УДК 663.44

Г.В. Шабурова, А.А. Курочкин, П.К. Воронина

ПОВЫШЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА НЕСОЛОЖЕНЫХ ЗЕРНОПРОДУКТОВ

Приведен анализ теоретических и экспериментальных исследований отечественных и зарубежных ученых в области подготовки биополимеров несоложеного зерна к гидролитическим процессам тепловыми методами. Систематизированы и обобщены результаты научных экспериментов, дающие представления о происходящих при такой обработке физических, биохимических и структурных изменениях в несоложеном зерне. На основе анализа информационных источников определена тенденция развития тепловых способов, влияющих на технологический потенциал несоложеного сырья и, следовательно, формирование качества пива.

Пивное сусло, несоложеное зерно, предварительная подготовка, формирование качества пива.

Введение

При производстве пива наиболее важной задачей процесса затирания является перевод из смеси солода и несоложеных зернопродуктов в водный раствор максимального количества ценных растворимых и нерастворимых частей зернопродуктов, обеспечивающих необходимый уровень экстракта пивного сусла и готового напитка. Достижение указанной цели обусловлено различными факторами, и в первую очередь деятельностью ферментов, накапливающихся в солоде в процессе солодоращения.

Биополимеры (крахмал и белок) несоложеных зернопродуктов, применяемых взамен части солода, в сравнении с биополимерами солода менее подготовлены для ферментативного воздействия, поскольку не подвергались предварительному процессу растворения, изменяющему структуру зерна, как это происходит с зерном при солодоращении.

К основным различиям между солодом и несоложеным зерном относится наличие клеточных стенок в крахмальных гранулах. Теоретически высококачественный солод содержит достаточное количество цитолитических, протеолитических и амилолитических ферментов для эффективного гидролиза нерастворимых компонентов, содержащихся как в самом солоде, так и в несоложеных зернопродуктах. Однако на практике для продуктивного ведения процесса затирания зернопродуктов, особенно при замене значительного количества солода несоложеным зерном (более 20 %), на протяжении многих лет используются раздельное затирание несоложеного сырья и солодовой части затора, а также применение ферментных препаратов для обеспечения нормального течения процесса затирания.

Очевидно, что биохимическое воздействие ферментов солода на биополимеры несоложеных зернопродуктов, в первую очередь на крахмальные зерна, окажется более эффективным при условии их предварительной клейстеризации. Следовательно, для эффективного использования несоложеных зернопродуктов при приготовлении пивного сусла и получения продукции высокого качества необходима перед затиранием предварительная подготовка биополимеров зерна к биотрансформации.

Целью настоящего исследования является анализ, систематизация и обобщение информационных данных отечественных и зарубежных исследователей о способах тепловой обработки, формирующих технологический потенциал несоложеного сырья и товароведные характеристики пива.

Объект и методы исследования

Объектом исследования являлись научные данные отечественных и зарубежных источников информации.

В качестве методов исследования использовали методы анализа, синтеза, систематизации и обобщения.

Результаты и их обсуждение

Жесткая конкуренция на рынке пива диктует необходимость оптимизации технологических параметров и приемов на каждом этапе технологии. Одним из основных технологических этапов производства пива является процесс затирания зернового сырья. Замена части солода несоложеным зерном предполагает применение гидролитических ферментных препаратов микробного происхождения на стадии производства пивного сусла либо предварительную подготовку несоложеного сырья.

К наиболее эффективным и часто применяемым технологическим приемам, способствующим подготовке биополимеров несоложеного зерна к технологическому процессу затирания, относится тепловая обработка, которая может осуществляться различными методами, в том числе комбинированными. К примеру, возможно одновременное совместное воздействие температуры и влаги, температуры и давления.

В.А. Афанасьевым предложена классификация тепловых методов обработки зерна, включающая три группы температурной обработки: термическую, гидротермическую и термомеханическую [1]. Данная классификация в полной мере применима и к тепловым методам подготовки несоложеного сырья, применяемым в пивоварении.

К термическим методам воздействия на зерно относят нагрев зерновой массы сухим нагретым

воздухом (конвективный нагрев) либо нагрев от нагретой поверхности (кондуктивный нагрев), а также нагрев токами высокой частоты и микронизация (ИК-обработка).

Эффективность термических методов тепловой обработки несоложеных зерновых продуктов при приготовлении пивного сусла отмечена исследователями более 40 лет назад.

С целью повышения качества готового пива Д.Г. Главинским запатентован способ производства пивного сусла, полученного с применением термически обработанного несоложеного зерна ячменя. Автор предложил осуществлять высокотемпературную термическую обработку несоложеного ячменя, увлажненного до 15 % [2]. При температуре 230–250 °С происходит разрушение дубильных веществ, играющих значительную роль в образовании коллоидного помутнения пива, а также разрыхляется структура зерна, что способствует повышению степени атакуемости зерен крахмала ферментами солода.

Следует отметить, что жесткие режимы тепловой обработки приводят к образованию меланоидиновых соединений, интенсивность образования которых можно снизить, корректируя режимы термической обработки несоложеного сырья. Например, по мнению Н.В. Голиковой с соавторами, значительному улучшению качества пива способствует термическая обработка сырья, проводимая в несколько этапов. На первом этапе увлажненное ячменное зерно предлагается подвергнуть термической обработке при 230–250 °С, а затем быстро (в течение 5–10 с) охладить увлажненным до 75–85 % воздухом с температурой от –5 до –10 °С [3]. Результатом первого этапа воздействия контрастными температурами является резкое прерывание реакции меланоидинообразования. Одновременно с этим снижается степень сцепления оболочки зерна и эндосперма.

На втором этапе с целью исключения проникновения влаги, находящейся на поверхности зерна после первого этапа обработки, в эндосперм зерна осуществляют продувку зерновой массы сухим холодным воздухом с температурой от –5 до –10 °С с пониженной относительной влажностью (20–25 %) в течение короткого периода 5–10 с. Предлагаемое технологическое решение позволяет сохранить оболочку зерна увлажненной, что способствует ее целостности при дроблении, и следовательно, создает возможности образования рыхлого, хорошо дренирующего слоя дробины при фильтрации пивного сусла и высокой скорости фильтрации затора.

Установлено, что термическое воздействие на несоложеное зерно в течение короткого периода (0,5–1,5 мин) способствует эффективному улучшению его технологических параметров за счет разрыхления эндосперма зерна. В результате разрыхления эндосперма происходит увеличение насыпного объема зернопродуктов в 1,25–2 раза [4]. Исследователи подчеркивают возможность применения термообработанного несоложеного зерна с измененными структурными свойствами в качестве замены 15–40 % солода при производстве пивного сусла. Предлагаемый способ обработки зерна приводит к облегчению выхода экстрактивных веществ, что предполагает увеличение редуцирующих сахаров. В результате сбраживания дрожжами повышенного количества редуцирующих сахаров образуется большее количество этилового спирта, что меняет товароведные характеристики пива.

Научный и практический интерес для пивоварения представляет собой и другое направление термического воздействия на зерно – применение инфракрасного излучения.

Инфракрасное излучение применяется в отраслях пищевой промышленности для интенсификации химических и биохимических процессов, протекающих при выпечке, сушке, обжаривании, бланшировании, варке, пастеризации.

В основе этого способа обработки лежит способность инфракрасных излучений с длиной волны 0,8–6 мкм проникать в зерно и вызывать интенсивную вибрацию молекул. Известен способ, в котором термообработку зерна со стандартной влажностью осуществляют, воздействуя на него потоками инфракрасного излучения с длиной волны 0,8–3,2 мкм до достижения температуры зерна 150–200 °С. В результате обработки зерно становится мягким, увеличивается в объеме и растрескивается [5].

Механизм указанного процесса обусловлен диффузией влаги с поверхности обрабатываемого зерна в середину зерновки, созданием высокого давления пара внутри зерновки при достижении температуры 150–200 °С, которое и приводит к «взрыву». Об изменении биохимических показателей микронизированного зерна свидетельствует значительное повышение содержания декстринов и глюкозы, являющихся продуктами деструкции крахмала зерна. Кроме этого, воздействие инфракрасного излучения приводит к улучшению физических свойств зерна. Ячмень увеличивается в объеме, в 2–3 раза уменьшается его плотность и в 3–4 раза увеличивается гигроскопичность. Изменение структуры зерна позволяет использовать его в технологии получения продуктов брожения без использования процесса разваривания. В результате эффективного воздействия ферментов солода на «взорванное» зерно повышается выход экстракта.

Результаты исследований обработки зерна инфракрасным излучением с измененными параметрами приведены в работах других авторов [6, 7]. С целью повышения качества готового напитка предложено дробленый ячменный солод и несоложеное сырье обрабатывать электромагнитным излучением в области спектра 0,6–1,5 мкм. По данному способу зернопродукты подвергают обработке в течение 10–15 с при плотности потока 10–15 кВт/см^2. Применение предложенного способа приготовления пивного сусла обусловливает увеличение содержания в пивном сусле редуцирующих сахаров на 4,8–20,2 %, α-аминного азота на 0,36–7,2 % и массовую долю сухих веществ на 5,8–12,2 %, что в конечном счете способствует интенсификации процесса брожения. Термическая обработка зерна с помощью инфракрасного излучения, по мнению этих авторов, позволяет получать пиво с высокими качественными показателями при замене части солода от 15 до 40 % на несоложеное сырье.

Обработка растительного сырья инфракрасными лучами оказывает влияние и на ряд других его свойств. Так, в своей работе Л.Н. Третьяк показала возможность практически полного уничтожения контаминантов зерна при кратковременном инфракрасном облучении увлажненного зерна в сочетании с воздействием ультрафиолетовых волн длиной волны 240–370 нм. Кроме этого эффекта, автором обнаружено значительное увеличение ферментативной атакуемости крахмала обработанного зерна и существенное увеличение количества сбраживаемых сахаров. Результаты исследований автора свидетельствуют о том, что количество декстринов после микронизации увеличивается более чем в 70 раз, а количество редуцирующих сахаров – в 2 раза, при этом степень клейстеризации крахмала увеличивалась в 25 раз, а его ферментная атакуемость – более чем в 3 раза [8].

В.Т. Христюк с соавторами предложил приготавливать затор с применением обработки солода и ячменя электромагнитным полем низкочастотного диапазона 3–30 Гц в течение 35–45 минут [9]. Предварительная обработка зернопродуктов указанным способом обеспечивает увеличение выхода экстрактивных веществ и повышение качества готового продукта. Установлено, что изменение скорости биохимических превращений зависит от частоты, напряженности и продолжительности воздействия электромагнитного поля.

Следует отметить, что эффективная обработка инфракрасным излучением возможна лишь в достаточно тонком слое зерна.

Методы гидротермической обработки связаны с воздействием на зерно тепла, воды или пара.

С целью повышения выхода экстракта зернопродуктов, улучшения качественных показателей пивного сусла применяют термическую обработку несоложеного зерна при 120–400 °С. Далее на зерно воздействуют постепенно повышающимся давлением от 0,1 до 100 МПа в течение 10–200 с, что способствует подготовки биополимеров применяемого несоложеного ячменя к ферментативному гидролизу в процессе затирания совместно с солодом [10]. Параметры термической обработки обусловлены видом и характеристикой несоложеного зерна. Указанная обработка способствует деструкции межклеточных и клеточных оболочек крахмальных гранул с одновременным снижением влажности зерна от 15 до 8 %.

В научной литературе приводятся сведения об улучшении технологических свойств ячменя путем разваривания несоложеных материалов под давлением [11, 12, 13].

А.А. Букиным экспериментально исследовано влияние предварительной подготовки амарантового шрота на степень гидролиза крахмала амаранта и на углеводный состав сусла. При этом автором установлено, что, изменяя параметры влаготепловой обработки, можно влиять на количественный и качественный состав затора [11]. По мнению других исследователей, регулированием параметров разваривания под давлением можно оказывать влияние не только на выход экстракта и качественный состав продуктов гидролиза крахмала зерновых несоложеных материалов, но и регулировать вязкость заторов и продолжительность их фильтрации [12]. Автор данной работы отмечает, что термическая обработка несоложеного ячменя под давлением приводит к увеличению содержания общего растворимого азота в сусле, но эти изменения не столь значительны, как рост количества продуктов гидролиза крахмала. Предварительная термическая обработка несоложеного ячменя при повышенных температурах (под давлением) при подготовке его к процессам гидролиза при затирании позволяет использовать несоложеный ячмень в количестве до 40 % к массе зернопродуктов.

Аналогичные выводы делает и М.Б. Хоконова, исследуя возможность температурной обработки несоложеного ячменя и несоложеной гречихи, используемой взамен части ячменного солода при производстве пивного сусла и пива [13].

О необходимости разрыхления структуры несоложеного ячменя с целью улучшения технологического потенциала зерна в процессе воздействия гидротермической обработки свидетельствуют и другие авторы [14].

Убедительное подтверждение эффективности предварительной подготовки несоложеного зерна к гидролитическим процессам при затирании путем высокотемпературной обработки зернопродуктов под давлением можно найти в работах Г.И. Фертмана и Г.И. Косминского [15–18]. В результате термообработки ячменя при 120–140 °С и давлении от 0,1 до 0,5 МПа меняются его структурно-механические и технологические свойства. Авторы предлагают применять обработанный таким образом ячмень в качестве замены пивоваренного солода в количестве до 40 % к массе зернопродуктов. Следует особо подчеркнуть, что улучшить качественные показатели несоложеного зерна исследователям удается без использования дополнительных источников гидролитических ферментов, применяя физические способы воздействия на зерно – повышенные температуры и давление.

Расширенные эксперименты позволили Г.И. Косминскому установить положительное влияние основных технологических факторов предварительной термической обработки несоложеного ячменя (температуры обработки, ее продолжительности, pH среды несоложеной части затора) при подготовке его к процессам гидролиза при затирании на процессы осахаривания, фильтрации заторов, выход экстракта, углеводный и фракционный азотистый состав пивного сусла. Теоретически обоснованы оптимальные условия такой обработки: подкисление несоложеного затора перед термической обработкой молочной кислотой до pH 5,4, термическая обработка его при температурах 133–138 °С, продолжительность обработки 30–45 мин [19].

Логическим продолжением этих экспериментальных и теоретических данных является обработка несоложеного ячменя в барогидротермическом режиме. Барогидротермическую обработку предлагается осуществлять при температуре не более 200 °С под давлением пара не ниже 0,5 МПа в течение не более

60 с. Способ обработки зерна, позволяющий улучшить технологические свойства несоложеного ячменя (повышение экстрактивности, активности α- и β-амилазы), запатентован в России [20].

Анализ современных способов повышения функционально-технологических свойств зерновых культур с помощью термического воздействия в различных отраслях пищевой и перерабатывающей промышленности свидетельствует о значительном повышении интереса исследователей в последние годы к процессу термопластической экструзии [21–33].

Обусловлен этот интерес, вероятно, возможностью эффективной подготовки сырья растительного и животного происхождения с целью, во-первых, повышения безопасности технологических процессов создания продуктов питания, во-вторых, улучшением функционально-технологических свойств как пищевого сырья для производства продуктов питания, так и самих продуктов питания.

Возможности экструзионной обработки пищевого сырья, полуфабрикатов и готовой продукции широко используются в пищевой промышленности. Используя экструзионную обработку, производят сухие завтраки [22, 27, 28], мясные кулинарные изделия и мясопродукты [34, 35], хлебобулочные и мучные кондитерские изделия [25, 36, 37, 38].

Между тем, исследования термопластической экструзии зернового сырья в отечественном пивоварении не получили должного развития, а имеющиеся результаты, приведенные в научной литературе, носят фрагментарный характер.

Например, Е.М. Моргуновой с соавторами предложена технология новых сортов пива специального назначения с применением взамен части солода нетрадиционного сырья: экструдированной ячменной муки в количестве 20 и 5 % картофельной муки. В основе данного технологического решения лежит способ длительного затирания, в результате которого образуется большое количество продуктов распада крахмала, что позволяет дрожжам интенсивно сбраживать экстракт сусла. В итоге решается главная задача – более полное сбраживание низкомолекулярных веществ при получении пивных напитков [39].

Имеются сведения о получении пивного сусла с применением экструдированных гречишных хлопьев в пивоварении без указания параметров экструзионной обработки [40].

В то же время результаты эффективного применения несоложеного зерна ячменя, сорго, пшеницы и кукурузы, обработанного термопластической экструзией, в производстве пива при замене части солода приводятся в многочисленных зарубежных публикациях [41–46].

В этих работах доказано, что использование экструдированного зерна при затирании позволяет получить более высокие выходы экстрактивных веществ, чем при использовании необработанных зернопродуктов. При этом делается вывод о том, что качество пива (вкус, аромат, стабильность) в связи с применением экструдированного несоложеного сырья не ухудшается [42, 43].

Практически все зарубежные исследователи отмечают, что процесс экструзии способен привести к деградации белковых и углеводных полимеров зерна. При этом в отдельных работах высказывается опасение о возможных сложностях при фильтровании в связи с повышенной вязкостью заторов. Тем не менее, некоторые недостатки, связанные с применением экструдатов несоложеного сырья, по мнению большинства авторов, достаточно легко устранимы.

По мнению ряда ученых, экструзионная обработка, при которой создаются условия сухой клейстеризации, приводит к более глубоким изменениям в зерновом крахмале, чем влажная клейстеризация. Считается доказанным, что многопараметрический экструзионный процесс воздействия на крахмалсодержащее сырье способствует деструкции зерен крахмала, характеризующегося разрывом как валентных, так и водородных связей, в результате чего образуются полимеры с меньшим размером частиц [47, 48].

Есть предположение, что достаточно существенные изменения крахмальных зерен происходят в момент выхода экструдируемого сырья из фильеры экструдера. При этом показано, что в процессе экструзионной обработки зерна в момент декомпрессии снижается общее содержание крахмала в связи с расщеплением в этот момент амилозы и амилопектина и повышается количество олигосахаридов и декстринов [49].

О постоянно растущем интересе к экструзионному способу переработки сельскохозяйственного сырья и применении его в технологиях пищевых продуктов свидетельствуют многочисленные публикации [26, 27, 50, 51]. Продукты экструзионной обработки применяют в производстве спирта. Проводятся исследования по разработке экструзионно-гидролитической технологии с максимальной интеграцией термомеханического и биохимического процессов переработки зернового сырья на спирт в единой реакторной системе – экструдере-гидролизаторе [52, 53, 54].

Как следует из информации в научной литературе, в ходе экструзионной обработки разрушается кристаллическая структура зерен крахмала и образуется структура аморфного вещества.

Термическая и механическая обработка крахмала не только разрушает структуру его зерна, но и приводит к деструкции больших молекул полисахаридов крахмала, что существенно изменяет реологические свойства крахмальных клейстеров [55].

Приведенные в научной литературе результаты изменений крахмала в процессе экструзионной обработки обусловливают предпосылки использования зерновых экструдатов в пивоварении с целью подготовки зерна перед затиранием и приготовлением пивного сусла. Следует ожидать, что в условиях пивоварения клейстеризованный крахмал будет более доступен ферментативным системам солода.

Вторым основным компонентом несоложеного зернового сырья, применяемого в пивоварении, является белок. Под действием различных факторов (давления, теплоты и влаги) белки претерпевают

изменения. Происходит нарушение упорядоченности внутреннего строения молекулы, количественно определяемое изменением физико-химических свойств белков: растворимости, способности к гидратации, вязкости растворов, устойчивости к действию ферментов, биологической активности и др. Это явление обусловлено наличием в молекулах белка большого числа непрочных связей [56].

Предполагается, что глобулярные белки в нативном состоянии устойчивы к действию ферментов. В результате экструзионной обработки глобулярная структура белковой молекулы преобразуется в фибриллярную с разворачиванием пептидных цепей и освобождением функциональных групп, доступных ферментам [32].

Установлено, что экструзионная обработка белков растительного происхождения повышает их пищевую ценность и улучшает сохраняемость, так как происходит частичная инактивация ферментов, ухудшающих вкус и понижающих качество продукта при хранении. При этом в целом химический состав белка не меняется.

В работах, выполненных авторами статьи, представлены данные по изменениям, происходящим в углеводном и белковом комплексах экструдированного ячменя [57–60], а также доказана возможность регулирования функционально-технологических и структурных свойств экструдатов крахмалсодержащего зернового сырья за счет изменения технологических факторов экструзионного процесса и технических параметров экструдера [61, 62]. По результатам исследований предложен и запатентован способ производства экструдатов [63], а на его основе разработана технология производства пива, также имеющая признаки новизны, подтвержденные патентом на изобретение «Способ производства пива» [64].

Кроме основных компонентов (крахмала, белка), в зерновом сырье содержатся в небольшом количестве жиры, клетчатка, минеральные вещества, моно- и дисахариды. Превращения этих элементов в процессе экструдирования не являются определяющими в изменениях физико-механических свойств основных компонентов.

Выводы

Установленные российскими и зарубежными исследователями достоверные факты о существенных изменениях в структуре зерна крахмала и деструкции молекул полисахаридов под действием экструзионной обработки в крахмалсодержащем зерновом сырье являются научной концепцией возможности применения экструдированного ячменя в пивоварении. Эти изменения обусловливают повышение ферментативной атакуемости сырья в процессе приготовления пивного сусла и способствуют в дальнейшем получению пива с высокими показателями качества.

Вышеизложенное позволяет сделать вывод о том, что для решения проблемы расширения ассортимента продукции пивоваренной индустрии экструзионная обработка зернопродуктов является действенным средством, а исследования в этой области – актуальным направлением.

Список литературы

1. Афанасьев, В.А. Научно-практические основы тепловой обработки зерновых компонентов в технологии комбикормов: автореф. дис. … д-ра техн. наук: 05.18.01 / Афанасьев Валерий Андреевич. – М., 2003. – 48 с.

2. А. с., 250852 Российская Федерация, С12С7/04. Способ производства пивного сусла / Д.Г. Главинский. – № 1222770/28-13; заявл. 04.03.1968; опубл. 25.06.1974, Бюл. № 25.

3. А. с. 777057 Российская Федерация, С12С7/04. Способ производства пивного сусла / Н.В. Голикова, П.М. Яшнова, Т.И. Киреева, Д.Г. Главинский, С.А. Левакова, О.А. Швыркова, Ю.Д. Гаврилова, Ю.В. Нефедова. – № 2716564; заявл. 23.01.1979; опубл. 07.11.1980.

4. Пат. 2077560 Российская Федерация, МПК^6 С 12 С 7/00. Способ производства пивного сусла / Голикова Н.В., Шувалова Е.Г., Цукров С.Л., Старовойтенко Е.И. – № 94043598/13; заявл. 13.12.1994; опубл. 20.04.1997.

5. Пат. 2048512 Российская Федерация, МПК^6 С 12 С 1/00. Способ подготовки зерна к осахариванию / Тюрев Е.П., Цыгулев О.В., Зверев С.В., Мовчиков А.Е.– № 5054266/13; заявл. 14.07.1992; опубл. 20.11.1995.

6. Пат. 2146699 Российская Федерация, МПК^7 С12С7/047. Способ приготовления пивного сусла / Ильясов С.Г., Мельников П.И.– № 98118703/13; заявл. 14.10.1998; опубл. 20.03.2000.

7. Мельников, П.И. Электромагнитное облучение солода в процессе получения пивного сусла: автореф. дис. … канд. техн. наук: 05.18.12 / Мельников Павел Иванович. – М., 2000. – 22 с.

8. Третьяк, Л.Н. Технология производства пива с заданными вкусоароматическими свойствами и пониженными токсикологическими характеристиками / Л.Н. Третьяк // Вестн. Оренбург. гос. ун-та. – 2011. – № 4. – С. 191–201.

9. Пат. 2351643 Российская Федерация, МПК С 12 С7/01, С 12 С 7/04. Способ приготовления затора / Христюк В.Т., Сергиенко М.А., Узун Л.Н., Гачковская К.В. – № 2007142847/13; заявл. 19.11.2007; опубл. 10.04.2009, Бюл. № 10.

10. А. с. 932824. Способ приготовления пивного сусла / Б.А. Устинников, Р.А. Восканян, В.Л. Яровенко, П.М. Яшнова, Н.В. Голикова, Н.Е. Беняев. – № 2812008/28-13; заявл. 09.08.1979; опубл. 07.06.83., Бюл. № 21.

11. Букин, А.А. Применение амарантового шрота и других видов нетрадиционного сырья в биотехнологических процессах получения пива: автореф. дис. … канд. техн. наук: 05.18.07 / Букин Андрей Александрович. – СПб., 2001. – 23 с.

12. Косминский, Г.И. Научно-практические основы совершенствования технологии солода, пива и напитков брожения с использованием нетрадиционного сырья и новых культур микроорганизмов: автореф. дис. … д-ра техн. наук: 05.18.07 / Косминский Геннадий Иванович. – Могилев, 2001. – 400 с.

13. Хоконова, М.Б. Оптимизация технологии пивоваренного производства и выращивания ячменя в предгорьях Северного Кавказа: автореф. дис. … д-ра сельскохоз. наук: 05.18.01, 06.01.01/Хоконова Мадина Борисовна. – Махачкала, 2012. – 40 с.

14. Пат. 559657 Российская Федерация, С 12 С 1/02. Способ подготовки ячменного несоложеного зерна для получения пивного сусла / Броль А., Шмидль Ю., Аппельт Д., Шидек Д., Гальштер В. – № 1800805/13; заявл. 22.06.72; опубл. 25.05.77, Бюл. № 19.

15. Фертман, Г.И. Влияние термической обработки несоложеного ячменя на фильтрацию и выход экстракта при затирании / Г.И. Фертман, Г.И. Косминский // ЦНИИТЭИпищепром (пивоваренная и безалкогольная промышленность). – 1969. – Вып. 5. – С. 3.

16. Фертман, Г.И. Состав сусла и пива при термической обработке несоложеного ячменя / Г.И. Фертман, Г.И. Косминский // Ферментная и спиртовая промышленность. – 1969. – № 4. – С. 15.

17. Фертман, Г.И. Исследование процесса осахаривания заторов с обработкой несоложеного ячменя развариванием под давлением / Г.И. Фертман, Г.И. Косминский //Ферментная и спиртовая промышленность. – 1968. – № 7. – С. 13–16.

18. Фертман, Г.И. Исследование термического способа обработки несоложеного ячменя в пивоварении / Г.И. Фертман, Г.И. Косминский // ЦНИИТЭИпищепром (пивоваренная и безалкогольная промышленность). – 1968. – Вып. 8. – С. 23.

19. Косминский, Г.И. Эффективность способа термической обработки несоложеного ячменя при затирании / Г.И. Косминский // ЦНИИТЭИпищепром. – 1971. – С. 17.

20. Пат. 2270852 Российская Федерация, МПК С 12 С1 2/00. С12С1/00. Способ производства пива / Космынин Е.Г., Даниловцева А.Б., Лунков С.В., Царева И.В. – № 2004134235/13; заявл. 24.11.2004; опубл. 27.02.2006.

21. Бахитов, Т.А. Технология переработки некондиционного зерна ржи на пищевые и кормовые цели: автореф. дис. … канд. техн. наук: 05.18.01 / Бахитов Тарген Амандыкович. – М., 2011. – 24 с.

22. Жушман, А.И. Актуальные вопросы развития производства экструдированных продуктов питания /А.И. Жушман, В.Г. Карпов, Н.Д. Лукин // Хранение и переработка сельскохозяйственного сырья. – 1997. – Вып. 2. – С. 14.

23. Розробка продуктів екструзійної технології і використаниям пророщеного зерна / В. М. Ковбаса, В.А. Терлецька, І.К. Єгорова и др. – Киев: УкрІНТЕІ, 1996. – 20 с.

24. Литвяк, В.В. Развитие теории и практики модификации крахмалосодержащего сырья для создания новых продуктов: автореф. дис. ... д-ра техн наук: 05.18.05 / Литвяк Владимир Владимирович. – Краснодар, 2013. – 48 с.

25. Малкина, В.Д. Повышение эффективности хлебопекарного производства на основе модификации свойств сырья: автореф. дис. ... д-ра технических наук: 05.18.01 / Малкина Валентина Даниловна. – М., 1996. – 50 с.

26. Мартиросян, В.В. Научные и практические аспекты применения экструдатов зернового сырья в технологии профилактических пищевых продуктов: автореф. дис. ... д-ра техн наук: 05.18.01 / Мартиросян Владимир Викторович. – М., 2013. – 52 с.

27. Технология экструзионных продуктов / А.Н. Остриков, Г.О. Магомедов, Н.М. Дерканосова и др. – СПб.: Проспект науки, 2007. – 202 с.

28. Экструзионная технология пищевых текстуратов / А.Н. Остриков, М.А. Глухов, А.С. Рудометкин, Е.Г. Окулич-Казарин // Пищевая промышленность. – 2007. – № 9. – С. 18–20.

29. Платова, Е.Ю. Разработка технологии экструзионных продуктов на основе комбинированного крупяного сырья: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.18.02 / Платова Елена Юрьевна. – М., 1993. – 23 с.

30. Таганова, Н.С. Влияние экструдата ржи на потребительские свойства хлеба: автореф. дис. … канд. техн. наук: 05.18.15 / Таганова Наталья Сергеевна. – М., 2009. – 24 с.

31. Шариков, А.Ю. Разработка экструзионно-гидролитической технологии получения высококонцентрированного зернового сусла в спиртовом производстве: автореф. дис. … канд. техн. наук: 05.18.07 / Шариков Антон Юрьевич. – М., 2012. – 24 с.

32. Baik, Byung-Kee. Extrusion of Regular and Waxy Barley Flours for Production of Expanded Cereals / Byung-Kee Baik, Joseph Powers, Linhda T. Nguyen // Cereal Chemistry. – 2004. – Vol. 81. – № 1. – P. 94.

33. Physical and Sensory Characteristics of Extruded Products Made from Two Oat Lines witn Different β-Glucan Concentration / Ni Yao, Jean-Luc Jannink, Sajid Alavi, Pamela J. White // Cereal Chemistry. – 2006. – Vol. 83 № 6. – P. 692.

34. Бочкарева, З.А. Разработка технологий функциональных пищевых продуктов из рубленого мяса с продуктами переработки зерна: автореф. дис. … канд. техн. наук: 05.18.15 / Бочкарева Зенфира Альбертовна. – М., 2006. – 28 с.

35. Крылова, В.Б. Научное обоснование и разработка технологии термопластической экструзии мясного и растительного сырья с целью расширения ассортимента мясопродуктов: автореф. … д-ра техн. наук: 05.18.04 / Крылова Валентина Борисовна. – М., 2006. – 46 с.

36. Козубаева, Л. Использование экструдата гречихи при производстве хлеба /Л. Козубаева, С. Есин, А. Захарова // Хлебопродукты. – 2011. – № 6. – С. 49.

37. Люнина, Е.М. Разработка технологии экструзионной обработки ржаного солода и его использование в хлебопечении: автореф. дис. … канд. техн. наук: 05.18.01 / Люнина Елена Михайловна. – М., 2006. – 25 с.

38. Baik, Byung-Kee. Extrusion of Regular and Waxy Barley Flours for Production of Expanded Cereals / Byung-Kee Baik, Joseph Powers, Linhda T Nguyen // Cereal Chemistry. – 2004. – Vol. 81. – № 1. – P. 94.

39. Моргунова, Е.М. Технология новых сортов пива диетического назначения / Е.М. Моргунова, Н.И. Титенкова, И.И. Каминская // Пиво и напитки. – 2007. – № 2 – С. 28–30.

40. Петрова, Н.А. Технология безалкогольного пива с использованием гречишного солода на заводах малой производительности: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.18.07 / Петрова Наталья Анатольевна. – СПб., 2010. – 17 с.

41. Fors, S. Lager-type beer made from extruded malt; sensory and chemical analyses / S.M. Fors, H. Nordlöv // J. Inst. Brew. – 1987. – Vol. 93. – P. 496–500.

42. Atkinson, B. Technical opportunities for malting and brewing in the '90's / B. Atkinson // J. Inst. Brew. – 1988. – Vol. 94. – P. 261–272.

43. The use of extruded barley, wheat and maize as adjuncts in mashing/ D.E. Briggs, A. Wadeson, R. Statham, J.F. Taylor // J. fnst. Brew. – 1986. – Vol. 92. – P. 468–474.

44. Grujić, O. Application of Unconventional Raw Materials and Procedures in Wort Production / O. Grujić // J. Inst. Brew. – 1999. – Vol. 105. – P. 275–278.

45. Unmalted cereal Products for beer Brewing. Part I. The use of high percentages of extruded or regular corn starch and sorghum / J. A. Delcour, M. E. Mechtilde Hennebert, R. Vancraenenbroeck, E. Moerman // J. Inst. Brew. – 1989. – Vol. 95. – P. 271–276.

46. Grujić, O. Application of Hydrothermically Treated Barley in Beer Production / O. Grujic, S. Gaceusca // J. Inst. Brew. – 1999. – Vol. 105, № 1. – P.45–48.

47. Абрамов, О.В. Научное обеспечение процесса экструзии модельных сред на основе крахмалсодержащего сырья и разработка высокоэффективного оборудования для его реализации: автореф. дис. … д-ра техн. наук: 05.18.12 / Абрамов Олег Васильевич. – Воронеж, 2009. – 48 с.

48. Термопластическая экструзия: научные основы, технология, оборудование / под ред. А.Н. Богатырева, В.П. Юрьева. – М.: Ступень, 1994. – 200 с.

49. Shivendra, S. Nutritional aspects of food extrusion: a review / S. Shivendra, G. Shirani, L. Wakeling // International Journal of Food Science and Technology. – 2007. – № 42. – P. 916–929.

50. Применение белково-липидной добавки из семян тыкв в производстве хлеба / О.Л. Вершинина, И.В. Шульвинская, Е.С. Милованова и др. // Известия вузов. Пищевая технология. – 2007. – № 1.– С. 37–39.

51. Экструзионная технология пищевых продуктов / Г.О. Магомедов, А.Ф. Брехов, В.Я. Черных, В.П. Юрьев // Пищевая промышленность. – 2003. – № 12. – С. 10–16.

52. Белковый продукт, полученный из зерна пшеницы по одностадийной экструзионно-гидролитической технологии / М.В. Амелякина, Л.В. Римарева, В.И. Степанов и др. // Производство спирта и ликероводочных изделий. – 2013. – № 3. – С. 17–19.

53. Степанов, В.И. Экструзионный метод переработки крахмалсодержащего сырья в биотехнологическом производстве / В.И. Степанов, Л.В. Римарева, В.В. Иванов // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2002. – № 8. – С. 48–49.

54. Altan, A. Effect of extrusion process on antioxidant activity, total phenolics and beta-glucan content of extrudates developed from barley-fruit and vegetable by-products / A. Altan, K. L. McCarthy, M. Maskan // International Journal of Food Science and Technology. – 2009. – Vol. 44, № 6. – P. 1263–1271.

55. Краус, С.В. Совершенствование технологии экструзионной переработки крахмалсодержащего зернового сырья: автореф. дис. … д-ра техн. наук: 05.18.01 / Краус Сергей Викторович. – М., 2004. – 54 с.

56. Structural properties of protein-stabilized starch-based supercritical fluid extrudates / S.H. Alavi, B.K. Gogoi, M. Khan et al. // Food Research International. – 1999. – № 32. – P. 107–118.

57. Курочкин, А.А. Использование экструдированного ячменя в пивоварении / А.А. Курочкин, Г.В. Шабурова, В.В. Новиков // Пиво и напитки. – 2006. – № 5. – С. 16–17.

58. Белковый комплекс экструдированного ячменя / Г.В. Шабурова, А.А. Курочкин, В.В. Новиков, В.П. Чистяков // Пиво и напитки. – 2007. – № 3. – С. 12–13.

59. Курочкин, А.А. Теоретические и практические аспекты экструзионной технологии в пивоварении / А.А. Курочкин, Г.В. Шабурова, В.В. Новиков // Нива Поволжья. – 2007. – № 1. – С. 20–24.

60. Курочкин, А.А. Аминокислотный состав экструдированного ячменя / А.А. Курочкин, Г.В. Шабурова // Пиво и напитки. – 2008. – № 4. – С. 12.

61. Курочкин, А.А. Регулирование функционально-технологических свойств экструдатов растительного сырья / А.А. Курочкин, Г.В. Шабурова, П.К. Воронина// Известия Самарской государственной академии. – 2012. – № 4. – С. 86–91.

62. Регулирование структуры экструдатов крахмалсодержащего зернового сырья / А.А. Курочкин, Г.В. Шабурова, Д.И. Фролов, П.К. Воронина // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2013. – № 4. – С. 94–99.

63. Пат. 2460315 Российская Федерация, МПК A23L 1/00. Способ производства экструдатов / Шабурова Г.В., Курочкин А.А, Воронина П.К., Авроров Г.В., Ерушов П.А. – № 2011107960; заявл. 01.03.2011; опубл. 10.09.2011, Бюл. № 25. – 6 с.

64. Пат. 2412986 Российская Федерация, МПК[7] C12C 12/00. Способ производства пива / Шабурова Г.В., Тюрина Е.В., Курочкин А.А., Воронина П.К., Терентьев А.Б. – № 2008149378/10; заявл. 15.12.2008; опубл. 27.02.2011, Бюл. № 6.– 3 с.

ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный технологический университет»,
440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11.
Тел/факс: (8412) 49-54-41,
e-mail: rector@penzgtu.ru

G.V. Shaburova, A.A. Kurochkin, P.K. Voronina

BUILDING OF THE TECHNOLOGICAL POTENTIAL OF PROCESSING UNMALTED GRAIN PRODUCTS

Analysis of theoretical and experimental research by domestic and foreign scholars in the field of preparation of biopolymer unmalted grain for hydrolytic processes by thermal methods is given. The results of scientific experiments representing physical, biochemical and structural changes occurring in the unmalted grain under such processing are summarized. The trend of thermal method development affecting technological potential of unmalted raw materials and hence the formation of beer quality is identified on the basis of information source analysis.

Wort, unmalted grain, pre-treatment, the formation of beer quality.

Penza State Technological University,
1a/11. travel Baydukova / st. Gagarin, Penza, 440039, Russia.
Phone/fax: +7 (8412) 49-54-41,
e-mail: rector@penzgtu.ru

Дата поступления: 23.12.2013