



УДК 663.421:661.162.6

О.А. РОЖАНСКАЯ, доктор биологических наук, заведующая лабораторией,
К.Г. КОРОЛЕВ*, кандидат химических наук, научный сотрудник,
Т.В. ШИЛОВА, старший научный сотрудник,
Е.М. ГОРШКОВА, старший научный сотрудник

*Сибирский научно-исследовательский институт кормов,
*Институт катализа им. Г.К. Борескова
e-mail: olgarozhanska@yandex.ru*

РЕГУЛЯЦИЯ СОЛОДОВАНИЯ С ПОМОЩЬЮ НАНОБИОКОМПОЗИТОВ

Проведен поиск экологически безопасных регуляторов солодоращения ячменя, позволяющих сократить время проращивания и потери массы зерна при сохранении качества солода. В серии лабораторных экспериментов доказано, что регуляторы роста, изготовленные из растительного сырья методами механохимического активирования (нанобиокомпози́ты), достоверно влияют на солодоращение пивоваренного ячменя сорта Ача. Установлено, что при 20 °С солодование продолжается 5 сут и сопровождается быстрым ростом корней и побегов (потери массы солода достигают 26–29 %); 3-суточное проращивание уменьшает потери до 1,6–7,6 %, однако солодование остается незавершенным. Препарат КЛ-06 стимулирует процессы ферментации крахмала и белка, о чем свидетельствует повышение глюкоамилазной активности, содержания глюкозы и формольного азота по сравнению с контролем. Предполагается, что режим солодоращения при комнатной температуре с добавкой препарата КЛ-06 в дозе 10 мг/г позволит сократить время проращивания и уменьшить расходы на охлаждение зерна по сравнению со стандартной технологией. Доказано, что при пониженной температуре солодоращения (14–15 °С) изучаемые препараты увеличивают активность процессов ферментации, позволяя получать солод хорошего и удовлетворительного качества за 4–5 сут. Нанобиокомпозит из коры лиственницы КЛ-06 в дозе 10 мг/г показал себя наиболее стабильным и перспективным регулятором солодования при сокращенном периоде солодоращения.

Ключевые слова: солод, ячмень, солодоращение, солодование, ферментация, качество солода, регуляторы роста, нанобиокомпози́ты.

Ячменный солод – один из основных видов сырья для производства пива. Качество солода имеет основное значение для технологического процесса пивоварения и непосредственно влияет на химический состав, органолептические свойства и коллоидную стабильность напитка [1]. Процесс солодоращения направлен на активацию ферментной системы зерна и так называемое «растворение» эндосперма. Технология приготовления солода включает последовательные операции: замачивание зерна, проращивание, сушку и удаление ростков. Для ускорения солодования и снижения потерь используют химические добавки, основной из которых является регулятор роста – гибберелловая кислота [2].

Цель исследования – определить экологически безопасные регуляторы солодоращения ячменя, позволяющие сократить время проращивания и потери массы зерна при сохранении качества солода.

Основная задача исследования – замедление роста побегов и корней при одновременном усилении ферментации в прорастающих зернах ячменя.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Экологически чистые регуляторы роста нового типа (нанобиокомпози́ты) изготовлены в Институте химии твердого тела и механохимии методом механохимической активации растительных отходов [3]. Сырьем для препарата МПН послужили лапки пихты, ШР-06 – шелуха риса, КЛ-06 – кора лиственницы. Нами доказано, что эти нанобиокомпози́ты являются регуляторами морфогенеза растений [4–6].

Стандартная технология солодоращения предусматривает проращивание зерна ячменя (*Hordeum vulgare* L.) при пониженной температуре и достаточном поступлении кислорода. На третий-четвертый день появляется корешок, на седьмой-девятый – солодование завершается. Далее проводится сушка солода, цель которой – постепенное замедление и прекращение процессов роста и ферментативной активности, сопровождающееся образованием красящих и вкусовых веществ. После сушки сухие корешки и ростки отделяются от зерен, представляя собой потери массы солода [2].

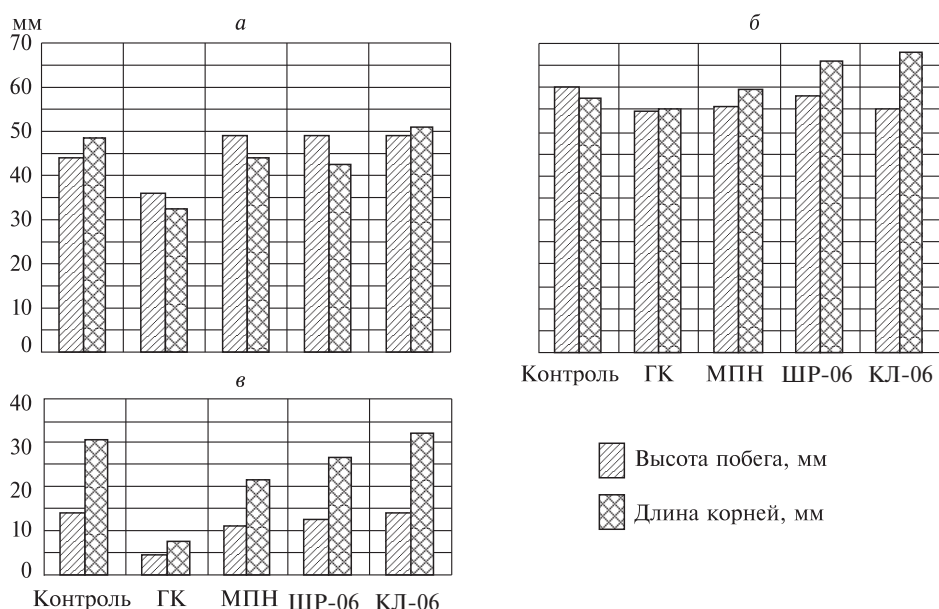
В наших экспериментах зерна ячменя сорта Ача после сортировки через сито $2,5 \times 20$ мм промывали в растворе KMnO_4 и воде, затем проращивали, используя метод рулонной культуры. Объем выборки 100 семян на вариант (5 рулонов по 20 семян), закладку каждой серии опытов повторяли трижды в разные дни. В контрольном варианте ячмень проращивали в дистиллированной воде без добавок, в других вариантах присутствовали добавки стандартного активатора солодования – гибберелловой кислоты (ГК) в дозе 0,0001 мг/г в качестве второго контроля или изучаемых регуляторов роста МПН и ШР-06 в дозе 1 мг/г семян, КЛ-06 – 10 мг/г. По завершении инкубации проростки взвешивали, измеряли длину стеблей и корней. Сушку солода проводили при постепенном повышении температуры: на первом этапе до 40 °С, на втором – до 60, на третьем – до 80 °С. Сухой солод после взвешивания очищали от ростков и снова взвешивали для определения потерь. Качество солода определяли методами химического анализа [2, 7]. При солодоращении происходит активизация протеолитических ферментов и амилаз, повышается концентрация сахаров. Глубина распада белков определяется формольным числом: хорошо растворенный солод содержит 180–230 мг/100 г формольного азота. Кроме того, качество солода определяли с помощью пробы на погружение: непроросшие зерна тонут в воде, проростки с завершенным солодованием всплывают [2]. Результаты измерений и подсчетов статистически обработаны [8].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Первая серия опытов проведена при температуре инкубации 20 °С. Период проращивания первой и второй закладки составил 5 сут. За это время растворение эндосперма завершилось, однако потери массы после очистки от ростков оказались слишком велики, особенно во второй закладке – от 26 (добавка гибберелловой кислоты) до 29 % (контроль без добавок). Учитывая быстрый рост, проростки третьей закладки проанализировали через 3 сут.

Результаты морфометрического анализа побегов и корней представлены на рисунке. Достоверное снижение скорости роста побегов первой закладки отмечено только в варианте с добавкой ГК, ингибирование роста корней наблюдалось при добавлении ГК, МПН и ШР-06. Рост побегов второй закладки достоверно снижался в вариантах с ГК, МПН и КЛ-06, рост корней стимулировали ШР-06 и КЛ-06.

Рост побегов трехдневного солода достоверно ингибировали ГК и МПН, рост корней – ГК, МПН и ШР-06. Потери массы составили на контроле 7,6 %, в вариантах с добавкой ГК – 1,6, МПН – 5,7, ШР-06 – 7, КЛ-06 – 7,5 %. Результаты определения глюкоамилазной активности, содержания глюкозы и формольного азота показали, что качество солода было невысоким (табл. 1).



Влияние регуляторов роста на прорастание семян ячменя:

а – первая закладка – период проращивания 5 сут, б – вторая закладка – период проращивания 5 сут, в – третья закладка – период проращивания 3 сут

Таблица 1

Влияние регуляторов роста на показатели качества ячменного солода (при температуре 20 °С в течение 3 сут)

Вариант	Глюкоамилазная активность, ед./г				Содержание глюкозы, %	Формольный азот, мг/100 г
	Без субстрата	С субстратом	При избытке солода	При равном содержании крахмала и длительном осахаривании		
Контроль	102,5	112,4	0,31	0,677	2,8	150
ГК	38,7	39,0	–0,05	0,255	1,0	89
МПН	90,1	100,4	0,32	0,510	2,4	138
ШР-06	107,9	117,6	0,28	0,583	2,7	151
КЛ-06	117,5	128,7	0,30	0,669	3,0	157

Солод в контрольном варианте оказался недорастворенным. Добавка ГК ингибировала прорастание (взошли всего 27 % семян) и угнетала ферментативные процессы, о чем свидетельствует снижение показателей активности солодования в 2–3 раза и более. Добавка МПН уменьшила потери на 2 %, но снизила глюкоамилазную активность и качество солода по сравнению с контролем. Препарат ШР-06 не оказал достоверного влияния на показатели качества.

Препарат КЛ-06 стимулировал процессы солодования, о чем свидетельствует повышение глюкоамилазной активности, содержания глюкозы и формольного азота по сравнению с контролем. Очевидно, продление срока инкубации до 4 сут позволило бы получить солод хорошего качества. Такой вариант режима солодоращения при комнатной температуре с добавкой КЛ-06 представляется нам перспективным, поскольку в сравнении со стандартной технологией он позволяет сократить время проращивания и снизить расходы на охлаждение зерна.

В следующей серии опытов зерно ячменя проращивали при 14 °С в течение 6 сут. Результаты испытаний свидетельствуют о завершении солодования во всех вариантах опыта (табл. 2). В контрольном варианте (без

Таблица 2
Влияние регуляторов роста на прорастание семян ячменя (при 14 °С в течение 6 сут)

Вариант	Закладка	Проросшие семена, %	Средняя высота роста, мм	Длина корешка, мм	Потери массы, %	Процент несоложенных зерен	Качество солода
Контроль	Первая	100	24,6	64,1	19	2	Очень хорошее
	Вторая	100	18,1	52,2	22	2	»
	Третья	95	19,8	52,3	16	13	Хорошее
	Среднее...	97,8	20,8	56,2	19,0	5,7	Очень хорошее
ГК	Первая	97	27,9*	52,2*	20	6	»
	Вторая	97	18,0	50,8	13*	3	»
	Третья	95	22,0	54,6	17	5	»
	Среднее...	96,3	22,6	52,5	16,7	4,7	Очень хорошее
МПН	Первая	95	31,7*	56,8*	20	2	»
	Вторая	97	10,6*	44,3*	13*	2	»
	Третья	100	25,3*	50,2	8*	3	»
	Среднее...	97,3	22,5	50,4	13,7	2,3	Очень хорошее
ШР-06	Первая	100	32,0*	47,4*	20	7	»
	Вторая	100	25,2*	45,8*	18	2	»
	Третья	100	23,9*	52,4	15	5	»
	Среднее...	100	27,0	48,5	17,7	4,7	Очень хорошее
КЛ-06	Первая	95	31,0*	49,3*	23	4	»
	Вторая	97	26,0*	51,9	13*	3	»
	Третья	97	24,0*	60,4*	16	3	»
	Среднее...	96,3	27,0	53,9	17,3	3,3	»

*Разница с контролем достоверна на 95%-м уровне.

добавок) длина ростка значительно превышала длину зерна, что привело к большим потерям массы. Гибберелловая кислота практически не уменьшила длину ростков и корешков. Препарат МПН проявил себя как эффективный ингибитор роста корней и снизил потери. Препарат ШР-06 несколько усилил рост побегов и уменьшил длину корешков, сохранив потери на уровне контроля. Препарат КЛ-06 стимулировал рост побегов, но его влияние на рост корней и потери было нестабильным.

В данном опыте препарат МПН показал себя наиболее пригодным для снижения потерь массы солода при сохранении и даже повышении его качества, однако потери оказались слишком велики из-за избыточного роста.

Опыт повторили, сократив сроки проращивания до 4 сут при 15 °С. Результаты испытаний представлены в табл. 3. В контрольном варианте (без добавок) качество солода в среднем оказалось неудовлетворительным, причем активность процесса солодования сильно варьировала в зависимо-

Таблица 3

Влияние регуляторов роста на проращивание семян ячменя
(при 15 °С в течение 4 сут)

Вариант	Закладка	Проросшие семена, %	Высота побега, мм	Длина корней, мм	Потери массы, %	Процент зерен			Качество солода
						соложенных	частично соложенных	несоложенных	
Контроль	Первая	97	8,4	23,0	3,8	72	26	2	Уд.
	Вторая	87	8,5	20,6	3,7	47	43	10	Неуд.
	Третья	97	8,0	15,4	1,5	18	70	12	»
ГК	Среднее...	94	8,3	19,7	3,0	45,7	46,3	8,0	Неуд.
	Первая	82	6,0*	17,6*	3,7	62	13	25	Уд.
	Вторая	93	9,4	24,0*	3,7	50	41	9	»
	Третья	98	9,6*	25,3*	3,8	65	25	10	»
МПН	Среднее...	91	8,3	22,3	3,7	58,7	26,6	14,7	Уд.
	Первая	97	7,9	18,7*	7,4	47	43	10	»
	Вторая	97	11,5*	25,7*	3,8	55	42	3	»
	Третья	97	11,5*	33,9*	4,0	78	20	2	Хорошее
ШР-06	Среднее...	97	10,3	26,1	5,1	60,0	35,0	5,0	Уд.
	Первая	93	9,6*	21,4	3,7	63	14	23	»
	Вторая	85	10,4	31,0*	4,0	76	19	5	Хорошее
	Третья	93	8,4	17,3	11,5	32	55	13	Неуд.
КЛ-06	Среднее...	90	9,5	23,2	6,4	57,0	29,3	13,7	Уд.
	Первая	90	10,0*	22,8	3,8	68	29	3	»
	Вторая	90	11,7*	34,5*	4,2	80	14	6	Хорошее
	Третья	97	10,2*	31,5*	3,8	77	20	3	»
	Среднее...	92	10,6	29,6	3,9	75,0	21,0	4,0	Хорошее

*Разница с контролем достоверна на 95%-м уровне.

сти от даты закладки опыта: доля соложенных зерен снизилась в 4 раза от первой закладки к третьей. Гибберелловая кислота позволила получить солод удовлетворительного качества, хотя эффект был нестабильным по отношению к контролю.

В экспериментальных вариантах выявлена следующая картина. Под действием препарата МПН активность солодования повышалась от первой к третьей закладке опыта (в последней качество солода хорошее), причем активирующий эффект МПН стабильно превосходил действие ГК при незначительном увеличении потерь массы (на 1,4 % в среднем). Препарат ШР-06 в дозе 1 мг/г действовал неоднозначно, в среднем он увеличил рост побегов и корней, повысив потери на 3,4 % по сравнению с уровнем контроля, но качество солода колебалось от удовлетворительного и хорошего в первых двух закладках до неудовлетворительного в последней. Препарат КЛ-06 в дозе 10 мг/г в целом стимулировал рост побегов и корней, при этом активность солодования сильно повышалась, а влияние на потери массы было незначительным. В этом варианте получен самый качественный солод. В данном опыте нам удалось доказать, что при пониженной температуре изучаемые препараты увеличивают активность процессов солодования, позволяя получать солод хорошего и удовлетворительного качества за 4–5 дней.

Препарат КЛ-06 в дозе 10 мг/г показал себя наиболее перспективным регулятором солодоращения ячменя с сокращенным периодом проращивания как при комнатной, так и при пониженной температуре.

ВЫВОДЫ

1. В серии лабораторных экспериментов доказано, что регуляторы роста МПН, ШР-06 и КЛ-06, изготовленные из растительного сырья методами механохимического активирования (нанобиокомпози́ты), оказывают достоверное влияние на солодоращение ячменя.

2. При температуре 20 °С происходит быстрый рост корешков и ростков и активное солодование, при этом за 5 сут потери массы солода достигают 26–29 %. Сокращение срока проращивания до 3 сут уменьшает потери до 1,6–7,6 %, однако солодование остается незавершенным. Препарат КЛ-06 в дозе 10 мг/г стимулирует процессы ферментации крахмала и белка, о чем свидетельствует повышение глюкоамилазной активности, содержания глюкозы и формольного азота по сравнению с контролем.

3. При температуре 14–15 °С изучаемые препараты увеличивают активность процессов солодования, позволяя получать солод хорошего и удовлетворительного качества за 4–5 сут. Нанобиокомпози́т из коры лиственницы КЛ-06 в дозе 10 мг/г показал себя наиболее стабильным и перспективным регулятором солодования при сокращенном периоде солодоращения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. <http://www.merdok.cz/beer/?page=solodoraschenie-yachmenya>
2. **Технология** солода. – М.: Пищ. пром-сть, 1980. – 504 с.
3. **Ломовский О.И., Королёв К.Г.** Механохимические технологии получения нанобиокомпози́тов из растительного сырья // Сборник трудов Сибирского международного форума биотехнологий (20–23 ноября 2007 г.). – Красноярск, 2007. – С. 117–125.

4. Рожанская О.А., Дарханова В.Г., Строева Н.С., Королев К.Г., Ломовский О.И. Особенности регуляции морфогенеза эспарцета и люцерны *in vitro* // Сиб. вестн. с.-х. науки, 2008. – № 5. – С. 58–65.
5. Рожанская О.А., Королев К.Г., Юдина Н.В., Ломовский О.И. Биотехнологическое тестирование регуляторной активности продуктов механохимической обработки торфа и древесных отходов // Докл. РАСХН. – 2008. – № 3. – С. 16–19.
6. Rozhanskaja O.A., Korolev K.G., Lomovsky O.I. et al. Nanocomposites as growth stimulants of plants *in vitro* and *in agro* [Электронный ресурс] <http://rusnanotech08.rusnanoforum.ru/cgi-bin/show.pl?option=&id=&lang=ru>
7. Ермолаева Г.А., Колчева Р.А. Технология и оборудование производства пива и безалкогольных напитков. – М.: ИРПО, Изд. центр «Академия», 2000. – 416 с.
8. Сорокин О.Д. Прикладная статистика на компьютере. – Новосибирск: РПО СО РАСХН, 2008. – 217 с.

Поступила в редакцию 26.08.2014

O.A. ROZHANSKAYA, Doctor of Science in Biology, Laboratory Head,
K.G. KOROLEV*, Candidate of Science in Chemistry, Researcher,
T.V. SHILOVA, Senior Researcher,
E.M. GORSHKOVA, Senior Researcher

Siberian Research Institute of Fodder Crops,
*Boriskov Institute of Catalysis, SB RAS
e-mail: olgarozhanska@yandex.ru

REGULATION OF MALTING USING NANOBIOCOMPOSITES

There was conducted a search for environmentally friendly regulators of malting barley, which allowed reducing time of germination and weight losses with quality of malt maintained. Laboratory experiments have proved that the growth regulators prepared from plant material by mechanochemical activation (nanobiocomposites) have a significant impact on malting of Acha cultivar of brewer's barley. It has been established that germination of seeds at 20 °C during 5 days is accompanied by the rapid growth of roots and shoots (malt weight loss reaches 26–29%); 3-day germination decreases losses down to 1.6–7.6%, but remains malting unfinished. The composite CL-06 prepared from larch bark stimulates starch and protein fermentation as evidenced by increased glucoamylase activity as well as glucose and formol nitrogen content rising as compared to the control. Malting mode at the room temperature with CL-06 addition at 10 mg/g dose makes it possible to reduce germination time and cut costs for cooling grain comparably to the standard technology. It has been proved that the composites studied enhance the fermentation activity at low temperature (14–15 °C) that allows obtaining malt of good or satisfactory quality during 4 to 5 days. The CL-06 composite of larch bark at 10mg/g dose was demonstrated as the most stable and promising regulator for reduced malting period.

Keywords: malt, barley, malting, fermentation, malt quality, growth regulators, nanobiocomposites.