доля жира, %;

y_6 – массовая доля протеина, %;

y_7 – массовая доля клетчатки, %;

y_8 – безазотистые экстрактивные вещества (БЭВ),

y_9 – кормовые единицы.

Проверку адекватности уравнений экспериментальным данным проводили для уровня значимости 0,05.

Основная цель этого исследования - определить влияние магнитной обработки 125 мТ и 250 мТ на прорастание и начальный рост семян тритикале. Испытания на всхожесть проводили в лабораторных условиях, подвергая семена тритикале воздействию магнитного поля в течение разного времени. Эффект изучали путем воздействия на семена перед посевом. Наиболее значительные различия были получены при времени воздействия 1 и 24 часа, а максимальное снижение составило 12%. Кроме того,

проростки из семян, обработанных магнитным полем, выросли выше, чем в контроле. Наибольшая средняя общая длина была получена у проростков, подвергнутых воздействию 125 и 250 мТл в течение 24 часов. Предполагается, что внешние магнитные поля повышают жизнеспособность семян, влияя на биохимические процессы, стимулируя активность белков и ферментов[13].

Целью этого исследования было определить прорастание и появление всходов тритикале (×Triticosecale (VNS)), эксперимент по проращиванию был проведен с тритикале в течение 20 дней в ростовых камерах, установленных при оптимальной температуре прорастания 29/18 °С, 17/7°С и 17/7.2 °С днем/ночью, соответственно, с 12-часовым фотопериодом. Рассчитывали % всхожести и % появления всходов, среднее время прорастания и появления всходов, индекс прорастания и появления всходов, индекс Тимсона и модифицированный индекс Тимсона. Результаты показали, что тритикале имел самый высокий процент всхожести (80,5% в почвы основной эффект и 87,84 % как основной видовой эффект независимо от

засоленности) и % всходов (91,25% с контролем и BGW, 87,19% с RO). Среднее время прорастания и появления всходов было самым коротким для тритикале. Это наглядно демонстрирует тритикале как перспективный солеустойчивый кормовой вид, который можно выращивать на сухих и деградированных пастбищных угодьях[14].

Результаты и их обсуждение

В данной серии экспериментов изучали зависимость показателей качества зерна тритикале сорта Азиада от режимов обработки — температуры воды t_w , продолжительности проращивания зерна t , влажности w и температуры t_z зерна. Для сокращения количества опытов и получения достоверных результатов были применены методы планирования многофакторных экспериментов.

Для снижения влияния неконтролируемых параметров на результаты экспериментов опыты рандомизировали с использованием таблиц случайных чисел. Условия опытов и полученные результаты определения показателей качества обработанного зерна тритикале приведены в табл. 1.

Таблицы 1 – Условия опытов и показатели качества обработанного зерна тритикале

№	Факторы				Показатели										
	$t_w, °C$	$t, ч$	$w, %$	$t_z, °C$	Физические				Химические		Кормовая ценность				
					Нагура, кг/м ³	Масса 1000 зерен, г	Крахмал, %	Зола, %	Жир, %	Протеин, %	Клетчатка, %	БЭВ,	К.е.		
					Y ₁	Y ₂	Y ₃	Y ₄	Y ₅	Y ₆	Y ₇	Y ₈	Y ₉		
1	15	24	19	26	708	43,70	16,45	1,39	1,01	14,04	2,4	702,0	1,27		
2	30	24	19	26	710	43,60	22,46	3,54	1,071	15,96	2,1	663,69	1,27		
3	15	72	19	26	725	41,80	18,49	1,71	1,054	17,2	3,1	659,76	1,26		
4	30	72	19	26	720	35,05	14,82	1,97	2,53	20,16	3,5	608,8	1,25		
5	15	24	13	26	715	41,03	21,51	1,61	1,06	15,15	2,30	685,6	1,27		
6	30	24	13	26	714	40,28	22,16	1,63	1,13	15,34	2,01	689,3	1,27		
7	15	72	13	26	696	43,20	15,36	1,89	0,51	17,98	3,96	647,0	1,25		
8	30	72	13	26	700	39,23	14,22	0,60	1,71	16,58	3,62	665,3	1,25		
9	15	24	19	10	711	42,70	21,38	1,62	0,93	15,0	2,31	691,8	1,27		
10	30	24	19	10	721	41,60	18,53	1,77	1,099	14,74	2,81	686,21	1,26		
11	15	72	19	10	712	40,05	19,67	1,89	1,78	18,78	3,2	633,9	1,26		
12	30	72	19	10	710	36,30	18,71	1,45	1,18	16,72	2,5	671,9	1,26		
13	15	24	13	10	711	44,31	21,16	1,99	1,022	15,89	2,98	671,58	1,26		
14	30	24	13	10	699	42,02	15,42	1,75	1,95	20,09	3,12	621,3	1,26		
15	15	72	13	10	710	40,34	20,22	1,87	2,43	19,12	3,9	617,2	1,25		
16	30	72	13	10	720	40,99	19,38	1,67	1,26	16,6	2,34	671,7	1,27		

На основании результатов проведенных исследований были получены регрессионные уравнения, адекватно (по критерию

Фишера) описывающие зависимости указанных выше показателей качества обработан-

ного зерна тритикале сорта Азиада от влияющих на них факторов t_b , τ , w и t_3 .

Для определения дисперсии ошибок (воспроизводимости) опытов проводили по 3 параллельным опытам в центре эксперимента.

Расчеты коэффициентов регрессии проведены по матрицам в натуральной размерности и, соответственно, сами уравнения получены также в натуральной размерности.

Общий вид регрессионных уравнений для 2-х факторов следующий:

$$y_i = b_0 + b_{1t_b} + b_{2\tau} + b_{3w} + b_{4t_3} + b_{12t_b\tau} + b_{13t_bw} + b_{14t_bt_3} + b_{23\tau w} + b_{24\tau t_3} + b_{34wt_3},$$

где: y_i – i -тые показатели качества обработанного зерна тритикале;

t_b – температура воды, °С;

τ – длительность проращивания, ч;

w – влажность зерна, %;

t_3 – температура зерна, °С.

Сводные данные по полученным уравнениям регрессии в натуральных переменных приведены в табл. 2. В этой же таблице приведены среднеквадратичные ошибки опытов S_s и неадекватности $S_{н.ад.}$, а также расчетные F_p и критические $F_{кр}$ значения критерия Фишера, свидетельствующие, что оба полученные уравнения адекватно описывают экспериментальные данные при доверительной вероятности $p=0,05$.

Таблица 2 – Уравнения регрессии в натуральных переменных и статистические характеристики зависимостей показателей качества обработанного зерна тритикале от условий его обработки

Уравнения регрессии в натуральных переменных	Среднеквадратичное отклонение		Критерий Фишера	
	экспериментальное	неадекватности	расчетный	критический
$y_1=712,2-1,016t_3+0,06057wt_3$	3,10	7,73	6,22	19,42
$y_2=43,80-0,05802\tau$	1,29	2,17	2,84	19,42
$y_3=20,99-0,00259\tau t_3$	0,94	2,29	5,92	19,42
$y_4=1,834$	0,21	0,49	5,37	19,43
$y_5=0,8976+0,01089\tau$	0,12	0,45	14,31	19,42
$y_6=28,8025-1,0842w-0,40081t_3-0,00312t_bt_3+0,01077t_bw+0,00718\tau w+0,02284wt_3$	0,50	1,43	8,14	9,38
$y_7=2,908-0,04863t_3+0,00099\tau t_3$	0,14	0,45	10,13	19,42
$y_8=661,7$	14,00	28,50	4,14	19,43
$y_9=1,261$	0,012	0,0081	2,22	3,68

Составленные уравнения регрессии являются математическими моделями, позволяющими прогнозировать показатели качества обработанного зерна тритикале в зависимости от значений технологических режимов обработки, т.е. факторов t_b , τ , w и t_3 .

Краткий анализ полученных регрессионных уравнений показывает, что из 9 исследованных показателей качества обработанного зерна сорта Азиада, от режимов обработки зерна не зависят такие показатели как массовая доля золы (y_4), БЭВ (y_8) и кормовые единицы (y_9). От одного режимного фактора, продолжительности проращивания, зависят масса 1000 зерен (y_2) и массовая доля жира (y_5). От двух режимных факторов (w и t_3) зависит натура зерна (y_1), а массовая доля крахмала (y_3) и массовая доля клетчатки (y_7) — от факторов τ и t_3 . И только содержание протеина (y_6) зависит от всех 4-х режимных факторов t_b , τ , w и t_3 .

Для оптимизации технологических режимов обработки зерна сорта Азиада в качестве целевой функции было выбрано содержание протеина:

$$y_6=28,80-1,084w-0,4008t_3-0,00312t_bt_3+0,01077t_bw+0,00718\tau w+0,02284wt_3 \rightarrow \max (1)$$

Оценить влияние каждого отдельного из факторов t_b , τ , w и t_3 на содержание протеина очень сложно в силу значимости коэффициентов парных взаимодействий. Намного проще и наглядней это можно сделать по поверхностям отклика, построенным по уравнению (1) и приведенным на рис. 1.

Из рис. 1-а видно, что температура воды t_b при обработке зерна неоднозначно влияет на содержание протеина — при проращивании зерна влажностью 13 % и температурой 10 °С в течение 24 ч увеличение t_b приводит к росту содержания протеина, а при проращивании зерна при тех же услови-

ях в течение 72 ч, наоборот, к его уменьшению. Увеличения содержания протеина в этих условиях можно достичь путем уменьшения температуры воды и увеличения продолжительности проращивания зерна.

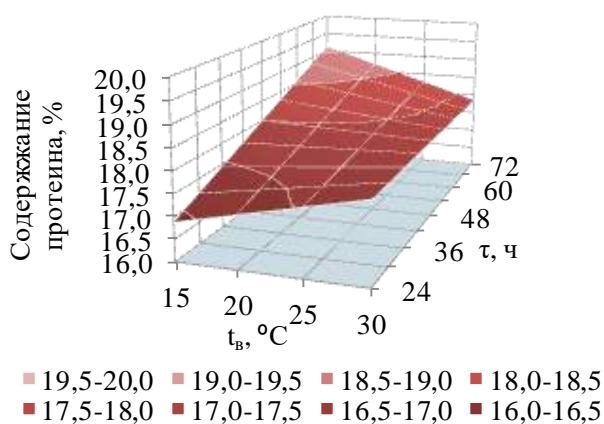
На рис. 1-б показан характер влияния на содержание протеина температуры воды и влажности зерна при $\tau=72$ ч и $t_3=10$ °С. Видно, что наибольшее содержание протеина может быть достигнуто при влажности зерна 13 % и температуре воды 15 °С.

Как наглядно видно из рис. 1-в, поверхность отклика зависимости содержания протеина от температуры воды t_b и температуры зерна t_3 , полученная при постоянных значениях факторов $\tau=72$ ч и $w=13\%$, имеет

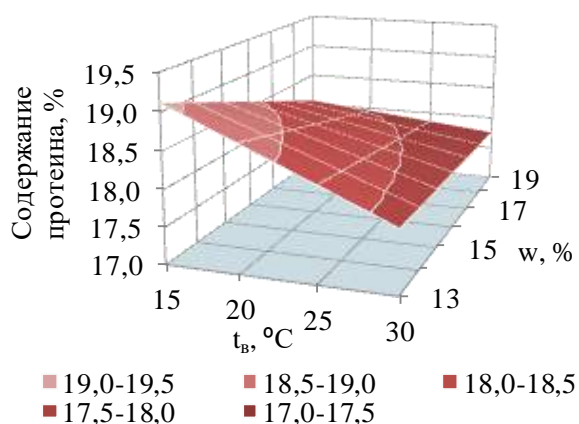
линейный характер, который обеспечивается отсутствием значимого коэффициента парного взаимодействия в уравнении (1). Наибольшее содержание протеина достигается при минимальных температурах как воды t_b , так и зерна t_3 .

Максимальное содержание протеина (рис. 1-г) можно получить также при 72 часовой продолжительности проращивания зерна с влажностью 13%. При этом температуры воды и зерна нужно выдерживать на минимальных уровнях, равных соответственно $t_b=15$ °С и $t_3=10$ °С.

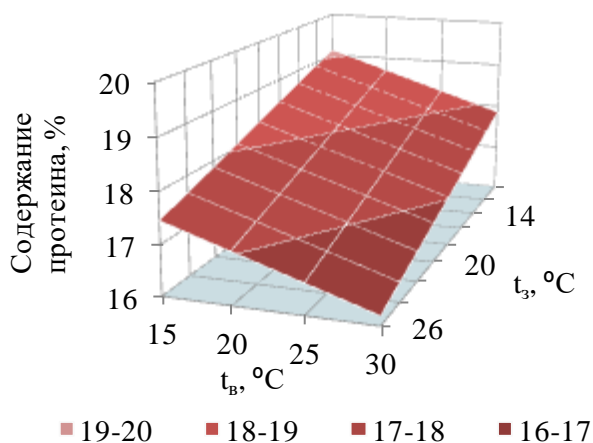
Это наглядно подтверждается также на рис. 1-д, где показано влияние факторов τ и t_3 на содержание протеина при $t_b=15$ °С и $w=13\%$.



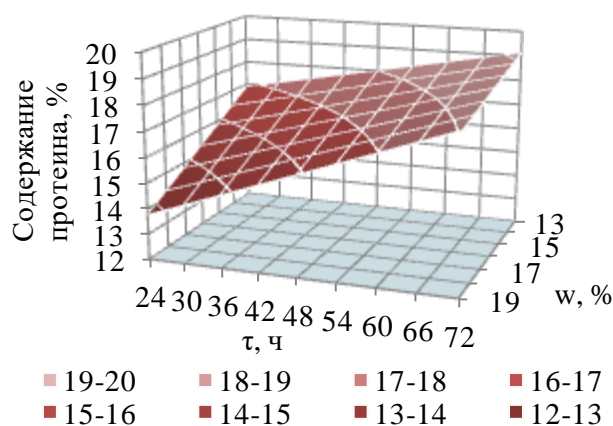
а) влияние t_b и τ (при $w=13\%$ и $t_3=10$ °С)



б) влияние t_b и w (при $\tau=72$ ч и $t_3=10$ °С)



в) влияние t_b и t_3 (при $\tau=72$ ч и $w=13\%$)



г) влияние τ и w (при $t_b=15$ °С и $t_3=10$ °С)

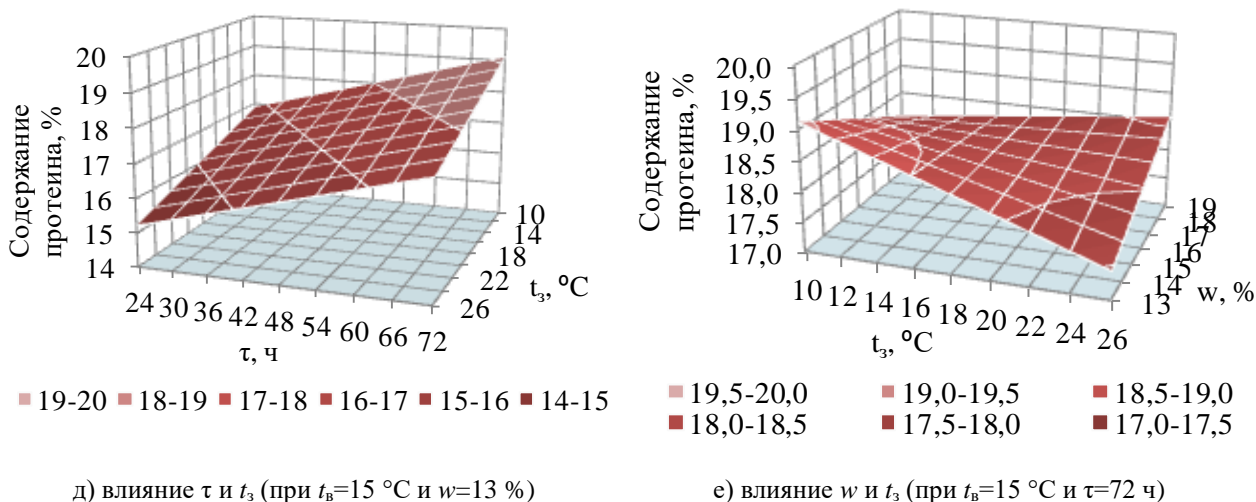


Рисунок 1 – Парное влияние режимных факторов на содержание протеина в обработанном зерна тритикале сорта Азиада (в скобках указаны значения других пар факторов, зафиксированных на оптимальных уровнях)

Пожалуй, наиболее сложный характер из рассмотренных выше, имеет зависимость содержания выхода протеина от параметров зерна — его влажности w и температуры t_3 , приведенная на рис. 1-е. Видно противоречивое влияние этих факторов при $t_b=15^\circ\text{C}$ и $\tau=72\text{ ч}$. Так, при влажности зерна 13 %, увеличение t_3 приводит к снижению содержания протеина, а при влажности зерна 13 %,

наоборот, увеличение t_3 повышает содержание протеина. Видно также противоречивое влияние и влажности зерна при разных температурах зерна — при $t_b=10^\circ\text{C}$ увеличение влажности зерна снижает содержание протеина, а при $t_b=26^\circ\text{C}$, наоборот, повышает его.

Оптимизацию проводили при следующих ограничениях на показатели качества обработанного зерна тритикале:

700	≤	$y_1=712,2-1,016t_3+0,06057wt_3, \text{ кг/м}^3;$	≤	720
38	≤	$y_2=43,80-0,05802\tau, \text{ г};$	≤	45
15	≤	$y_3=20,99-0,00259\tau t_3, \text{ \%};$	≤	25
1	≤	$y_4=1,834, \text{ \%};$	≤	2
1	≤	$y_5=0,8976+0,01089\tau, \text{ \%};$	≤	2
14	≤	$y_6=28,8025-1,0842 \cdot w-0,40081 \cdot t_3-0,00312 \cdot t_b \tau +$ $+0,01077 \cdot t_b w+0,00718 \cdot \tau w+0,02284 \cdot wt_3, \text{ \%};$	≤	20
2	≤	$y_7=2,908-0,04863t_3 +0,00099\tau t_3, \text{ \%};$	≤	4
645	≤	$y_8=661,7,$	≤	690
1	≤	$y_9=1,261.$	≤	2

Максимизацию содержания протеина проводили в диапазоне изменения режимных факторов t_b , τ , w и t_3 , приведенных в матрице планирования экспериментов (табл. 1).

Оптимизация режимов обработки зерна тритикале сорта Азиада была проведена методом нелинейного программирования. Получены следующие оптимальные технологические режимы обработки зерна:

- температура воды $t_b = 15^\circ\text{C}$;
- время проращивания $\tau=72\text{ ч}$;
- влажность зерна $w=13\%$;
- температура зерна $t_3=10^\circ\text{C}$.

При этих оптимальных режимах обработки зерна целевая функция составила 19,11%. Значения остальных показателей качества при оптимальных режимах обработки зерна приведены в табл. 3.

Таблица 1 – Значения показателей качества обработанного при оптимальных режимах зерна тритикале сорта Азиада

Показатели	min	opt	max
1. Натура y_1 , кг/м ³	700	709,91	720
2. Масса 1000 зерен y_2 , г	38	39,62	45
3. Содержание крахмала y_3 , %	15	19,13	25
4. Содержание золы y_4 , %	1	1,83	2
5. Содержание жира y_5 , %	1	1,68	2
6. Содержание протеина y_6 , %	14	19,11	20
7. Содержание клетчатки y_7 , %	2	3,13	4
8. Безазотистые экстрактивные вещества БЭВ y_8 ,	645	661,70	690
9. Кормовые единицы к.е., y_9	1	1,26	2

Таким образом, оптимизация технологических режимов обработки зерна сорта Азиада позволит получить режимы проращивания зерна тритикале с максимальным содержанием сырого протеина.

Заключение, выводы

Определены оптимальные режимы проращивания зерна тритикале сорта Азиада температура воды $t_b = 15^\circ\text{C}$; время проращивания $\tau=72$ ч; влажность зерна $w=13$ %; температура зерна $t_3=10$ °C.

Проведена оптимизация режимов проращивания зерна тритикале сорта Азиада в диапазоне от 24 часов до 72 часов при температуре воды от 15 до 30°C, установлены оптимальные режимы проращивания в заданном диапазоне.

Перспективы использования пророщенного зерна тритикале: активизируется комплекс ферментов, с помощью которых питательные вещества гидролизуются и превращаются в растворимые простые соединения, легкоусвояемые животными.

Благодарность, конфликт интересов (финансирование)

Данная работа была поддержана финансированием научно-технической программы Министерства сельского хозяйства Республики Казахстан на 2021-2023 годы BR10764977 Разработка современных технологий производства БАДов, ферментов, заквасок, крахмала, масел и др. в целях обеспечения развития пищевой промышленности в рамках выполнения проекта «Разработка технологии хлебобулочных, мучных кондитерских изделий и комбикормов на основе новых отечественных сортов тритикале».

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гетманов А.А., Саенко С.В. Установка и результаты исследований по проращиванию зерна на витаминный корм для животных //Вестник ВНИИМЖ, №4 (32).- 2018. С.64.
2. Батанов С.Д., Березкина Г.Ю., Калашникова Е.С. Влияние скармливания пророщенного зерна на репродуктивные качества крупного рогатого скота с.24.
3. Нарижный А.Г., Джамалдинов А.Ч., Походня Г.С. Влияние скармливания пророщенного зерна ячменя на воспроизводительную функцию свиноматок и рост поросят 2020 с.64.
4. Науменко Н.В., Потороко И.Ю., Малинин А.В., Цатуров А.В. Оптимизация условий процесса проращивания зерна пшеницы //Научный журнал КубГАУ, №151(07).- 2019. С.2.
5. ГОСТ 10840-64-Зерно. Методы определения натуры: Межгост. Стандарт- Введ. Государственным комитетом стандартов, мер и измерительных приборов СССР 20.07.1965 г.- М.Стандартинформ 2009-3 с.
6. ГОСТ 10842-89-Зерно зерновых и бобовых культур и семена масличных культур. Метод определения 1000 зерен или 1000 семян: Межгост. стандарт- Введ. 01.07.1991 г. - М.Стандартинформ 2009-4 с.
7. ГОСТ 10845-98-Зерно и продукты его переработки. Массовая доля крахмала: Межгост. Стандарт- Введ. Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации от 28 мая 1998 г. – Минск Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации 1998-6 с.
8. ГОСТ 10847-74-Зерно. Методы определения зольности: Межгост. Стандарт- Введ. Государственным комитетом стандартов Совета Министров СССР от 10 декабря 1974 г. - М.Стандартинформ 2009-5 с.
9. ГОСТ 29033-91-Зерно и продукты его переработки. Метод определения жира: Межгост. Стандарт- Введ. 01.07.1992 г. – ИПК Издательство стандартов 2004-6 с.

10. ГОСТ 10846-91-Зерно и продукты его переработки. Метод определения белка: Межгост. Стандарт- Введ. 01.06.1993 г. - М. Стандартинформ 2009-9 с.

11. Математическое моделирование процессов пищевых производств: Сб. задач: Уч. пособие / Н.В. Остапчук, В.Д. Каминский, Г.Н. Станкевич, В.П. Чучуй. К.: Вища школа, 1992.- 175 с.

12. Остапчук М.В. Математичне моделювання на ЕОМ: Підручник / М.В. Остапчук, Г.М. Станкевич. Одеса: Друк, 2007.- 313 с.

13. Florez M., Martinez E., Carbonell M.V., Alvarez J., Campos A. Germination and initial growth of triticale seeds under stationary magnetic treatment *Journal of Advances in Agriculture* June 2014.- P.71.

14. Vanaja Kankara, Manoj K.Shukla, Geno A. Picchioni, Dawn VanLeeuwen, Brian J. Schutte Germination and Emergence responses of Alfalfa, triticale and quinoa irrigated with brackish groundwater and desalination concentrate *Agronomy* 2020, 10, 549; doi:10.3390/agronomy10040549. P.1.

REFERENCES

1. Getmanov A.A., Saenko S. V. Janýarlarǵa arnalǵan vitamindi azyqqa astyqty ósirý boıynsha Ornatý jáne zertteý nátipleri *Vestnik VNIIMJ* №4 (32) 2018 b. 64.

2. Batanov S.D., Berezkina g. Iý., Kalashnikova E. S. ósirilgen astyqty azyqtandyrdyń iri qara maldyń reprodýktivti sapasyna áseri s. 24.

3. Naryjny A. G., Djamaldinov A. ch., Pohodná g. S. arpanyń ósirilgen astyǵyn azyqtandyrdyń egistiń reprodýktivti fýnksiasyna jáne shoshqalardyń ósýine áseri 2020 s. 64.

4. Naýmenko N.V., Potoroko I. Iý., Malinin a. v., Satýrov a. v. bídai astyǵyn óny prosesindeń shart-taryn óntailandyry Kybǵay ǵylymı jýrnaly, №151(07), 2019 b. 2.

5. GOST 10840-64-astyq. Tabıǵatty anyqtaý ádisteri: memleketaralyq. Standart-Engizý. KSRO Memlekettik standarttar, sharalar jáne ólsheý qural-

dary komiteti 20.07.1965 J. - M. Standartinforma 2009-3 B.

6. GOST 10842-89-dánda jáne burshaqta daqyldardyń dánderi jáne maily daqyldardyń tuqymdary. 1000 dánda nemese 1000 tuqymdy anyqtaý ádisi: aralyq. Standart Engizildi. 01.07.1991 J. - M. Standartforma 2009-4 B.

7. GOST 10845-98-astyq jáne ony qaita óndeý ónimderi. Krahmaldyń massalyq úlesi: Memleketaralyq. Standart-Engizý. Standarttaý, metrologia jáne sertifikattaý jónindegi memleketaralyq keńes 1998 jylǵy 28 mamyr – Minsk Standarttaý, metrologia jáne sertifikattaý jónindegi Memleketaralyq Keńes 1998-6 B.

8. GOST 10847-74-astyq. Kúldi anyqtaý ádisteri: aralyq. Standart Engizildi. 1974 jylǵy 10 jeltoqsandaǵy KSRO Ministrler Keńesiniń memlekettik standarttar komiteti-2009-5 B.

9. GOST 29033-91-astyq jáne ony qaita óndeý ónimderi. Maıdy anyqtaý ádisi: Memleketaralyq. Standart Engizildi. 01.07.1992 j. - IPK standarttar baspasy 2004-6 B.

10. GOST 10846-91-astyq jáne ony qaita óndeý ónimderi. Aqýzdy anyqtaý ádisi: Memleketaralyq. Standart Engizildi. 01.06.1993 j. 2009-9 B.

11. Tamaq óndirisi prosesterin matematikalyq modeldeý: s. mindetteri: Oqý quraly / N. V. Ostapchýk , V.D.Kaminskiı, g. n. Stankevich, v. p. Chýchýi. K.: Joǵary mektep, 1992. 175 b.

12. Kompüterlik modeldeý: kompüterlik modeldeý: oqýlyq / M.v. Ostapchýk, g. m. Stankevich. Odessa: Dryk, 2007. 313 b.

13. Florez M., Martinez E., Carbonell M.V., Alvarez J., Campos A. Germination and initial growth of triticale seeds under stationary magnetic treatment *Journal of Advances in Agriculture* June 2014, p.71.

14. Vanaja Kankara, Manoj K.Shukla, Geno A. Picchioni, Dawn VanLeeuwen, Brian J. Schutte Germination and Emergence responses of Alfalfa, triticale and quinoa irrigated with brackish groundwater and desalination concentrate *Agronomy* 2020, 10, 549; doi:10.3390/agronomy10040549 p.1.