

ВЛИЯНИЕ РЕЖИМОВ ПРОРАЩИВАНИЯ НА УГЛЕВОДНО-АМИЛАЗНЫЙ КОМПЛЕКС ЗЕРНА ТРИТИКАЛЕ

Л.А. Касьянова, Е.Н. Урбанчик, О.В. Агеенко

Исследовано влияние параметров проращивания на углеводно-амилазный комплекс зерна тритикале. Определены показатели качества различных сортов тритикале, на основании которых рекомендованы лучшие сорта для получения зернопродуктов из пророщенного зерна. Установлен характер биохимических превращений при различных режимах проращивания, обеспечивающих получение продуктов питания повышенной биологической ценности.

Введение

Важное место в производстве продуктов массового питания, пользующихся каждодневным спросом у населения, занимают зерновые ресурсы республики. Их правильное использование позволяет производить продукты питания с заданным составом и свойствами повышенной биологической ценности.

В последнее время в практике зерноперерабатывающей промышленности все большее применение находит прием повышения биологической ценности зерна – проращивание. Пророщенное зерно – это полезный легкоусвояемый продукт. По сравнению с непророщенным оно содержит больше витаминов, макро- и микроэлементов в легкоусвояемой форме и, следовательно, обладает высокой биологической ценностью. Благодаря наличию в нем активных протеолитических ферментов улучшается усвояемость белков. Крахмал в пророщенных зернах частично превращается в солодовый сахар, что облегчает его переваривание.

Из пророщенного зерна можно получать различные продукты питания – традиционные, обладающие лечебно-профилактическими свойствами, специального назначения и др. Пророщенное зерно можно использовать при производстве детского и диетического питания, спирта, хлебопекарных изделий, а также кормовых добавок животным. В зависимости от назначения используют различные периоды проращивания от 1 до 10 сут. Так, в пищевых производствах используют зерно, проращиваемое до 9 сут (в том числе для производства зернового хлеба – до 3 сут). При производстве гидропонного корма животным период проращивания зерна составляет от 7 до 10 сут [1].

В данной работе исследованы технологические и семенные свойства зерна тритикале, изучено влияние длительности проращивания и температуры воздуха на углеводно-амилазный комплекс.

Результаты исследований и их обсуждение

Для исследования использовали зерно озимой тритикале следующих сортов – Ясь, Ан-тось, Микола, Адасть, Михась, Дубрава, Сокол, Мара, выращенных в различных регионах Республики Беларусь. В работе применяли общепринятые и стандартные методы анализа.

Определение влажности зерна – по ГОСТ 13586.5-93, натуры зерна – по ГОСТ 10840-64, стекловидности – по ГОСТ 10987-76, определение массы 1000 зерен – по ГОСТ 10842-89, энергии прорастания и всхожести – по ГОСТ 10968-88, жизнеспособности – по ГОСТ 12039-82.

В настоящее время используются различные способы замачивания зерна: воздушно-водяное замачивание; в непрерывном токе воды и воздуха; оросительное замачивание; воздушно-оросительное замачивание [2].

Проращивание осуществляли воздушно-водяным методом в термостате марки ЛП-122, в котором поддерживается постоянная температура и относительная влажность воздуха. Сущность данного метода проращивания заключается в попеременном пребывании зерна в воде (водяная пауза) и без воды (воздушная пауза). В этом способе учтено чрезвычайно важное

значение кислорода воздуха, как активатора энергии прорастания зерна, и предусмотрено продувание воздухом во время пребывания зерна под водой и после каждого спуска воды. Хорошая аэрация замачиваемого зерна ускоряет впитывание воды и его прорастание [2].

На основании проведенных ранее исследований была установлена оптимальная длительность воздушно-водяных пауз – 5–10 и 5 часов соответственно, при этом достигается длина роста 1–1,5 мм. Длительность проращивания изменялась от 0 до 35 часов с интервалом 5 часов, температура проращивания от 5°C до 30°C с интервалом в 5°C. Для замачивания зерна тритикале использовали водопроводную воду с температурой 8-12 °C.

Активность амилалитических ферментов α- и β- амилазы определяли по методу SKB. Данный метод основан на различной термолабильности α- и β- амилаз [3]. Определение крахмала – по ГОСТ 10845- 98. Определение сахаров по методу Берграна [4].

Повышение эффективности использования зерна тритикале и улучшение качества готовой продукции в значительной мере зависят от его технологических свойств. Выбор лучших сортов зерна тритикале, пригодных для проращивания, может быть сделан только на основе исчерпывающей информации об их качественном потенциале.

Физические свойства характеризуют состояние зерна. Они оказывают решающее влияние на построение технологических процессов переработки зерна, процесс хранения и качество готовой продукции.

Результаты исследования физических свойств зерна тритикале приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Физические свойства зерна тритикале

Сорт	Натура, г/л	Стекло- видность, %	Масса 1000 зерен, г	Плотность зерновки, г/см ³	Объем зерновки, мм ³
Мара	692	32	50,2	1,09	38
Аптось	665	37	44,9	1,22	34
Ясь	675	30	34,6	1,12	32
Адась	674	35	38,4	1,09	33
Микола	622	32	47,6	1,12	40
Сокол	672	35	39,8	1,15	35
Михась	717	30	48,9	1,11	43
Дубрава	605	31	43,0	1,17	35

Натура зерна, очищенного от примесей, служит ориентировочным показателем мукомольной и крупяной оценки зерна. Из зерна с большей натурой получается более высокий выход готовой продукции и с меньшими затратами энергии. Натура исследуемых сортов зерна тритикале колеблется в широких пределах и составляет 605 – 717 г/л. Низкая натура отмечается у зерна тритикале сорта Дубрава – 605г/л, высокая у сорта Михась – 717 г/л.

Стекловидность – это показатель, который отражает особенности микроструктуры эндосперма зерна и тесно связан с его технологическими свойствами. По результатам исследования все сорта тритикале характеризуются низкой стекловидностью и имеют практически одинаковые значения – от 30 до 37%.

Масса 1000 зерен указывает на величину зерна, его крупность, выполненность. Зерно и семена с большей массой 1000 зерен имеют лучшие технологические свойства – больший выход готовой продукции. Масса 1000 зерен исследуемых сортов зерна тритикале в зависимости от сорта составляет 34,6–50,2 г. Наиболее крупное и выполненное зерно у сорта Мара – 50,2 г.

Одним из основных показателей качества зерна является его плотность. Плотность представляет собой суммарный показатель таких свойств как объемная масса, содержание белка, крахмала, выход муки. Воздушные полости, имеющиеся в зерне, резко уменьшают его плотность, влага также снижает ее.

Плотность исследуемых сортов зерна тритикале колеблется от 1,09 до 1,22 г/см³. Объем зерновки зерна тритикале в зависимости от сорта составляет 32–43 мм³.

Семенные свойства зерна тритикале являются основным показателем, определяющим возможность его использования для получения из пророщенного зерна продуктов питания повышенной биологической ценности.

К семенным свойствам зерна относят энергию прорастания, всхожесть и жизнеспособность. Энергия прорастания – это способность семян быстро прорасти. Энергию прорастания определяют в тех же условиях и одновременно со всхожестью (в первые три – четыре дня). Энергия прорастания считается важным показателем посевных качеств семян, она характеризует одновременность роста и развития растений, а также созревания и налива зерна, что улучшает его качество и облегчает уборку.

Всхожесть семян – это способность семян образовывать нормально развитые проростки, т. е. стебли растения в самом начале его развития из семени (ростки) вместе с развившимся зародышем [5].

Жизнеспособность семян – свойство семян сохранять способность к прорастанию. Только что убранные или хранящиеся при низкой температуре семена часто не прорастают, хотя и имеют здоровый зародыш, т. е. жизнеспособны. Это вызывается периодом покоя, после прохождения которого семена могут дать нормальные всходы.

Результаты исследований семенных свойств зерна тритикале приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Семенные свойства зерна тритикале

Сорт	Энергия прорастания, %	Всхожесть, %	Жизнеспособность, %
Мара	100	100	87
Антось	99	99	86
Ясь	98	98	84
Адась	99	98	84
Микола	99	99	86
Сокол	99	99	86
Михась	97	97	80
Дубрава	96	96	79

Значения показателей энергии прорастания и всхожести достаточно высокие практически у всех сортов зерна тритикале и составляют 96–100%. Полная всхожесть зерна – 100% отмечается у сорта Мара. Жизнеспособность зерна тритикале составляет 79–87%.

На основании полученных данных для проведения дальнейших исследований, в том числе и для изучения влияния режимов проращивания на углеводно-амилазный комплекс зерна тритикале, выбраны три сорта – Мара, Антось и Сокол. Эти сорта обладают высокой всхожестью, энергией прорастания и жизнеспособностью, хорошими физическими свойствами, а также соответствуют требованиям при заготовках и поставках продовольственного зерна тритикале.

В статье представлены результаты исследований, полученные при проращивании сорта Мара. Исследования, проведенные по другим сортам зерна тритикале, аналогичны. Как известно, для прорастания зерна необходима достаточная влажность, соответствующая температура и наличие кислорода.

Жизнедеятельность зерна активизируется с появлением в нем свободной, вегетационной влаги. Содержание вегетационной влаги в зерне является результатом искусственного насыщения его водой. Она обеспечивает переход в раствор питательных веществ и перемещение их к зародышу, а также создает возможность проникновения в эндосперм ферментов, которые переводят резервные вещества зерна в растворимые, усвояемые зародышем. С проникновением в зерно достаточного количества влаги в нем ускоряются самые разнообразные биохимические процессы, связанные с жизнедеятельностью зародыша, усиливается дыхание, и активизируются ферменты.

Главным фактором, влияющим на скорость замачивания, является температура воды. Вода тем быстрее проникает в зерно, чем выше ее температура. Это объясняется тем, что с увеличением температуры повышается набухаемость органических коллоидов (белков, крахма-

ла, клетчатки), возрастает скорость диффузии воды вследствие увеличивающегося молекулярного движения и понижения вязкости воды.

В исследуемых образцах зерна тритикале в течение первых пяти часов замачивания, независимо от температуры воздуха, наблюдается резкое увеличение влажности в 2,5–3 раза (таблица 3). Этого времени достаточно, чтобы вода проникла по всему объему зерна – сначала происходит поглощение влаги оболочками, зародышем и алейроновым слоем, а затем влага проникает в эндосперм.

При дальнейшем замачивании и проращивании зерна до 35 часов влажность начинает равномерно возрастать. Интенсивность поглощения воды увеличивается с повышением температуры. Это объясняется тем, что при прорастании зерна активизируются многие биохимические процессы, протекающие с использованием влаги, в зерновке происходит транспортирование влаги из оболочек во внутренние слои.

Таблица 3 – Изменение влажности зерна тритикале при проращивании, %

Температура воздуха, °С	Время проращивания, ч							
	0	5	10	15	20	25	30	35
5	9,7	24,0	25,3	30,2	32,3	33,1	35,1	36,8
15	9,7	29,0	34,0	35,0	38,6	41,2	39,6	39,6
20	9,7	29,3	34,4	35,1	37,8	42,1	43,1	42,5
25	9,7	28,8	34,5	36,0	36,9	42,2	43,2	44,8
30	9,7	32,4	35,5	37,3	42,1	42,9	43,5	44,7

Максимальная влажность зерна при температуре воздуха от 5 до 15 °С составляет 36,8–39,6%, при 25–30°С – 44,8–44,7%. Проращивание зерна начинается при влажности 35–36%, этой влажности зерно тритикале достигает через 30–35 часов при низкой температуре воздуха 5°С, при более высоких температурах воздуха через 15–30 часов, а при температуре 30°С уже через 10-15 часов.

В процессе работы исследовано изменение углеводно-амилазного комплекса зерна тритикале при проращивании. Углеводно-амилазный комплекс зерна тритикале представлен высшими полисахаридами (крахмалом, декстринами, гемицеллюлозой, слизями), полисахаридами первого порядка (дисахаридами, трисахаридами), небольшим количеством простых сахаров (глюкозой, фруктозой) и амилолитическими ферментами (α - и β -амилазой).

Оба фермента (α -амилаза и β -амилаза) гидролизуют крахмал, но с разными результатами: α -амилаза расщепляет крахмал в наибольшей степени с образованием декстринов (продуктов частичного распада крахмала) и небольшого количества сахара мальтозы, β -амилаза, наоборот, приводит к образованию небольшого количества декстринов и, в основном, сахара мальтозы. В процессе проращивания зерна тритикале наблюдается увеличение активности α -амилазы при всех значениях температуры воздуха (рисунок 1). В течение первых 5 часов проращивания происходит резкое увеличение активности α -амилазы. Даже при низкой температуре – 5 °С активность α -амилазы увеличивается в семь раз с 0,03 до 0,20 ед/г, при более высокой температуре – в десятки раз.

С увеличением времени проращивания до 20 часов активность α -амилазы увеличивается в зависимости от температуры воздуха. При температуре воздуха 5°С она увеличивается незначительно, что связано с невысокой активностью ферментов при пониженных температурах. При дальнейшем проращивании зерна активность α -амилазы увеличивается в несколько раз, в связи с повышением влажности зерна.

При более высокой температуре воздуха 15–30 °С дальнейшее проращивание зерна до 35 часов приводит к увеличению активности α -амилазы – в несколько раз, особенно при температуре воздуха 25 – 30 °С. При этом α -амилаза активно расщепляет крахмал до среднемолекулярных и низкомолекулярных декстринов и незначительного количества мальтозы.

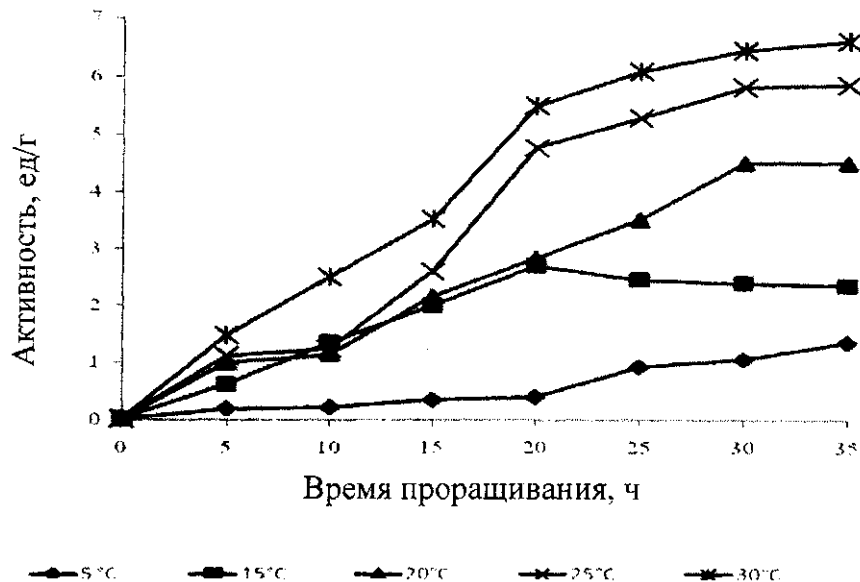


Рисунок 1 – Зависимость активности α-амилазы от времени проращивания зерна тритикале

У зерна тритикале при проращивании свыше 25 часов появляется мажущая консистенция, что свидетельствует о его перезамачивании и резком снижении его качества. Образующиеся декстрины и мальтоза расходуются на дальнейшее формирование ростка и активно возрастающий процесс дыхания. Уравнения регрессии, описывающие данный процесс, приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Зависимость между активностью α-амилазы (y) и длительностью проращивания (x) зерна тритикале

Температура воздуха, °C	y=f(x)	Коэффициент корреляции
5	$y=0,0009x^2+0,0062x+0,0677$	0,9843
15	$y=-0,0036x^2+0,1962x-0,1104$	0,9847
20	$y=-0,0004x^2+0,1488x+0,0312$	0,9906
25	$y=-0,002x^2+0,2558x-0,2775$	0,9745
30	$y=-0,0039x^2+0,3358x-0,1488$	0,9917

Исследовано также изменение активности β-амилазы в процессе проращивания зерна тритикале (рисунок 2). Активность β-амилазы в процессе проращивания увеличивается, но при этом большое влияние оказывает температура воздуха. При низкой температуре воздуха 5 °C в течение первых 15 часов проращивания наблюдается незначительное увеличение активности β-амилазы с 8,05 до 11,67 ед/г. Однако дальнейшее проращивание зерна тритикале с 20 до 30-35 часов приводит к увеличению ее в несколько раз – 60 ед/г.

При температуре 15 °C значительное повышение активности происходит уже свыше 10 часов проращивания, а свыше 20 часов проращивания ее активность резко увеличивается – до 161,5 ед/г при 35 часах проращивания.

Характер изменения активности β-амилазы в процессе проращивания при температуре воздуха 20–25 °C практически идентичен. Кривые зависимости активности β-амилазы от времени проращивания на графике расположены практически рядом. Резкое увеличение активности β-амилазы отмечается уже свыше 15 часов проращивания.

Повышение температуры воздуха до 30 °C значительно увеличивает активность β-амилазы. При проращивании происходит поглощение воды зерном, увеличивается его влажность. Особенно активно процессы проходят при более высокой температуре воздуха. Это приводит к усилению ферментативной активности α- и β-амилазы.

Уравнения регрессии, описывающие данный процесс, приведены в таблице 5.

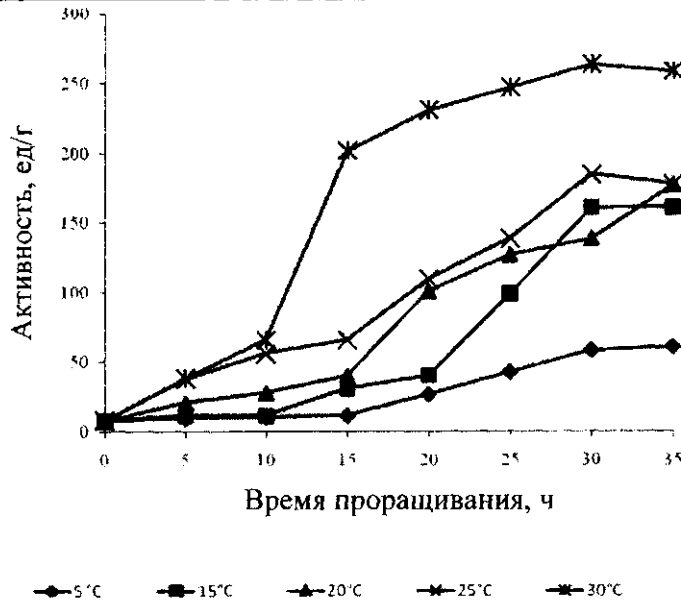


Рисунок 2 – Зависимость активности β-амилазы от времени проращивания зерна тритикале

Таблица 5 – Зависимость между активностью β-амилазы (y) и длительностью проращивания (x) зерна тритикале

Температура воздуха, °C	y=f(x)	Коэффициент корреляции
5	$y=0,0468x^2+0,0721x+6,7854$	0,9764
15	$y=0,1597x^2-0,6079x+6,3233$	0,9725
20	$y=0,0697x^2+2,6354x+3,2558$	0,9827
25	$y=0,0153x^2+4,7369x+7,5396$	0,9834
30	$y=-0,2219x^2+15,98x-18,59$	0,9667

В результате анализа полученных данных, представленных на рисунках 1, 2 и в таблицах 4, 5, установлено, что между активностью α- и β-амилаз и длительностью проращивания существует прямая зависимость, коэффициент корреляции близок к 1,0.

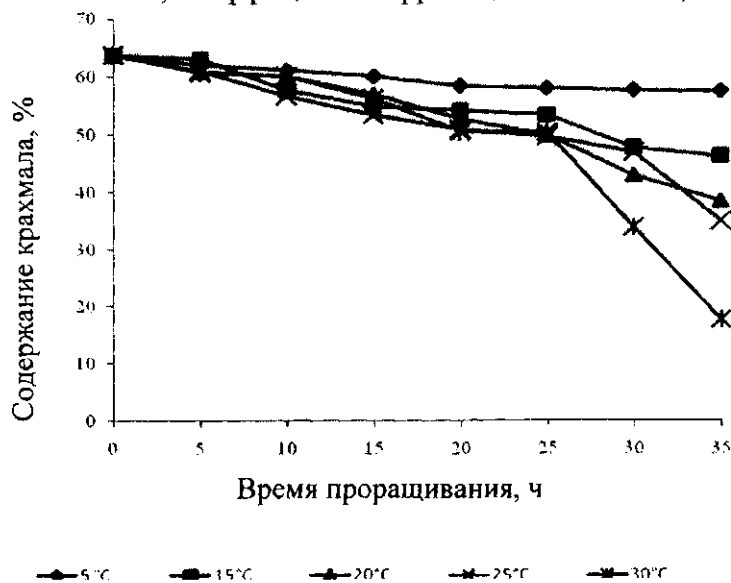


Рисунок 3 – Зависимость содержания крахмала от времени проращивания зерна тритикале

Крахмал – главное из веществ, содержащихся в зерне злаковых, его содержание в зерне тритикале по литературным данным составляет 49,1–67,1% [6]. В исследуемых образцах зерна тритикале содержание крахмала составило 58,1–63,7%

В процессе проращивания зерна тритикале при температуре 5 °С наблюдается постепенное незначительное уменьшение содержания крахмала с 63,7 до 57,4% (рисунок 3). При этом процесс гидролиза крахмала протекает неактивно, так как температура воздуха низкая. При более высоких значениях температуры воздуха гидролиз крахмала происходит более интенсивно и содержание крахмала значительно снижается уже после 10-15 часов проращивания, особенно при температуре воздуха 30 °С. Следует отметить, что активно этот процесс протекает при температуре от 20 до 30°С и времени проращивания свыше 10–15 часов.

Эти данные согласуются с приведенными выше результатами исследований изменения активности α - и β -амилазы в процессе проращивания зерна тритикале.

Уравнения регрессии, описывающие данный процесс, приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Зависимость между содержанием крахмала (y) и длительностью проращивания (x) зерна тритикале

Температура воздуха, °С	$y=f(x)$	Коэффициент корреляции
5	$y = -0,1819x + 62,918$	0,9656
15	$y = -0,5061x + 63,897$	0,9795
20	$y = -0,0137x^2 - 0,236x + 63,282$	0,9967
25	$y = -0,0097x^2 - 0,363x + 62,667$	0,9684
30	$y = -0,0473x^2 + 0,491x + 61,211$	0,9808

Из данных, приведенных на рисунке 3 и в таблице 6, установлено, что между содержанием крахмала и длительностью проращивания существует обратная зависимость, при этом коэффициент корреляции близок к 1,0. В состав углеводного комплекса, наряду с крахмалом, входят собственные сахара. Их содержание в зерне тритикале составляет 1,6–2,0%. При проращивании зерна происходит увеличение содержания сахаров в зерне (рисунок 4). Это объясняется гидролизом крахмала под действием ферментов α - и β -амилазы до сахаров и декстринов. В процессе проращивания зерна тритикале при температуре воздуха 5–20 °С и длительности проращивания до 20 часов содержание сахара увеличивается незначительно с 1,7 до 1,9–2,0 %. Дальнейшее проращивание зерна приводит к увеличению ферментативной активности и более быстрому расщеплению крахмала, в результате чего содержание сахаров увеличивается до 2,3–3,1 %.

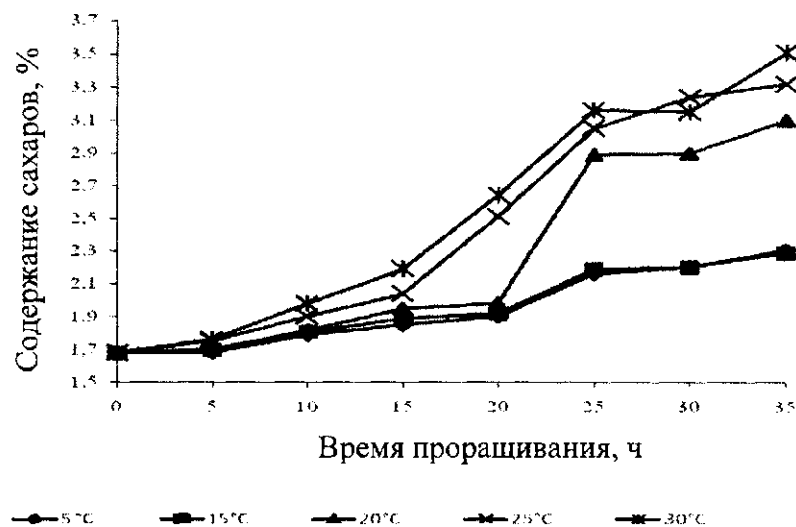


Рисунок 4 – Зависимость содержания сахаров от времени проращивания зерна тритикале

Такой же характер изменения содержания сахара в процессе проращивания наблюдается и при температуре воздуха 25–30°C, но более быстрое расщепление крахмала наблюдается уже после 15 часов проращивания и содержание сахара при этом увеличивается до 3,3–3,5 %.

Образующиеся в процессе проращивания сахара расходуются на формирование ростка и активно возрастающий процесс дыхания.

Уравнения регрессии, описывающие данный процесс, приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Зависимость между содержанием сахаров (у) и длительностью проращивания (х) зерна тритикале

Температура воздуха, °С	$y=f(x)$	Коэффициент корреляции
5	$y = 0,097x + 1,508$	0,9726
15	$y = 0,094x + 1,534$	0,9752
20	$y = 0,228x + 1,225$	0,9301
25	$y = 0,272x + 1,212$	0,9706
30	$y = 0,282x + 1,236$	0,9813

В результате анализа полученных данных, представленных на рисунке 4 и в таблице 7, установлено, что между содержанием сахаров и длительностью проращивания существует прямая зависимость, при этом коэффициент корреляции близок к 1,0.

Заключение

Исследованы физические и семенные свойства зерна продовольственной тритикале, выращенной в Республике Беларусь. Определено, что по комплексу показателей качества для получения продуктов питания из пророщенного зерна лучшими являются сорта зерна тритикале Мара, Антось и Сокол.

Изучен характер изменения углеводно-амилазного комплекса в процессе проращивания. Отмечено, что при этом наблюдается увеличение активности амилолитических ферментов (α - и β -амилазы), снижение содержания крахмала в результате его гидролиза и накопление сахаров. Повышение температуры воздуха значительно активизирует эти процессы.

При различной температуре воздуха установлена длительность проращивания, при которой длина ростка составляет 1,0–1,5 мм и пророщенное зерно характеризуется хорошими потребительскими свойствами. Дальнейшее проращивание зерна приводит к снижению его качества – отмечается появление мажущей консистенции.

Рекомендуемыми режимами являются длительность проращивания 25 часов при температуре воздуха 5–15 °С, 20–25 часов при температуре воздуха 20 °С и 15–20 часов при температуре воздуха 25–30 °С. Активность ферментов при этих режимах проращивания значительно повышается, что активизирует процесс гидролиза крахмала и приводит к накоплению сахаров.

Литература

- 1 Вашкевич, В., Горяев В., Мусина О. Трансформация каротина при проращивании зерна пшеницы / В. Вашкевич, В.Горяев, О. Мусина //Хлебопродукты. – 2001. – №8. – С.18–19.
- 2 Мальцев, П.М. Технология солода и пива / П.М. Мальцев. – М.: Пищевая промышленность. 1964. – 835 с.
- 3 Косминский, Г.И. Технология солода, пива и безалкогольных напитков. Лабораторный практикум по технологическому контролю производства / Г.И. Косминский. – Минск: Дизайн – ПРО, 1998. – 351 с.
- 4 Ермаков, А.И. Методы биохимического исследования растений / А.И. Ермаков [и др.]. – 3-е изд., перераб. и доп. – Л.: Агропромиздат. Ленингр. отд-ние, 1987. – 430 с.
- 5 Казаков Е.Д. Зерноведение с основами растениеводства.-3-е изд., доп. и перераб. - М.: Колос, 1983.– 352 с.
- 6 Касьянова, Л.А. Повышение эффективности использования зерна тритикале на продовольственные цели: монография / Л.А. Касьянова, Е.Н. Урбанчик. – Минск: Изд. центр БГУ, 2008. – 255 с.

Поступила в редакцию 03.04.2009