

Явление гашинга в пивоварении

Т.Н. Волкова

ГУ ВНИИ пивобезалкогольной и винодельческой промышленности (Москва)

Проблема гашинга пива

Гашинг (от англ. *gush* — фонтанировать) — избыточное пенообразование с выбросом пива из бутылки при ее откупоривании, необусловленное инфицированием готового пива.

Обнаружение в партии пива бутылок с гашингом приводит к массовому возврату пива из торговой сети, что оборачивается для производителя весьма значительными материальными потерями. Этим объясняется неослабевающее внимание, проявляемое пивоварами-практиками и пивоварами-учеными к этой проблеме.

Явление гашинга было известно достаточно давно. Так, уже в 1938 г. в Германии появилась обзорная статья Хельма и Рихарда на эту тему. Причины гашинга пива особенно пристально стали изучать с начала 60-х годов XX в. Работы велись одновременно в Дании (Пивоваренная компания «Карлсберг»), в Германии (Технический университет Мюнхен — Вайнштефан; Гамбург; Дармштадт), в Ирландии, США, Японии.

Датскими учеными была установлена связь между зараженностью ячменя фузариями и возникновением гашинга в получаемом из этого ячменя пиве. Андерсон, Гьерстен и Тролль в работах 1965–1967 гг. [5] высказали предположение, что основные процессы, вызывающие впоследствии гашинг, происходят при соложении ячменя, когда создаются чрезвычайно благоприятные условия для быстрого роста как бактериально-дрожжевой микрофлоры, так и мицелиальных грибов. На основании опытов с искусственной инокуляцией фузариями замочной воды эти авторы сделали вывод, что гашинг есть результат взаимодействия фузариий с прорастающим зерном.

В конце 80-х и начале 90-х годов XX в. в Европе несколько лет подряд сезон вегетации ячменя отличался чрезвычайно неблагоприятными погодными условиями с обильными осадками. Вслед за этим наблюдалось массовое явление гашинга пива. Особенно часто это случалось с пшеничным пивом верхового брожения. Ряд авторов [6, 9]

усмотрели непосредственную связь между гашингом и экстремальными погодными условиями, следствием которых было плохое созревание ячменя, уборка влажного, плохо просушенного зерна, преждевременное прорастание зерна уже в поле и обильное развитие в поле грибов на зерне, особенно при повышенных температурах. Фактически во многих странах Северной Европы в те годы наблюдалось сильное распространение фузариоза колоса пшеницы и ячменя, близкое к эпифитотии.

Помимо плохих погодных условий на распространение инфекции, в частности, в Германии повлияло и то, что за период 80–90-х годов сильно сократился клин яровых ячменей за счет увеличения посевов озимых как более продуктивных. Озимые же посевы зерновых гораздо более подвержены инфекции фузариума, успешно развивающейся в холодный и влажный зимний период [9].

Сходная погодная картина была зафиксирована несколькими годами позже (1993–1994 гг.) на американском континенте — в штатах Миннесота, Северная и Южная Дакота (США), в штате Манитоба (Канада). В связи с неблагоприятными погодными условиями в вегетационный период наблюдали значительное распространение заболевания фузариозом колоса. Участились случаи гашинга пива.

Все это стимулировало в последующие годы в разных странах интенсивные исследования явления гашинга.

В 1988–1992 гг. в Германии вышла серия работ, посвященных явлению гашинга; в 1989 г. в Вайнштефане прошел специальный семинар по этой проблеме с участием Нарцисса, Бака, Гейгера и Рейхенедер [8]. На этом семинаре, а также и в ряде последующих работ Нарцисса с сотрудниками главное внимание было сосредоточено в трех направлениях: изучение природы явления гашинга; разработка мер по предотвращению возникновения гашинга в пиве; разработка методов определения склонности к гашингу в сырье на разных этапах его переработки.

Представленный ниже материал показывает, как развивались исследования

в этих трех направлениях и каков достигнутый к настоящему времени уровень знаний.

Природа явления гашинга

Гьерстен, Тролль и Андерсон еще в 1964 г. указывали, что следует различать первичный гашинг и вторичный.

К первичному (или гашингу I типа) относят случаи, возникающие периодически и вызываемые деятельностью грибной микрофлоры зерна солода.

Вторичный гашинг (или гашинг II типа) возникает в результате дефектов в технологии производства или при неправильном обращении с бутылированным пивом. Шильдбах [9] высказывал мнение, что в возникновении вторичного гашинга могут играть роль кристаллы оксалата, содержание кальция в сусле и в воде, используемой на конечных операциях, продукты карамелизации солода (продукты Майяра).

Другие причины вторичного гашинга (большой объем воздуха в верхней части бутылки, включение слабо растворимых газов, например азота или водорода, избыточное взбалтывание пива, шероховатая внутренняя поверхность бутылок, образование ионами железа и никеля поверхностно-активного комплекса с изогумулоном, стабилизирующего микропузырьки углекислоты, и др.), а также физические основы явления избыточного вспенивания подробно разобраны в работе Дрэгера [1], в обзоре Амахи с соавторами [4], в статье Дилли [6].

Роль кристаллов оксалата кальция в возникновении гашинга рассматривалась в работе Цепфа и Гейгера. Роль фильтрующих материалов (кизельгура, активированного угля, перлита) в возникновении избыточного пенообразования и фонтанирования пива изучалась в работе Царнкова и Бака.

Что же касается первичного гашинга, которому главным образом и посвящен настоящий обзор, то Андерсон, Гьерстен, и Тролль в 1965–1967 гг. [5] установили, что его вызывает внутренняя микрофлора зерна, а именно фузариий, находящиеся в эндосперме и алейроновом слое, но не наружная микрофлора, состоящая из пенициллов и аспергиллов.

Фузариий, вызывающие гашинг, представлены видами, являющимися возбудителями фузариоза колоса (англ. — *head blight*): это *Fusarium culmorum*, *F. graminearum*, *F. oxysporum*, *F. avenaceum*.

При искусственном заражении солода фузариями (инокуляция замочной воды) Гьерстен, Андерсон и Тролль наблюдали, что фузариий в ходе соложения интенсифицируют прорастание зерна, возможно, благодаря образуемым ими гиббереллинам, увеличивают растворе-

ние белка, выход экстракта, повышают число Кольбаха, снижают вязкость сусла и соотношение экстракта тонкого и грубого помола, сильно повышают цветность сусла, иногда также увеличивают диастатическую силу и α -амилазную активность.

Одновременно было отмечено повышение содержания протеиназ и эндо- β -глюканаз грибного происхождения, снижающих количество β -глюканов (β -глюканы составляют до 70 % клеточных стенок эндосперма) и уменьшающих вязкость сусла; снижение конечной степени сбраживания на 50 % (так как часть сухих веществ съедена грибами). В результате солод получался с большим содержанием низкомолекулярных соединений, которые отрицательно влияли на возможность насыщения пива двуокисью углерода, и, как следствие, возникал гашинг.

В 2001–2002 гг. Шварцем с сотр. [10] также было показано участие собственных ферментов *Fusarium graminearum* и *F. poae* — β -глюканазы, ксиланазы и протеиназы — в разрушении оболочки зерна, проникновении в эндосперм и глубокой модификации протеинов эндосперма, приводящим к существенному изменению качества солода и получаемого из него сусла.

Таким образом, датские, немецкие и американские исследователи установили, что вследствие инфицирования зерна фузариумом снижаются прорастаемость ячменя, выход солода, концентрация β -глюканов в сусле, уменьшается вязкость сусла при одновременном значительном возрастании количества растворимого азота, свободного аминного азота и цветности сусла. Иными словами, было продемонстрировано, что при сильном инфицировании зерна фузариями в ходе соложения под действием гидролитических ферментов грибов и при интенсификации работы собственных ферментов зерна происходят обширные и глубокие биохимические изменения, одно из следствий которых — гашинг.

Проверяли способность и других видов мицелиальных микроскопических грибов вызывать гашинг пива.

Так, в Японии в 1971 г. Амаха, Китабатаке и сотр. [4] определяли наличие этого свойства у 48 штаммов грибов, принадлежащих к родам *Alternaria*, *Fusarium*, *Helminthosporium*, *Aspergillus*, *Penicillium*, *Rhizopus*, *Stemphylium* и др., внося культуральную жидкость этих организмов в бутылки с доброкачественным пивом. Обнаружили, что некоторые штаммы этих грибов образуют вещества, индуцирующие гашинг. Наиболее активными в этом отношении оказались субстанции, выделенные из *Rhizopus*, *Stemphylium* и *Fusarium*.

Эти же авторы в работах 1973–1981 гг. выделили гашинг-индуцирующие пепти-

ды, синтезируемые *Penicillium chrysogenum*, а также обнаружили гашинг-индуцирующую активность гидрофобных протеинов, образуемых видом *Nigrospora*.

В Швеции Гилланг и Мартинсон в 1976 г. при исследовании причин гашинга пива на местном заводе пришли к заключению, что в их случае проблема гашинга не была связана с употреблением ячменя, «поврежденного погодой» (т. е. пораженного полевыми грибами, к которым принадлежит и фузариум). Она определялась обильным заражением зерна аспергиллами (грибами хранения) *Aspergillus fumigatus* и *A. amstelodami* в период соложения на стадии проращивания. В опытах с искусственным заражением этими видами аспергиллов второй замочной воды получали солод, из которого вырабатывали пиво с гашингом.

Ниссен и Донхаузер с сотр. в 1991 г. изучали разных представителей грибной микрофлоры пшеницы, ячменя и солода на способность вызывать гашинг. Были определены коэффициенты корреляции между видами грибов-контаминантов и вызываемой ими склонностью пива к гашингу. Установили, что главный вид, вызывающий гашинг, как в случае ячменя, так и в случае пшеницы, — это *Fusarium graminearum*. Второстепенную роль на ячмене играет *Fusarium avenaceum*, а на пшенице — *Microdochium nivale* var. *majus* (синоним — *Fusarium nivale*). Небольшое число случаев гашинга было связано с *Alternaria alternata*, но только в образцах, не содержащих *Fusarium graminearum*.

Вывод, что причина гашинга I типа в подавляющем большинстве случаев — именно поражение зерна видами фузариума: *Fusarium graminearum*, *F. culmorum*, *F. avenaceum*, не опровергнут до сих пор, напротив — получает все большие подтверждения.

Попытки выделить конкретные вещества, ответственные за явление гашинга, делались неоднократно. Однако до сих пор было неясно, синтезируются ли эти вещества самими грибами или принадлежат тканям зерна, или образуются из веществ зерна под действием собственных ферментов или ферментов гриба. Определенно было установлено, что это не микотоксины и что нет непосредственной связи гашинга с микотоксинами.

Гипотетической является и химическая природа этих соединений. По мнению большинства исследователей, это метаболиты белкового характера. Высказывалось предположение и о возможной их принадлежности к полисахаридам. Ясно было только, что это поверхностно-активные вещества, обладающие гидрофобными свойствами и способные стабилизировать микропузырьки газа, присутствующие в пиве и служащие за-

родышами при образовании пузырьков пены [1].

Японские исследователи Амаха, Китабатаке и сотр. [4] исходили из соображений, что гашинг-индукторы синтезируются самими грибами. Они показали, что грибы, в том числе фузариум, при выращивании на синтетической среде образуют и выделяют в нее вещества пептидной природы, способные при добавлении в здоровое пиво вызывать его гашинг.

Попытки найти вещества, непосредственно ответственные за явление гашинга (так называемые гашинг-факторы), интенсивно проводились в Финляндии в Техническом исследовательском центре VTT. Впервые в 2000 г. появилось сообщение о том, что низкомолекулярные белки грибного происхождения, названные гидрофобинами, могут вызывать гашинг при внесении в пиво даже в незначительных концентрациях. Сообщалось, что гидрофобины были выделены из *Fusarium poae*, *Nigrospora* sp., *Trichoderma reesei*, имели молекулярную массу около 20 килодальтон (кДа) и что они могут быть определены методом гелевого электрофореза.

В 2001 г. было сообщено о разработанном в Финляндии иммуноферментном методе (ELISA) определения гидрофобинов в ячмене и солоде и о возможности его использования для предсказания склонности к гашингу. В том же году на 28-м Конгрессе Европейской пивоваренной конвенции в Будапеште А. Хайкарой с сотрудниками было представлено стендовое сообщение о гашинг-факторах (гидрофобинах) как выделяемых грибами коротких протеинах, состоящих приблизительно из 100 аминокислот, в том числе содержащих восемь цистеиновых остатков. Утверждалось, что эти протеины усиливают гидрофобные свойства пива.

По последним данным, полученным в VTT, гидрофобины представляют собой низкомолекулярные протеины грибного происхождения, состоящие из 70–160 аминокислотных остатков, из которых около 30–50 % составляют гидрофобные аминокислоты, в том числе восемь цистеиновых остатков. Гидрофобины находятся в клеточных стенках грибов и выделяются в культуральную жидкость. Имеют тенденцию самопроизвольно концентрироваться в интерфазе газ — жидкость, чем повышают стабильность пузырьков газа в жидкости и, как следствие, способствуют чрезмерному пенообразованию.

При добавлении в пиво микроколичеств (1–60 мг) гидрофобинов, выделенных из разных видов грибов: *Trichoderma reesei*, *Fusarium poae*, *Nigrospora* — наблюдали гашинг пива в размерах до 189 г.

С помощью иммуноферментного метода (ELISA) определения гидрофобинов была прослежена их судьба, начиная от вегетирующих растений до процессов соложения и далее до готового пива. Было установлено, что при инфицировании ячменя некоторыми штаммами фузариума образование гидрофобинов наблюдается уже в поле. Большая часть гидрофобинов, по-видимому, образуется и накапливается в процессе соложения, на стадиях замочки и проращивания. Общее количество гидрофобинов несколько снижается на стадии сушки солода. Далее, в ходе затирания, гидрофобины экстрагируются в сусло. Количество водорастворимых гидрофобинов снижается на пути от сусла к готовому пиву, так как часть их удаляется с дробинкой, белковым осадком, осадком дрожжей, а также на стадии фильтрации пива.

Методы определения склонности ячменя и солода к гашингу

С начала изучения явления гашинга предпринимались попытки заранее предсказать наличие или отсутствие в зерне ячменя или солода свойства вызывать гашинг в получаемом из этого зерна пиве, что было крайне важно в практическом отношении. Использовали разные методы, часть из которых была впоследствии отвергнута, другие за прошедшие годы перенесли определенную эволюцию.

Одним из первых был предложен визуальный метод — по количеству красных зерен. Это так называемые «фузариозные» зерна, имеющие на поверхности заметный невооруженным глазом свекольно-красный, оранжевый или беловато-розовый, в зависимости от вида фузариума, налет грибного мицелия, а также спор, называемых у фузариума макроконидиями. Метод был разработан в 1987 г. Донхаузером с соавт. [7]. Было замечено, что пшеничный солод, содержащий 80–120 красных зерен на 200 г солода, вызывал гашинг, тогда как пиво, приготовленное из солода, содержащего не более пяти красных зерен на 200 г, не обнаруживало склонности к гашингу. Метод не оправдал себя, так как далеко не всегда предсказывал правильный результат.

В 1978 г. Китабатаке, а в 1987 г. Донхаузером [7] был опробован прямой тест, основанный на воспроизведении всего процесса приготовления пива из анализируемого зерна ячменя или солода с последующим измерением объема вылившегося из откупоренной бутылки пива вследствие избыточного вспенивания. Метод был слишком продолжителен по времени.

Он совершенствовался в период с 1989 по 1992 г. Донхаузером и Вейдендером с сотрудниками на факультете

технической микробиологии и технологии пивоварения Технологического университета Мюнхен-Вайнштефан. К тому времени было известно из работы Куртиса и Оги (1961г.), что вещества, ответственные за гашинг (гашинг-факторы), можно обнаружить уже на стадии конгрессного сусла или даже в холодном экстракте. Поэтому для сокращения продолжительности испытания авторы исключили из него процесс лабораторного сбраживания конгрессного сусла и стали измерять объем избыточного вспенивания, используя для этого карбонизированное конгрессное сусло или холодный экстракт фракции тонкого помола ячменя или солода после его двухдневной выдержки. По количеству вылившегося из бутылки пива склонность к гашингу оценивали следующим образом: 0–10 мл — пиво стабильное (гашинг не ожидается); 10–30 мл — пиво гашинглабильное; больше 30 мл — пиво, имеющее склонность к гашингу (гашинг-нестабильное).

Продолжительность определения сократилась до 4–5 дней. Метод был пригоден для определения склонности к гашингу в ячмене, солоде, сусле и лаггерном пиве. Результаты были удовлетворительными и достоверными, метод — наиболее надежным, и в 1996 г. он был включен в МЕВАК (Сборник рекомендуемых методов анализа в пивоварении, издаваемый в Германии). В качестве недостатка метода указывалось на необходимость приобретения специального оборудования для кипячения затора, фильтрации, центрифугирования, карбонизации и розлива карбонизированного пива в бутылки.

Другой вариант прямого метода измерения склонности к гашингу был разработан в Институте Карлсберга (Дания, Копенгаген) и доложен на 24-м Конгрессе ЕВС в Осло в 1993 г. [11]. Сущность этого метода состояла в том, что исследуемый водный экстракт размоленного солода добавляли в бутылки с контрольным доброкачественным пивом вместо предварительно отобранной его части (50 мл). После пастеризации бутылки встряхивали в течение трех дней, затем откупоривали и взвешиванием определяли потери пива из-за гашинг-эффекта, выражая их в граммах. При этом для сравнения следовало использовать стандартные образцы солода, один из которых имел склонность к гашингу в размерах 50–160 г, а другой ее не имел. Стандартные образцы предоставлял Институт Карлсберга. Метод занимал трое-четыре суток и получил название «трехдневный тест Карлсберга».

В Германии использовали модифицированный Карлсберг-тест, который был введен в МЕВАК в 1996 г. Он отличался от классического тем, что экстракт со-

лода вносили не в пиво, а в стандартную минеральную воду (бутылки 0,33 л). Для оценки величины склонности к гашингу использовали следующие критерии: при потере массы бутылки от 0 до 5 г — отсутствие гашинга; от 5 до 50 г — гашинг возможен с долей вероятности 50 %; больше 50 г — вероятность гашинга составляет 92 %.

В течение нескольких последующих лет метод Карлсберга пытались усовершенствовать и стандартизовать с целью включения его в Analytica-EBC (Сборник рекомендуемых методов анализа в пивоварении, издаваемый Европейской пивоваренной конвенцией). Меняли типы шейкеров и режимы встряхивания бутылок (от горизонтального возвратно-поступательного до вращательного, с разной амплитудой и разными скоростями). Меняли продолжительность встряхивания и промежуток времени между окончанием встряхивания и откупориванием и пр.

С 1999 по 2003 г. метод проходил апробацию в межлабораторных испытаниях в условиях максимальной стандартизации процедуры, на одинаковых марках пива. Участниками были лаборатории ведущих солодовенных и пивоваренных предприятий, университетов и научно-исследовательских институтов.

В 2003 г. было сделано заключение, что метод не является количественным, точность его недостаточна, и Аналитический комитет Европейской пивоваренной конвенции не одобрил включение метода в Analytica-EBC [2]. Тем не менее в некоторых лабораториях им еще продолжают пользоваться.

Ввиду неудачной апробации теста Карлсберга в настоящее время для определения склонности к гашингу в Техническом исследовательском центре Финляндии VTT рекомендуют применять для ячменя микологический анализ зерна с использованием селективной питательной среды CZID, выявляющей количество зерен, зараженных фузариумом [3]. Селективная среда CZID представляет собой стандартную среду Чапека с добавлением ипродина, подавляющего рост альтернрии, и диклорана, подавляющего рост муковых грибов, что обеспечивает более полное выявление уровня заражения фузариумом. Метод требует больших временных затрат (по меньшей мере, 7 сут). Результаты можно рассматривать только как прогнозирование риска гашинга.

Для определения склонности к гашингу в солоде финские исследователи предлагают иммуноферментный метод (ELISA) обнаружения гидрофобинов как веществ, по-видимому, являющихся причиной гашинга [3].

По данным VTT, существует положительная корреляция размеров гашинга,

оцененных методом Карлсберга, и концентрации гидрофобинов, определенной иммуноферментным методом, что подтверждает правильность предположения об идентичности гашинг-факторов и гидрофобинов [3].

Помимо вышеперечисленных прямых методов предлагались и косвенные методы определения склонности к гашингу, основанные на определении содержания в зерне некоторых метаболитов фузариума, количество которых, как предполагалось, должно коррелировать с наличием склонности к гашингу. Такое предположение высказывали в 1992 г. Ниссен, Донхаузер и сотр.

Хотя ранее уже было показано, что микотоксины не относятся к гашинг-факторам, однако они, как и гашинг-факторы, тоже являются вторичными метаболитами грибов, выделяющимися в окружающую среду. В последние годы в связи с усовершенствованием и упрощением методов определения микотоксинов делалось много попыток применить эти методы в целях предсказания склонности к гашингу. В этих же целях определяли содержание эргостерола, одного из компонентов клеточной стенки гриба. Сообщения об этом были сделаны в 1995 г. в Сан-Диего на 41-м съезде Американского общества пивоваров-химиков (ASBC) и в 1997 г. в Маастрихте на 26-м Конгрессе Европейской пивоваренной конвенции.

Шварц, Битти и Каспер, работавшие с образцами ячменя, пораженного фузариозом колоса во время эпифитотии в штатах Северная и Южная Дакота и Миннесота в 1993–1994 гг., определяли наряду со склонностью к гашингу целый ряд характеристик пораженного зерна и устанавливали степень корреляционной зависимости между ними. Выяснили, что достаточно высокая степень корреляции наблюдалась только между склонностью к гашингу и содержанием дезоксиниваленола (ДОН) в солоде ($r=0,77$), содержанием ДОН в ячмене ($r=0,74$) и содержанием эргостерола в солоде ($r=0,74$). Коэффициент корреляции между склонностью к гашингу и процентом зерен, зараженных фузариумом, составлял только 0,30. Исходя из предположения, что образование веществ, ответственных за проявление гашинга, происходит одновременно с образованием ДОН и эргостерола, авторы сочли, что скрининг ячменя и солода на эти метаболиты поможет пивоварам избавиться от проблемы гашинга.

Однако чешские исследователи, работавшие с местными сортами пивоваренных ячменей урожая 2000–2001 гг., не подтвердили устойчивой положительной корреляции между концентрацией ДОН в зерне ячменя или солода и величиной гашинга в опытах на фоне естественной

и искусственной инокуляции разными штаммами *Fusarium culmorum*.

Сотрудники VTT также не установили корреляции между размерами гашинг-потенциала и содержанием ДОН в солоде [3].

Таким образом, определение склонности к гашингу, основанное на косвенных методах, пока не получило дальнейшего развития.

В Чехии с целью измерения величины гашинга в готовом пиве было предложено распространить манометрический метод измерения содержания кислорода, растворенного в пиве, на определение давления углекислоты в горловине бутылки. При этом предлагалось использовать лабораторный оксиметр OXI 3650 (Orbisphaere, Швейцария) в сочетании с прибором для измерения углекислого газа со стрелочным манометром или цифровым датчиком данных.

Меры по предотвращению гашинга

Исходя из полученных сведений о природе и причинах как первичного, так и вторичного гашинга, разные авторы — Дилли [6], Шильдбах [9], Нарцисс с соавт. [8] — в начале 90-х гг. предложили следующие меры по предупреждению заражения зерна ячменя и солода микроскопическими грибами и предотвращению гашинга пива, включая и агротехнические:

правильный севооборот, предотвращающий накопление инфекции в почве; использование раннеспелых и неполегающих сортов, но не позднеспелых и не озимых, несмотря на большую их продуктивность, так как последние значительно сильнее подвержены инфекции;

постоянная селекция на устойчивость к грибным заболеваниям, в частности к фузариозной инфекции;

правильное применение фунгицидов; ограниченное применение азотных удобрений, так как избыток азота способствует более интенсивному развитию инфекции в почве;

сухая уборка урожая;

тщательная подработка зерна (очистка, сушка, хранение), так как наличие сорной примеси, битых и поврежденных зерен, повышенная влажность (выше 13 %) способствуют более быстрому развитию инфекции;

использование только чистого в микробиологическом отношении ячменя; интенсификация процесса промывки зерна;

отказ от повторного использования замочной воды (для предотвращения накопления в ней инфекции);

использование только чистого в микробиологическом отношении солода;

повышение содержания хмеля в пиве (использование антисептических свойств хмеля);

контроль содержания кальция в воде для приготовления сусла, в пиве, в воде для промывки фильтров (не должно превышать 40 мг/л);

тщательная фильтрация пива; оптимизация мер по стабилизации пива по белку;

оптимизация концентрации углекислоты в пиве.

В настоящее время в странах Евросоюза в дополнение к вышеперечисленным подчеркивается важность мер, обеспечивающих защиту зернового сырья от заражения как полевыми грибами, в числе которых имеется в виду прежде всего фузариум, так и грибами хранения — аспергиллами, пенициллами, муковровыми грибами: соблюдение мер санитарии при соложении; дезинфекционные мероприятия при замочке ячменя; дезинфекционные мероприятия при хранении ячменя и солода; доставка зернового сырья «от двери к двери» без промежуточных перегрузок (использование принципов логистики).

ЛИТЕРАТУРА

1. Дрэгер М. Физические основы спонтанного вспенивания пива//Brauwelt-Мир пива. 4/96. С. 60–63.
2. Хайкара А., Сарлин Т., Хоме С. Определение склонности солода к гашинг-эффекту//Пиво и жизнь. 2005. №4 (51). Март–август. С. 44–45.
3. Хоме Силья. Гашинг и его определение/11-й Международный симпозиум по вопросам пивоварения и соложения. — М., 2006.
4. Amaha M., Kitabatake K., Nakagawa A., Yoshida J. and. Harada T Gushing inducers produced by some mould strains/Proceedings of the European Brewery Convention Congress (14th). Salzburg. 1973. Elsevier. Amsterdam. 1974. P. 381–398.
5. Anderson K., Gjersten P., Trolle B The microflora of barley and its effect on wort and beer/The Brewers Digest. 1967. Aug. 42. P. 76–81.
6. Dilly P Gushing — eine Bestandsaufnahme//Brauwelt. 1988. 128. Nr. 45. P. 2062–2072.
7. Donhauser S., Weideneder A., Winneswitzer W., Geiger E A test for determining the gushing propensity of raw grain, malt, wort and beer//Brauwelt international. IV.1991. P. 294–297.
8. Narziss L., Back W., Geiger E., Reicheneder E Gushing — problem in the Praxis//Brauwelt. 1989, 129. Nr. 12/13. P. 500–502.
9. Schildbach R. Zur Problematik des Mikroorganismenbefalles an Braugerste und Malz//Brauwelt. 1988. 128. Nr. 47. P. 2244–2250.
10. Schwarz P.B., Jones B.L., Steffenson B.J. Enzymes Associated with Fusarium Infection of Barley //J Amer. Soc. Brew. Chem. 2002. 60. N 3. P. 130–134.
11. Vaag P., Riis P., Knudsen A-D., Pedersen S., Meiling E A Simple and Rapid Test for Gushing Tendency in Brewing Materials//Proceedings of the European Brewery Convention Congress Oslo. 1993. P. 155–162.