

Т.Н. Данильчук

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЛЕКТРОКОНТАКТНОЙ ОБРАБОТКИ В ТЕХНОЛОГИЯХ ПОЛУЧЕНИЯ КРУПЫ И МУКИ ИЗ ПРОРАЩЕННОГО ЯЧМЕНЯ

В статье рассмотрены актуальные вопросы использования в пищевых технологиях экологически безопасных способов интенсификации проращивания зерна, в частности использование электрофизического воздействия низкой мощности. Статья содержит обоснование выбора режимов электроконтактной обработки ячменя и результаты проведенной работы. Установлено, что скоростью роста и качеством проростков можно управлять, используя оптимальное время замачивания и пропуская через зерновки переменный ток повышенной частоты на последующих стадиях проращивания. При сокращении времени проведения технологических операций были получены проростки ячменя с сохранением всех преимуществ проросшего зерна (активный комплекс ферментов, комплекс витаминов, пищевых волокон, минеральных солей, сахаров и других питательных веществ).

Зерно, ячмень, проращивание зерна, солод, электроконтактная обработка зерна.

Введение

В последние годы значительно возросло потребление продуктов, изготавливаемых из проращенного зерна: напитки брожения (пиво, квас), продукты лечебно-профилактического питания, лечебно-косметические средства. Растет популярность проростков семян в качестве полноценного компонента в питании человека, домашних и сельскохозяйственных животных и птиц. В этой связи становится актуальной задача рационализации и интенсификации способов получения пищевых проростков. Для ускорения роста семян применяют различные технологические приемы: технология увлажнения, чередование времени нахождения семян под слоем воды и воздушных пауз, добавление в замочную воду биологически активных веществ и пр. Можно использовать физические факторы воздействия: тепло, акустическое воздействие, электроконтактную обработку, обработку в электромагнитных и магнитных полях. Весьма интересным с научной точки зрения является аспект, связанный с принципиально новыми закономерностями взаимодействия биологических объектов со сверхмалыми дозами низкоинтенсивных физических факторов воздействия. Эффект биологического действия во многом определяется такими параметрами воздействия, как мощность, продолжительность и частотный фактор.

Целью настоящей работы является разработка технологических приемов интенсификации процесса получения крупы и муки из проращенного ячменя с сохранением всех преимуществ проросшего зерна и при оптимальном времени проведения технологических операций.

Объекты и методы исследований

Использовали ячмени с различным уровнем всхожести («Одесский 115», «Рядовой», «Скарлет», «Биос»). Проращивание осуществляли двумя способами.

1. В воронках в соответствии с общепринятым лабораторным вариантом промышленной технологии солодоращения (первое замачивание – 4 часа в воде, воздушная пауза – 14–16 часов, второе замачивание – 4 часа в воде и далее проращивание) [1].

Поддерживание при проращивании необходимой влажности осуществляли увлажнением водопоглощающего материала.

2. С использованием специального устройства для проращивания зерна [2], что позволяло осуществлять технологические операции и электрофизическое воздействие в одной емкости. Емкость представляла собой сосуд – часть устройства для проращивания зерна, выполненный из диэлектрического материала и состоящий из двух частей, разделенных герметично вмонтированной металлической сеткой, являющейся сепаратором и электродом одновременно. Емкость была закреплена на стойке с возможностью поворота в горизонтальной плоскости и с фиксацией положения под любым углом. Поддерживание при проращивании необходимой влажности осуществляли двумя способами:

- путем подачи охлажденного и увлажненного воздуха;
- путем подачи воды через отверстия в крышке емкости.

Для интенсификации роста зерна применяли электроконтактную обработку (ЭК) сырой массы ячменя переменным током в широком диапазоне частот при длительности воздействия 15 мин и мощности воздействия, не превышающей 10^{-4} Вт/кг. ЭК обработка обладает рядом преимуществ:

- простота аппаратного оформления;
- высокий КПД;
- небольшая продолжительность процесса;
- доступность контроля и регулирования энергетических параметров;
- отсутствие ограничений для размеров обрабатываемого продукта.

Силу тока определяли из расчета 2–5 мкА на зерновку. В качестве источника переменного тока использовали генератор ГЗ-131, что позволило пропускать ток необходимой частоты через сырую массу зерна. В процессе обработки производили контроль силы тока и величины напряжения.

Эффективность воздействия оценивали по скорости роста первого (главного) корня зародышевой системы ячменя и по количеству проросших зерен. О качестве полученных проростков судили по изме-

нению активности основных групп гидролитических ферментов проросшего зерна. Амилолитическую активность (АС) определяли по методу Виндиша-Кольбаха, протеолитическую активность (ПА) – по методу Ансона и рефрактометрически по методу Петрова. Активность цитолитических ферментов оценивали, определяя степень растворения эндосперма зерна (СР) по методу Проскуракова.

Влажность зерна (W) определяли весовым методом.

Оценку содержания сахаров в ячмене и его проростках проводили в соответствии с ГОСТ 3628-78. Количество витаминов А, С, В₂, РР определяли с использованием спектрофотометрического метода по ГОСТ 7047-55. Количество витамина Е определяли колориметрически по ГОСТ 30627.3-98. Содержание макро- и микроэлементов в исследуемых образцах определяли по ГОСТ Р 51429-99 и ГОСТ 51637-2000 с использованием атомно-абсорбционной спектроскопии и фотометрического анализа.

Результаты и их обсуждение

При проращивании ячменя на солод в воронках по лабораторному варианту солодоращения ЭК обработку применяли на разных стадиях процесса:

- после первого замачивания, когда зерно прошло I этап водопоглощения, интенсивное водопоглощение II этапа и находится в фазе лаг-периода II этапа, достигнув влажности 38–40 %, когда происходит подготовка «строительных материалов» для начала роста клеток, а также выработка энергии для их роста [3];

- после второго замачивания, когда происходит перераспределение влаги по всей капиллярно-пористой структуре зерновки и влажность зерна составляет 42–45 %, что приводит к дальнейшему этапу – остаточному равномерному набуханию зерна, которое сопровождается клеточным делением и проклеиванием корешка.

Одновременно осуществляли контрольное проращивание ячменя в тех же условиях (при одинаковых мощности, длительности воздействия, температуре окружающей среды), но без ЭК обработки зерновой массы. Показатели проросшего зерна оценивали по отношению к одноименным показателям, полученным в контрольном проращивании (% относительно контроля, контроль – 100 %).

На рис. 1 приведены зависимости скорости роста (v) главного корня зародышевой системы ячменя «Одесский 115» от частоты ЭК воздействия на разных стадиях солодоращения в диапазоне частот 50–20 000 Гц. ЭК обработка сырой зерновой массы после первого замачивания приводит к значительному увеличению v по сравнению с контрольным проращиванием во всем диапазоне исследованных частот тока. Наблюдается бимодальная зависимость v от частоты приложенного воздействия f с максимумами при $f = 100$ (164 % относительно контроля) и $f = 2000$ Гц (160 % относительно контроля). Необходимо отметить, что повышенные частоты ($10\,000 \leq f \leq 20\,000$ Гц) приводят к довольно значительному (126–129 % относительно контроля) усилению роста корней, что, как будет показано далее, в сочетании с

другими факторами оказывает существенное влияние на выбор технологических параметров ЭК обработки. ЭК обработка зерна после второго замачивания сохраняет бимодальный характер зависимости v от f в диапазоне $50 \text{ Гц} \leq f \leq 10\,000 \text{ Гц}$ с максимумами при $f = 200$ Гц (152 % относительно контроля) и $f = 2000$ Гц (145 % относительно контроля). При этом ЭК обработка с использованием повышенных частот приводит к увеличению v с ростом f вплоть до значений первого максимума (152 % относительно контроля).

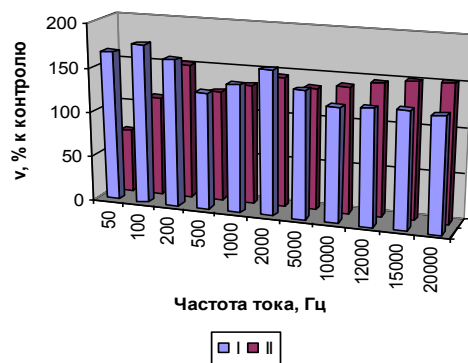


Рис. 1. Скорость роста первого (главного) корня зародышевой системы ячменя «Одесский 115» от частоты тока при электроконтактной обработке: I – после первого замачивания; II – после второго замачивания

Установлено также, что применение нетепловой ЭК обработки способствует значительному увеличению активности основных групп гидролитических ферментов: АС – на 10–30 %, ПА – на 35–96 %, СР – на 43–80 % по сравнению с контрольным проращиванием. Эффективность воздействия различна на разных стадиях процесса и зависит от частоты приложенного воздействия (табл. 1). Это особенно важно для промышленного процесса получения солода в технологии пивоварения: с одной стороны, сокращаются сроки проращивания и улучшается «сортность» семян, с другой – повышается качество образующегося солода и появляется возможность получить дополнительное количество солода хорошего качества.

Таблица 1

Активность гидролитических ферментов солода, полученного из ячменя сорта «Рядовой» с использованием ЭК обработки при низких и повышенных частотах тока

f , Гц	Активность (% к контролю)					
	ЭК обработка после первого замачивания			ЭК обработка после второго замачивания		
	АС	ПА	СР	АС	ПА	СР
Контроль	100	100	100	100	100	100
100	121	165	158	119	132	179
200	130	196	180	125	148	180
10 000	117	152	146	113	118	151
12 000	115	148	146	114	119	153
15 000	112	142	145	115	120	155
20 000	110	135	143	115	121	154

Надо отметить, что в процессе производства ячменного солода для нужд пивоварения стараются не

допустить большого роста корней, чтобы избежать потерь на образование проростков. При этом солод после сушки освобождают от ростков, поскольку они придают ему гигроскопичность и горький вкус за счет присутствия алкалоида горденина. Необходимость проведения этой операции связана еще и с тем, что накапливающиеся в ростках аминокислоты, попадая в сусло, являются источником образования сивушных масел при сбраживании. В этой связи солодовые ростки считаются отходами пивоваренного производства. Однако содержащиеся в солодовых ростках полезные вещества дают основание считать отходы пивоваренного ячменя отличной кормовой добавкой и ценным сырьем для приготовления различных эффективных лекарств, в частности, для стабилизации обмена веществ в организме человека. Солодовые ростки являются источником полноценного протеина – в одном килограмме сухих веществ содержится до 300 г протеина. Кроме того, в солодовых ростках содержится немало витамина Е, низкое содержание клетчатки, оптимальное наличие кальция и фосфора, что является необходимым для организма человека и животных.

Результаты экспериментов по ускорению роста корней методом ЭК обработки низкой мощности можно использовать для интенсификации процессов получения проростков злаковых и бобовых культур, в частности для получения проростков ячменя. В отличие от большинства привычных для нас растительных продуктов (листья, стебли, плоды, корни и т.д.), являющихся лишь частями растений, пророщенные семена представляют целостный живой организм, и этим обусловлены их природные биологические свойства и мощное оздоровительное действие на организм человека. В процессе прорастания ферменты семени расщепляют запасные вещества до низкомолекулярных сахаров и аминокислот, синтезируются биологически активные вещества: витамины, фитогормоны, антиоксиданты и пр. В этой связи при использовании в пищу проростков семян организм человека получает уже обработанные ферментами вещества и экономит собственные силы. Потребление в пищу проростков семян способствует стимуляции обмена веществ, компенсации минеральной и витаминной недостаточности, очищению организма от шлаков, нормализации кислотно-щелочного баланса, приводит к повышению иммунитета и замедлению процессов старения.

Небольшие партии проростков обычно получают инкубацией слоя увлажненных семян под влажной салфеткой. При таком способе проращивания ростки семян прорастают сквозь ткань водопоглощающего материала, что может привести к травмированию проростков и их частичной потере. Получение проростков в промышленном масштабе (например, при солодоращении) проводят в специальных устройствах, содержащих либо отдельно стоящие емкости (растительные камеры; пневматические, ящичные солодовни), либо барабан, в котором зерно спокойно перемещается и не повреждается, что позволяет полностью механизировать все процессы проращивания. Эти устройства позволяют реализо-

вать использование только одного фактора интенсификации процесса проращивания – кондиционирование. Использованное в настоящей работе для получения проростков устройство позволяло увлажнять зерно без использования водопоглощающего материала; проводить операции промывания, декантации, замачивания, кондиционирование, ЭК обработку и проращивание без перемещения зерновой массы в другие емкости [2].

Как известно, первым этапом проращивания является замачивание зерна до определенной влажности. При получении зерновых проростков зерно обычно замачивают в течение 13–16 часов. В процессе замачивания в первую очередь резко усиливается дыхание зерна, сопровождающееся потребностью в кислороде. Вместе с тем запас кислорода в замочной воде быстро уменьшается (при замачивании ячменя он истощается за 60–80 мин). Длительное нахождение зерновок под слоем воды приводит к кислородному голоданию, в результате чего образуется этиловый спирт, вредно влияющий на жизнеспособность зародыша. Это может привести к ухудшению качества полученных проростков. Поэтому важным представлялось определить оптимальное время замачивания, позволяющее достичь величины W , благоприятной для дальнейшего нормального прорастания зерна. Проведенные эксперименты показали (табл. 2), что наилучшие результаты для скорости роста корня достигаются при непрерывном нахождении ячменя под слоем воды в течение 4,5 часов. При этом W достигает величины 38 %, что достаточно для продолжения проращивания (считается, что замачивание обычно заканчивается по достижении $W = 38\text{--}40\%$).

Таблица 2

Показатели роста зерновок ячменя «Скарлет»

Длительность замачивания*, ч	Время от начала проращивания, ч	Длина главного корня, мм	W после замачивания, %
1,0	24,5	0,5	26–27
	37,0	3–4	
	40,5	5–6	
4,5	24,5	8–9	35–38
	37,0	14–16	
	40,5	15–16	
13,0	24,5	0,5–1,0	40–45
	37,0	8–9	
	40,5	10–11	

* При температуре воды 18–25 °С.

Для предотвращения развития нежелательных микробиологических процессов перед замачиванием зерно промывали в 0,001 % растворе перманганата калия. После замачивания и удаления избытка влаги через влажную зерновую массу пропускали в течение 10–20 минут переменный электрический ток различной частоты. Далее проводили проращивание зерна до достижения проростками необходимой длины (в зависимости от того, какие свойства требуются от готового продукта). Если пророщенное зерно используется для получения крупы и муки, то нежелательно

допускать появления зеленых проростков, которые придадут продукту горький вкус. При проращивании ячменя зеленые проростки появляются, когда длина главного корня достигает 18–20 мм. Известно, что активность гидролитических ферментов резко возрастает в течение первых трех суток. В этот период наблюдается интенсивный рост зародышевых корешков и синтез органических веществ в корневой системе. Результаты экспериментов показывают (табл. 3), что при длине корня 18–20 мм зерновки ячменя имеют хорошую активность гидролитических ферментов, но еще не выпустили зеленые ростки.

Таблица 3

Показатели прорастающего ячменя «Одесский 115» в зависимости от продолжительности проращивания (τ)

τ , ч	АС, ед./г	ПА, ед./г	Длина главного корня, мм
36	91	14	8–9
48	111	17	12–14
60	132	59	15–17
72	165	81	18–20

Важным является также выбор частоты тока f . При использовании ЭК энергоподвода может наблюдаться явление электролиза в зоне контакта продукт – электрод. Электрохимические процессы протекают в основном в жидкой фазе продукта и определяются содержащимися в ней растворимыми минеральными солями. При $20 \leq f \leq 5000$ Гц электрохимические реакции в водных растворах сопровождаются выделением газообразной фазы, количество которой уменьшается с увеличением f . Продукты электролиза (например, при обработке мясного фарша) можно обнаружить даже при использовании повышенных частот ($f \approx 9000$ Гц) [4], при $f \geq 14000$ Гц продукты электролиза отсутствуют. Ранее для проращивания ячменя на солод с использованием пропуска электрического тока через влажную зерновую массу были определены диапазоны частот (окна взаимодействия) [5], благоприятные для усиления скорости роста зерна и активации его гидролитических ферментов. В частности, было установлено, что при $f = 100\text{--}200$ Гц происходит устойчивый рост этих характеристик. В настоящей работе показано, что при $10000 \leq f \leq 20000$ Гц также наблюдается существенное, хотя и в меньшей степени, чем при $f = 100\text{--}200$ Гц, усиление роста корней (см. рис. 1) и активности гидролитических ферментов (см. табл. 1). Известно, что в процессе получения ростков значительно возрастает количество сахаров и витаминов-антиоксидантов в зерновках злаковых культур [6]. Использование ЭК обработки прорастающего зерна способствует получению проростков, которые по наиболее важным показателям не уступают или в некоторой степени превосходят образцы, полученные при контрольном проращивании (табл. 4). Опытные данные по сравнению различных режимов ЭК обработки дают основание сделать вывод о том, что для интенсификации проращивания ячменя можно использовать ЭК обработку низкой мощности при 12

000 Гц $\leq f \leq 20000$ Гц после замачивания в течение 4,5 часов. Такая обработка позволяет достичь желаемого технического результата (сокращение времени проращивания зерна и улучшение качества полученных проростков) и избежать образования ненужных продуктов гидролиза.

Таблица 4

Содержание полезных пищевых веществ в ячмене и ячменных проростках

Пищевые вещества		Содержание, мг/100 г		
		Ячмень	Ячменные проростки	
			контроль	ЭК обработка при 15 000 Гц
Сахара	общий сахар	2047,5	4584,2	4606,5
	сахароза	921,4	2113,2	2344,5
	глюкоза + фруктоза	107,5	1734,8	1886,9
Витамины	провитамин А (β -каротин)	0	12,1	12,4
	Е (токоферол)	1,5	9,6	11,2
	С (аскорбиновая кислота)	3,2	19,8	20,5
	В ₂ (рибофлавин)	0,1	0,3	0,3
	РР (никотиновая кислота)	4,9	5,1	5,1
Макро- и микроэлементы	калий	451,2	473,8	475,3
	фосфор	350,4	360,7	367,7
	кальций	92,9	97,2	102,8
	магний	115,1	120,8	123,7
	натрий	33,4	34,9	35,3
	цинк	3,2	3,4	3,5
	железо	4,3	4,4	4,5
	медь	0,3	0,4	0,4
марганец	1,2	1,4	1,4	

Для сохранения приобретенных зерновками в процессе проращивания полезных свойств проростки сушили в той же емкости до влажности 8–10 % в потоке нагретого воздуха при температуре не выше 40 °С. Сухую массу проростков дробили до размеров 1–2 мм и путем просеивания раздробленной массы через сита осуществляли отделение муки от крупы. Муку можно разводить теплой водой или молоком и употреблять в пищу. Из крупяной массы можно делать вытяжки и употреблять их для питья вместо воды. При этом сохраняются все биологически активные и полезные вещества.

Таким образом, скоростью роста и качеством полученных проростков можно управлять, используя оптимальное время нахождения зерновок под слоем воды на начальной стадии рашения и пропуская через зерновки переменный ток повышенной частоты ($12000 \text{ Гц} \leq f \leq 20000 \text{ Гц}$) при мощности воздействия, не превышающей 10^{-4} Вт/кг, на последующих стадиях проращивания. При сокращении времени проведения технологических операций были получены проростки ячменя с сохранением всех преимуществ проросшего зерна (активный комплекс ферментов, комплекс витаминов, пищевых волокон, минеральных солей, сахаров и других питательных веществ).

Список литературы

1. Нарцисс, Л. Пивоварение. Т. 1: Технология солодоращения / Л. Нарцисс. – М.: Профессия, 2007. – 584 с.
2. Данильчук, Т.Н. Устройство для проращивания зерна / Т.Н. Данильчук. Патент 2389169 С 1 А 01 С 1/00 19.12.2008. Оpubл. 20.05.2010, Бюл. № 14. – 5 с.
3. Данильчук, Т.Н. Динамика водопоглощения ячменя при различных режимах замачивания / Т.Н. Данильчук // Пиво и напитки. – 2009. – № 4. – С. 6–8.
4. Рогов, И.А. Экологически безопасные способы термической обработки / И.А. Рогов, Т.Н. Данильчук, В.В. Миклашевский, Т.М. Бершова, М.С. Погорелов // Мясные технологии. – 2009. – № 9. – С. 34–38.
5. Данильчук, Т.Н. Стимуляция биохимических процессов в прорастающем зерне акустическими и электрофизическими методами воздействия / Т.Н. Данильчук, Д.Н. Юрьев, А.Ю. Ратников // Пиво и напитки. – 2008. – № 6. – С. 11–14.
6. Тошев, А.Д. Солод и перспективы его использования в производстве мучных, кулинарных, кондитерских и булочных изделий: монография / А.Д. Тошев. – Челябинск: Издательство ЮУрГУ, 2002. – С. 40–45.

ГОУ ВПО «Московский государственный университет
прикладной биотехнологии» (МГУПБ),
109316, Россия, г. Москва, ул. Талалихина, 33.
Тел./факс: (495) 670-07-78
e-mail: rector@msaab.ru

SUMMARY**T.N. Danilchuk****Application of electrocontact treatment in technologies
of groats and flour production from germinated barley**

The article deals with the problem of applying ecologically safe ways of grain germination in food technologies. Application of low capacity electro physical treatment is considered in particular. The article contains a substantiation of the choice of barley electrocontact treatment modes and results of the work done. It has been established that growth rate and sprout quality can be operated using optimum time of soaking and passing an alternating current of very high frequency through the grain at subsequent stages of cultivation. Reducing the time of technological operations barley sprouts having all the advantages of sprouted grain (an active complex of enzymes, a complex of vitamins, food fibers, mineral salts, sugars and other nutrients) have been prepared.

Grain, barley, germination of grain, malt, electro contact treatment of grain.

The Moscow state university of applied biotechnology
street Talalihina, 33, Moscow, 109316, Russia
Phone/Fax: +7 (495) 670-07-78
e-mail: rector@msaab.ru

