

УДК 621.56/59 (063)
ББК 31.397
К14

Сборник докладов подготовлен под редакцией доктора химических наук,
академика **Кулажанова К.С.**

Редакционная коллегия:

Цой А.П., Кизатова М.Ж., Бараненко А.В.,
Шлейкин А.Г., Андреева В.И. (ответ. секретарь)

К14 Казахстан-Холод 2015: Сборник докладов международной научно-технической конференции (19 февраля 2015 г.) – Алматы: АТУ, 2015. – 152 с.

ISBN 978-601-263-312-2

В докладах представлены результаты теоретических и экспериментальных исследований ученых и специалистов Казахстана, Германии, России, Японии и Украины по направлениям: теплохладоснабжения, кондиционирования и экологии.

Сборник рассчитан на специалистов и ученых, работающих в областях пищевой, химической, нефтеперерабатывающей промышленности, а также гостиничном бизнесе и спортивных комплексах.

УДК 621.56/59(063)
ББК 31.397

ISBN 978-601-263-312-2

©АТУ, 2015

УДК 664.022:005.936.44 (075)

РАЗРАБОТКА НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ОБРАБОТКИ ЗЕРНА С ЦЕЛЬЮ УЛУЧШЕНИЯ ЕГО ПИТАТЕЛЬНОЙ ЦЕННОСТИ

С.Н. Кудашев, А.С. Титлов, Р.Н. Проць

Одесская национальная академия пищевых технологий, Министерство образования и науки Украины

E-mail: sotnik57@mail.ru, titlow@mail.ru

Проблему экономии и рационального использования зерна в пищевых целях невозможно решить без создания высокоэффективных технологий повышения питательной ценности зерна и, прежде всего, переваримости белка и синтеза биологически активных веществ.

Так в Украине и в странах СНГ на 1 тонну протеиновых концентратов приходится 12 тонн зерна, главным образом, зерновых культур, а в странах Западной Европы только 2,6 тонн. В современном кормопроизводстве особое внимание должно уделять получению высокопитательных, сбалансированных по основным показателям кормовых средств. Одним из путей решения этой проблемы является включение в корма пророщенного зерна.

Часто уборка зерновых при неблагоприятных погодных условиях может привести к проращиванию зерна еще в валках. Такое, либо специально пророщенное зерно, может непосредственно вводиться в состав гранулированных комбикормов без предварительной сушки, чтобы максимально сохранить питательные вещества и витамины. Проращивание повышает пищевую и кормовую ценность зерна. Мука из проросшего зерна используется для приготовления продуктов питания повышенной пищевой ценности. Особенно такие продукты нужны людям, не переносящим молоко и молочные продукты, а в случае использования его в животноводстве в стартерных кормосмесях позволит экономить молоко, используемое для вскармливания молодняка. Наряду с проращиванием замоченное зерно с целью удлинения сроков его хранения можно подвергать глубокому замораживанию. При быстром глубоком замораживании вследствие резкого понижения температуры и скорости перехода воды в лед жизненные процессы быстро тормозятся. Но даже при очень низких температурах в замороженных продуктах полностью не прекращаются химические и биохимические реакции. Эти изменения при хранении вызываются действием ферментов, окислением, гидролизом и коллоидными реакциями. Уменьшение температуры затрагивает активацию протеиназы. Действие липазы проявляется даже при температуре минус 40 °С. Не снижается активность инвертазы, этим обусловлено накопление сахара в замороженной ткани [1]. При медленном замораживании и хранении при малых отрицательных температурах биохимические реакции не прекращаются, а некоторые, например окисление липидов, даже ускоряются. Во время хранения замороженных продуктов происходят и неферментативные химические изменения.

Кислород воздуха реагирует с различными компонентами продуктов, вызывая ухудшение их качества: изменяется вкус пищи, ее цвет, появляются неприятные запахи [2].

Причиной появления неприятного привкуса у замороженных плодов и овощей является дегидрирование фенолов, аминов, флавиноидов и аминокислот под воздействием каталазы и пироксидазы. Из этих ферментов пироксидаза более устойчива к действию отрицательных температур [3].

Исходя из вышеизложенного, процесс замораживания пищевых продуктов должен проходить максимально быстро и хранить замороженные продукты необходимо при достаточно низких температурах, чтобы исключить ухудшение их качества.

Задачей настоящего исследования явилось определение питательной ценности зерна злаковых и бобовых (пшеница, соя, фаба бобовых) культур и повышение ее в процессе различных способов обработки, включающих: а) замачивание в воде и растворах солей; б) сочетание замачивания с глубоким замораживанием; в) проращивание зерна с включением биологически ценных нутриентов целевой направленности и дальнейшее его использование в кормовых и пищевых целях.

Замачивание семян осуществляли в воде и растворах солей, хлорида натрия, морской соли, сорбиновой кислоты. Предварительное замачивание проводили с целью определения сорбции воды, необходимой для активизации ферментов и дальнейшего проращивания. Сочетание замачивания с глубоким замораживанием в холодильных камерах предполагали частичную деструкцию полимеров зерна, обогащением его доступными для усвоения веществами, снижение концентрации токсичных олигомеров рафинозной группы в семенах бобовых.

Для обеспечения процесса медленного замораживания использовались холодильные приборы абсорбционного типа, укомплектованные абсорбционными холодильными агрегатами (АХА). Известным недостатком АХА является низкая величина холодопроизводительности, как правило, не более 50 Вт на одну типичную холодильную машину [4]. Простое увеличение числа АХА не позволяет обеспечить требования к объемам перерабатываемой продукции, особенно в начальный период, когда и происходит замораживание.

Возникшие при разработке проблемы решали с помощью холодоаккумулирующих материалов (ХМ), позволяющих создать «запас» холодопроизводительности и тепловых труб (ТТ), обеспечивающих высокоэффективную (с минимальным термическим сопротивлением) тепловую связь на значительных расстояниях [5].



Рисунок 1 – Общий вид абсорбционной НТК

воздушный зазор 15...20 мм.

Конструктивное исполнение НТК с АХА позволяло изучать различные комбинации при установке шести ТТ в зоне испарительных участков АХА - по одной, две, три ТТ на один АХА (для камеры, соответственно, 2, 4, 6 ТТ).

Результаты экспериментальных исследований показали, что в незагруженной камере число труб практически не влияет на равномерность ее температурного поля. Снижение температуры в

Изучение ХМ и ТТ проводили на низкотемпературной камере (НТК) типа «ларь» с торцевым расположением двух АХА [6] (рис.1).

Полезный объем НТК составляла 180 дм³, а наружные размеры камеры – 1,020×0,65×0,95 м.

В качестве ХМ использовался водный раствор хлорида натрия (22-23%), который находился в полиэтиленовых прямоугольных емкостях размером 0,04×0,080×0,210 м. ТТ были выполнены по технологии НПО прикладной механики (Железногорск, Россия) и имели Г-образную конструкцию и омегаобразный профиль. Теплоноситель – аммиак. Длина зоны испарения ТТ – 0,19 м, конденсации – 0,24 м.

В качестве имитаторов продукта использовали водный раствор агара, приготовленный в соответствии с нормативными требованиями [7]. Размеры пакетов-имитаторов составляли 0,05×0,1×0,1 м, вес 0,5 кг. Пакеты размещались в проволочных корзинах размером 0,315×0,38×0,21 м, которые устанавливались в три яруса. Между корзинами и стенкой камеры выдерживался

камере из-за выравнивания температурных полей при переходе с двух ТТ на шесть не превышает 2 °С. При этом различная компоновка ТТ с прямолинейными участками испарителя практически не оказывает влияния на температурное поле незагруженной камеры (изменение температуры не превышает погрешности измерений т.е. 0,5°С). Это объясняется низкими величинами теплопритоков через ограждающие теплоизоляционные конструкции камеры в стационарном режиме и возможностью свободного перемещения воздуха в полезном объеме камеры. Особый интерес представляют пусковые (нестационарные) режимы, связанные с загрузкой камеры «теплыми» продуктами (имитаторами) с температурой плюс 25±1°С.

Серия таких исследований проводилась при номинальной тепловой нагрузке на АХА (по 112 Вт) в постоянном режиме, температуре окружающей среды 31...32°С, температуре в камере минус 20 ... минус 18°С.

Анализ результатов исследований показал, что удовлетворительные результаты в части продолжительности замораживания (температура на 10°С ниже криоскопической – минус 0,8... минус 1,2 °С) – не выше 36...44 ч не достигается, даже при минимальной степени загрузки.

При минимальной загрузке 0,27·Vк (где Vк – полный объем камеры) реализуется только режим охлаждения – не выше 4°С при продолжительности охлаждения 36 часов. Очевидно, что холодопроизводительности двух АХА недостаточно для интенсивного охлаждения загруженного продукта.

Для интенсификации режима охлаждения и замораживания имитаторов были использованы пакеты с ХМ в количестве: 10; 20; 40; 60 пакетов, вес ХМ составил, соответственно, 8; 16; 32; 48 кг.

Исследования проводились при средней степени загрузки камеры имитаторами – 0,56·Vк. Наличие предварительно замороженных продуктов (пакетов ХМ) позволило реализовать требуемые режимы замораживания при сорока и шестидесяти шт./пакетов. Пакеты при этом были уложены в корзины верхнего (третьего) яруса. При установке 10 и 20 пакетов с ХМ достигнута требуемая продолжительность охлаждения, температура через 36 ч составила, соответственно, 0,5 и 5,3°С.

Оценочные расчеты аккумулирующей способности используемого ХМ показали наличие запаса как по теплоте фазового перехода, так и по теплоемкости. Ограничительным фактором здесь является высокое термическое сопротивление цепочки «продукт - воздух в камере – стенка камеры – источник холода», обусловленное значительными геометрическими размерами объекта.

Как показали измерения температурных полей при загрузке «теплого» продукта температурный перепад между стенками камеры и испарителем достигает через 1 час работы 42°С без ХМ и 26°С с ХМ, тогда как в незагруженной камере эта величина не превышает 3...4°С.

Для устранения таких температурных переколов на стенках камеры были установлены четыре ТТ. Результаты исследований, проведенных как при наличии ХМ, так и без ХМ показали, что ТТ позволяют снизить уровень температур теплого пакета через 36 часов работы на 5...7°С без ХМ и на 2...3°С с ХМ. При этом реализуется и режим замораживания при загрузке 20 пакетов ХМ, а при отсутствии ХМ – режим охлаждения (не выше 4 °С) при средней загрузке камеры.

Таким образом, проведенные исследования по влиянию на температурно-энергетические режимы загруженной камеры числа ТТ и количества ХМ позволили определить оптимальные условия процессов охлаждения и замораживания продуктов:

- а) количество ТТ в камере – 4;
- б) оптимальная степень загрузки – 0,56·Vк ;
- в) количество пакетов с ХМ, предварительно замороженных до температуры минус 18 °С и установленных в верхнем ярусе корзин, не более 20 шт.

В полученных продуктах после замачивания, проращивания и глубокого замораживания определяли способность семян к наполнению вегетационной влаги, энергию прорастания семян, содержанием сахаров, активность ингибиторов.

Данные по наполнению вегетационной влаги семенами зерновых культур при разных условиях обработки представлены в табл. 1.

Таблица 1 – Накопление вегетационной влаги в семенах зерновых культур (%на а.с.в.)

Зерно	Исходное	После замачивания в течении 24 ч	После проращивания в течении 48 ч	Глубокое замораживание в течении 30 дней
Просо	8,90	22,58	53,40	51,65
Пшеница	11,10	47,06	67,72	43,99

Овес	10,05	58,22	84,18	82,05
Кормовые бобы	9,61	54,09	60,90	65,33

Как видно из приведенных данных, семена различных культур в разной степени сорбируют влагу при замачивании. Наибольшее количество вегетационной влаги сорбируют семена овса, что, очевидно, связано как с размерами пор в оболочках, так и с присутствием различных гидроколлоидов в составе семян.

С увеличением времени замачивания (более 24 часов) количество адсорбированной практически не меняется. В то же время в процессе глубокого замораживания идет как бы частичное подсыхание семян, о чем свидетельствует более высокое значение сухих веществ.

Замачивание семян в различных растворах влияет на энергию их прорастания. Энергия прорастания - это количество зерен с вышедшими за пределы покрова зерна ростками или корешками, выраженная в процентах на 100 замоченных зерен.

Для замачивания были выбраны вода, раствор сорбиновой кислоты 0,025% (как антисептик) для подавления микрофлоры и 0,01% раствор морской соли с целью обогащения минеральными веществами прорастающее зерно. Данные по влиянию условий замачивания при постоянной температуре $20 \pm 0,5$ °C на энергию прорастания зерен пшеницы представлено в табл.2.

Таблица 2 – Энергия прорастания семян в зависимости от условий замачивания

Показатели	Раствор для замачивания		
	Вода	Сорбиновая кислота, 0,025 %	Морская соль, 0,01 %
Энергия прорастания, %	90,5	83,87	50,0

Как свидетельствуют полученные данные, раствор морской соли угнетает процесс прорастания семян пшеницы и количество проросших зерен самое низкое (50%). Раствор сорбиновой кислоты по сравнению с контролем. При этом зерна не имели неприятный запах, и их поверхность была чистой, без признаков плесени или слизи.

Сочетания таких технологических способов обработки семян как замачивание с последующим проращиванием или замораживанием в значительной степени улучшают их качество.

Так, замачивание семян как пшеницы так и сои в различных растворах (вода, морская соль, сорбиновая кислота) приводит к повышению количества редуцирующих веществ в экстрактах семян (табл. 3).

Повышение массовой доли редуцирующих сахаров при замачивании в разных растворах, очевидно, связано с активацией ферментов, прежде всего амилаз, и частично гидролизом крахмала.

При проращивании наблюдаются глубокие изменения химического состава семян, активизируются ферменты, в первую очередь гидролитические (амилаза, протеаза, липаза), идет активное расщепление биополимеров и накопление более простых компонентов, необходимых для развития ростка.

В табл. 4 приведены данные по изменению химического состава семян кормовых бобов (*Faba Vicia*) при проращивании.

Таблица 3 – Влияние условий технологической обработки семян на накопление редуцирующих веществ (% на в.с.в.)

Сырье	Исходное сырье	Замачивание в течении 48 ч при температуре плюс $20 \pm 0,5$ °C		Проращивание в течении 48 ч при температуре плюс $20 \pm 0,5$ °C	Глубокое замораживание в течении 24 ч при температуре минус 20 °C	
		Вода	Морская соль		Вода	Морская вода
Пшеница	1,92	3,98	3,70	14,62	5,32	5,12

Соя	Шелушенная	1,72	4,62	5,90	-	5,52	4,71
	не шелушенная	1,55	4,70	6,90	-	5,08	5,76

Таблица 4 – Изменение химического состава кормовых бобов при проращивании (массовая доля в сухом продукте, %)

Показатели	Продолжительность проращивания, ч				
	0 (исходное зерно)	24	72	144	
Крахмал	47,52	44,65	43,38	40,79	
Сахароза	2,94	3,11	3,50	4,54	
Жир	1,64	1,28	1,23	0,91	
Азот	Общий	5,99	5,76	5,79	5,67
	Белковый	4,66	4,56	4,46	4,39
	Небелковый	0,29	0,60	0,86	1,22
	Азот стромы	0,72	0,60	0,47	0,38
	Аминный азот	0,17	0,32	0,41	0,61

Как следует из приведенных данных, при проращивании наблюдается накопление в экстрактах проращенных семян свободных сахаров за счет расщепления крахмала. Количество азота аминокислот и небелкового азота растет по мере увеличения времени проращивания. Значительные изменения претерпевают и липиды зерна, к концу 6-х суток проращивания концентрация жира уменьшается более чем на 40%. Даже резко снижается концентрация трудногидролизуемого белка стромы.

Глубокое замораживание как семян пшеницы, так сои также приводит к увеличению редуцирующих веществ (РВ) в экстрактах.

В табл. 5 приведены данные по изменению содержания РВ в семенах пшеницы при их длительном хранению в замороженном состоянии.

Таблица 5 – Содержание редуцирующих веществ в зерновках пшеницы в процессе длительного замораживания (%а.с.в.)

Показатель	Условия обработки				
	Исходное зерно	Замоченное в воде в течении 24 ч	Глубокое замораживание, сутки		
			1	2	3
Редуцирующие вещества (РВ)	1,89	4,99	8,19	7,80	6,91

Таким образом, при глубоком замораживании семян пшеницы (предварительно замоченных в воде) уже в первые сутки резко возрастает массовая доля сахаров по сравнению с исходным зерном (8,19 и 1,89% соответственно). А затем при длительном хранении до 30 и более суток количество сахаров в экстрактах замороженных семян снижается, что вероятно связано с частичным их расходом на дыхание. Так, по данным Головина Н.А. [2] хранение при пониженных температурах большинства видов овощей приводит к интенсификации расщепления крахмала и образования сахаров. В то же время у некоторых культур как, например овощной горох, при хранении с замораживанием наоборот синтезируется крахмал. Кроме того, часть сахаров действительно расходуется на дыхание.

По известным данным литературы предварительная обработка семян перед проращиванием слабыми растворами минеральных кислот и солей способствует получению хорошего солода и снижению в нем ингибиторов протеаз.

Проведенное нами исследование по влиянию предварительного замачивания семян кормовых бобов (Fafa Vicia Z) в растворах хлорида натрия (0,5% р-р) и сорбиновой кислоты (0,025%) с последующим проращиванием показали, что такая обработка способствует снижению количества ингибиторов трипсинового переваривания казеина (ТИА), хотя полной их инактивации добиться не удалось (табл. 6).

Таблица 6 – Зависимость концентрации ингибиторов трипсина в проращенных фабабобах от условий предварительного замачивания

Растворы для замачивания	Проращивание в течение, ч			
	24		48	
	Концентрация ингибиторов трипсина, в			
	Мг/г	% торможения	Мг/г	% торможения
Вода	78,8	63,35	24,6	10
Сорбиновая кислота	13,39	20,60	6,77	9,84

Хлорид натрия	5,95	9,20	9,88	13,98
---------------	------	------	------	-------

Таким образом, предварительное замачивание кормовых бобов в растворах сорбиновой кислоты и хлорида натрия уже к концу первых суток последующего проращивания приводит к резкому снижению концентрации ингибиторов трипсина (ТИА) и последующим уменьшением их концентрации при более длительном проращивании.

Одновременно при проращивании уже к концу первых суток проращивания практически полностью разрушаются токсичные олигосахариды рафинозной группы.

Длительное глубокое замораживание, как один из методов биотехнологической обработки семян в меньшей степени, чем при проращивании, но также приводит к снижению ингибиторов трипсинового переваривания (табл. 7).

Таблица 7 – Изменение концентрации ТИА (мг/г) в экстрактах семян сои при длительном глубоком замораживании

Сырье		Продолжительность хранения замороженных семян, сутки			
		Исходное зерно	14	30	120
Соя	шелушенная	18,8	7,38	7,07	4,96
	не шелушенная	15,02	7,96	7,53	4,47

ВЫВОД

Снижение активности ингибиторов белкового переваривания при замораживании и длительном хранении замороженных семян сои, очевидно, связано с активацией протеаз и частичным гидролизом белковых компонентов ингибиторов при замораживании. Таким образом, применяя разнообразные методы обработки семян - замачивание, проращивание, длительное замораживание - можно в значительной степени улучшить их питательную ценность.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алмаши Э., Эрдели Л., Шарой Т. Быстрое замораживание пищевых продуктов. - М.: Легкая и пищевая промышленность, 1981. – 408 с.
2. Головин Н.А. Холодильная технология пищевых продуктов. М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984. – 240 с.
3. Чижев Г.Б. Теплофизические процессы в холодильной технологии пищевых продуктов. М.: Пищевая промышленность, 1979. – 272 с.
4. Захаров Н.Д., Титлов А.С., Васылив О.Б., Тюхай Д.С. Новые конструкции энергосберегающих бытовых абсорбционных холодильных аппаратов // Холодильная техника и технология. – 1998. – Вып.1. – №58. – С.44-52.
5. Чи С. Тепловые трубы: Теория и практика. – М.: Машиностр., 1981. – 207 с.
6. Титлов А.С., Завертанный В.В., Васылив О.Б., Ленский Л.Р. Экспериментальные исследования температурно-энергетических характеристик низкотемпературных камер на основе АДХМ // Тепловые режимы и охлаждение радиоэлектронной аппаратуры. – 1998. – Вып.1. – С.60–67.
7. ГОСТ 16317-95(ИСО5155-83, ИСО 7371-85, МЭК 335-2-24-84). Приборы холодильные электрические бытовые. Общие технические условия. - М.: Изд-во стандартов, 1995. ДСТУ 2295–93.