

Влияние медных элементов перегонных кубов для солодового виски на состав и аромат дистилята

Barry Harrison*, Olivier Fagnen, Frances Jack и James Brosnan

АННОТАЦИЯ

J. Inst. Brew. 117(1), 106-112, 2011

Среди производителей шотландского солодового виски бытует мнение о том, что медные детали дистиллятора оказывают влияние на аромат виски. В процессе дистилляции в медных перегонных кубах медь убирает из дистилята сернистый запах за счет снижения содержания соединений серы, таких как диметилтрисульфид (ДМТС). Авторы данной работы продемонстрировали, что при установке на определенных участках перегонного тракта медь справляется с данной задачей более эффективно. Данная информация предназначена для облегчения работы дистиллеров по сохранению либо созданию кардинально нового аромата виски. Кроме того, авторы работы отметили, что помимо ДМТС источником запаха серы являются и другие, пока не определенные соединения, поэтому дальнейшие исследовательские усилия необходимо направить на определение указанных соединений.

Ключевые слова: медь, диметилтрисульфид, перегонные кубы, виски.

ВВЕДЕНИЕ

Важность меди при производстве виски установлена уже давно⁶. Как правило, перегонные кубы, используемые для дистилляции солодового виски, являются цельномедными. Считается, что использование медного дистиллятора улучшает аромат виски. Указанный положительный эффект объясняется, главным образом, снижением уровня сернистых веществ¹. Как правило, считается, что высокая концентрация данных веществ приводит к появлению неприятного, а значит и нежелательного запаха овощей, тухлых яиц, газа или резины. Однако, в незначительной концентрации сернистые соединения могут положительно сказаться на многогранности аромата виски.

Говоря о производстве солодового виски, нельзя не сказать о таком сернистом соединении, как диметилтрисульфид (ДМТС)². Запах ДМТС сравним с запахом подгнивших овощей. Специалисты НИИ Шотландского Виски провели анализ порогового числа ДМТС, результаты которого показали крайне низкий порог ощущения (33 ppt в 20% этаноле), то есть несмотря на весьма небольшое содержание ДМТС в виски, он может влиять на аромат виски. Считается, что при производстве виски ДМТС образуется из метантиола и сульфида водорода, которые, в свою очередь являются производными аминокислот метионина и цистеина, соответственно⁴.

НИИ Шотландского Виски, Риккартон, Эдинбург, EH14 4AP, Великобритания.

* Соответствующий автор. E-mail: barry.hamson@swri.co.uk

Публикация № G-2011 -021 8-1104 © 2011
Институт Пивоварения и Дистилляции

Согласно результатам предыдущих исследований, медь может как снижать, так и повышать уровень сернистых соединений^{3,4,8-10}. При помощи стеклянных перегонных кубов (лабораторных) для имитации дистилляции солодового виски, в условиях добавления медных солей в эталонные растворы, установлено, что в процессе дистилляции медь способствует образованию ДМТС из метионина⁴. Согласно результатам других комплексных лабораторных исследований, добавление медной ваты в стеклянный перегонный куб снижает содержание ДМТС в дистиляте браги для солодового виски⁸. Таким образом, можно говорить о неоднозначности воздействия меди на содержание ДМТС при дистилляции. Медь, в зависимости от условий, может привести как к повышению, так и к уменьшению содержания данного соединения.

В разных частях дистиллятора медь подвергается воздействию жидкостей и паров, имеющих разный состав и температуру. Если бы было установлено, что на каких-то участках дистиллятора медь убирает сернистые соединения лучше, чем на других, такая информация помогла бы самогонщикам избавиться от дефектов дистилята, и они смогли бы экспериментировать с новыми ароматами за счет изменения уровня взаимодействия с медью в дистилляторе. Кроме того, такая информация необходима в случае необходимости снижения содержания меди в системе дистилляции в экологических целях и для уменьшения содержания меди в барде и осадке⁵. Кроме того, если будет установлена особая эффективность меди на определенных участках дистиллятора, можно будет воспользоваться характеристиками жидкости или пара, с которыми она взаимодействует на этих участках, чтобы лучше понять механизмы реакций соединения меди и серы. Более глубокое понимание механизмов реакций соединения меди и серы позволит лучше контролировать качество дистилята и сохранить индивидуальный характер винокурни. В целях изучения важности меди на разных участках перегонного куба и ее влиянии как на аромат, так и на состав дистилята, в данном лабораторном опыте использовались медные дистилляторы (для более наглядного взаимодействия меди при дистилляции по сравнению с предыдущими показателями), и аналогичные дистилляторы из нержавеющей стали.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Химикаты и растворители

Для эксперимента были приобретены аутентичные образцы следующих сернистых соединений: диметилсульфид (ДМС), диметил дисульфид (ДМДС), диметил трисульфид (ДМТС), метил-2-метил-3-фурил дисульфид (МмФдС), тионафтен (все закуплены в Sigma-Aldrich Company Ltd.), тиофен, S-метил тиоацетат и диэтил дисульфид (ДЭДС) (закуплены в Alfa Aesar).

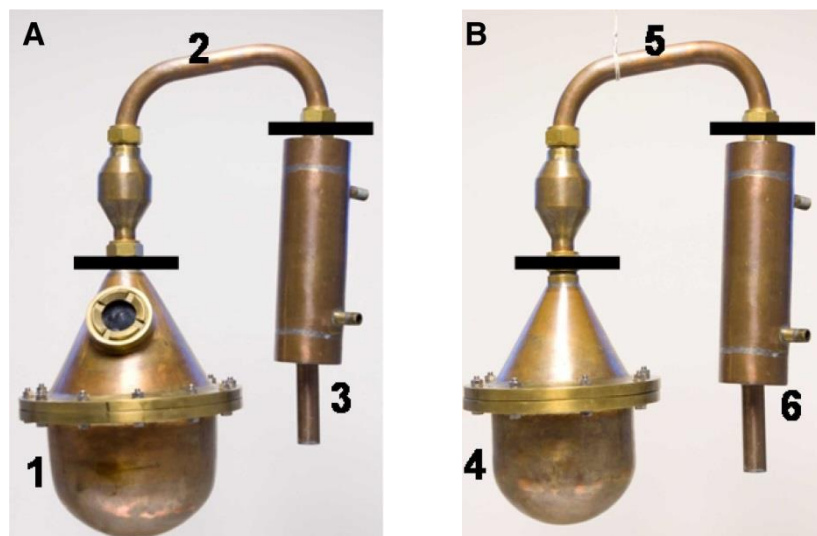


Рис. 1. (А) Медный дистиллятор для браги. (В) Медный дистиллятор для спирта. Цифрами 1-6 обозначены отдельные участки для медных элементов.

Таблица I. Коды проб дистиллятов, полученных с использованием медных элементов на разных участках тракта.

№ пробы	Материал конструкции		
	Участок из нерж. стали ^b	Участок из меди ^b	
C	C		
S	S		
S1	S	1	
S2	S	2	
S3	S	3	
S4	S	4	
S5	S	5	
S6	S	6	
C1	C		1
C2	C		2
C3	C		3
C4	C		4
C5	C		5
C6	C		6

^a C = медь, S = нерж. сталь.

^b Коды указаны на Рис. 1.

Этанол был приобретен в McQuilkin & Co. При помощи системы очистки ELGA Lab Water Purelab UHQ 11 (ELGA LabWater Global Operations) получена дистиллированная вода высочайшего качества (UHQ).

Лабораторные перегонные кубы

В эксперименте были использованы дистилляторы для браги и спирта, из меди и нержавеющей стали, производства Forsyths Ltd. – компании, являющейся одним из основных производителей дистилляционного оборудования для производства шотландского виски. На Рис. 1 изображены медные дистилляторы для браги и спирта (дистилляторы из нержавеющей стали изготовлены с аналогичными характеристиками). Объем дистиллятора для браги – 2 литра, для спирта – 1 литр.

Проведены первоначальные сравнительные исследования спирта, полученного в результате двойной перегонки (перегонка браги, а затем – перегонка спирта) в цельномедном дистилляторе и в дистилляторе из нержавеющей стали.

Затем, для определения наиболее важных контактных участков из меди внутри перегонных кубов с точки зрения влияния на аромат и состав спирта, на различных участках перегонных кубов из нержавеющей стали установили медные детали (отмеченные цифрами 1-6 на Рис. 1, коды проб указаны в Таблице I). Проведено сравнение характеристик дистиллята, полученного при перегонке через комбинированные и цельномедные дистилляторы, и дистилляторы из нержавеющей стали.

Дистилляции

Перед началом каждого из экспериментов кубы подвергались тщательной очистке путем подготовительной перегонки с применением 100% этанола. Каждая дистилляция проводилась с использованием браги из одной партии типовой винокурни. Хранение браги осуществлялось в морозильной камере при -20°С, после чего ее оставили для оттаивания на лабораторном стенде за ночь до использования. Все перегонки выполнялись как минимум трижды.

В куб для браги залили 1,65 л браги и 0,5 мл антипенной присадки (эмульсионный молекулярно-биологический реагент Y-30 (Sigma-Aldrich Company Ltd.). Во избежание взрывоопасного кипения в каждый куб поместили несколько тефлоновых камней. Для поддержания равномерности нагрева при дистилляции использовали колбонагреватели. При каждой перегонке температура конденсатора поддерживалась на уровне 5°С. Из каждой партии браги (1,65 л) были взяты пробы низкоградусного спирта в объеме 550 мл. Для дистилляции спирта использовались аликвотные пробы низкоградусного спирта в объеме 500 мл.

В кубы для спирта залили 500 мл низкоградусного спирта. Во избежание взрывоопасного кипения в каждый куб поместили несколько тефлоновых камней. Для поддержания равномерности нагрева при дистилляции использовали колбонагреватели. При каждой перегонке температура конденсатора поддерживалась на уровне 5°С. Из каждых 500 мл низкоградусного спирта были отобраны 25 мл голов, 100 мл дистиллята и 160 мл хвостов.

Органолептический анализ

Оценка запаха дистиллята проводилась методом количественно-описательного анализа. Оценка проводилась

коллегией дегустаторов НИИ Шотландского Виски, имеющих большой опыт оценки виски, новых дистиллятов и соответствующих образцов. Испытания проводились в условиях лаборатории. Дегустация проводилась в отдельных кабинках. Сбор данных производился при помощи ПО для проведения органолептического анализа Compusense C4 v4.0 (разработка Compusense Inc.)

Для подтверждения отсутствия в комплектах посторонних образцов после проведения первоначального органолептического анализа были подготовлены повторные композитные пробы, которые разбавили водой до объемного содержания спирта 20% и подали участникам дегустации в дегустационных бокалах объемом 120 мл., накрытых стеклом и промаркированных случайными трехзначными кодами. Оценка производилась на основании аромата дистиллята. Дегустаторы оценивали интенсивность отдельных качеств по шкале от 1 до 3. Для описания органолептических свойств полученного при перегонке в цельномедном дистилляторе и в дистилляторе из нержавеющей стали использовались следующие термины: резкий, с запахом "хвостов", злаковый, травяной/сенной, цветочный, фруктовый запах, запах сольвента, мыльный, сладкий, маслянистый, кислый, сернистый, мясистый, затхлый, чистый. Данная терминология собрана на основании свойств из диаграммы Scotch Whisky Flavour Wheel⁷, исходя из имеющихся ключевых характеристик продукта. Дальнейшая органолептическая работа заключалась в сравнении воздействия медных элементов, установленных на определенных участках перегонного тракта на интенсивность запаха серы и мяса у дистиллята. По результатам оценки каждого из дегустаторов были выведены средние показатели.

Анализ сернистых соединений

Стандартная подготовка. Для калибровки реакции прибора была приготовлена серия растворов из смешанных калибровочных стандартов для ДМС, ДМДС, ДМТС, МмФДС, тиофена, тианафена и S-метилтиоацетата. Смешанные калибровочные растворы приготовлены на этаноле. Стандартный раствор внутреннего стандарта (ДЭД) был также приготовлен на этаноле.

В хроматографическом флаконе (22 мл) 0,4 мл смешанного калибровочного стандарта смешали с 1,6 мл дистиллированной воды (УНҚ) до концентрации этанола 20%, после чего добавили 50 μ л раствора внутреннего стандарта и незамедлительно закрыли флаконы крышками во избежание потери летучих веществ.

Пробоподготовка. В хроматографическом флаконе (22 мл) 0,55 мл образца смешали с 1,45 мл дистиллированной воды (УНҚ) до концентрации этанола 20%, после чего добавили 50 μ л раствора внутреннего стандарта и незамедлительно закрыли флаконы крышками во избежание потери летучих веществ.

Аналитические приборы. Для проведения эксперимента использовался парофазный дозатор Perkin Elmer Turbomatrix 40 в паре с газовым хроматографом Perkin Elmer Clarus 500(GC) и хемилюминесцентным детектором на серу Sievers 355.

Печь парофазного дозатора была настроена на выдержку каждого флакона в течение 12 минут при температуре 70°C. Далее при помощи газ-носителя (гелий), поступающего через иглу автосэмплера при 110 °С давление во флаконе довели до 30 psi. Флакон выдержали под давлением в течение минуты, после чего в течение 1,5 минут находящееся под давлением содержимое флакона перешло в ловушку (Терах ТА), начальная температура которой составляла 35 °С. Данный цикл повышения и затухания повторился дважды, после чего исследуемые вещества - десорбировали путем нагрева ловушки до 280 °С. - Десорбированные вещества прошли через переходную линию (Hydroguard FS, с ВД 0,32 мм (Restek) при 200°C на колонку ГХ.

Колонка для ГХ: 30 м RTX-1, ВД 0,32 мм, толщина пленки 5 мкм (Restek). Температура 40°C поддерживалась в печи ГХ в течение минуты, после чего она была снижена до 200°C со скоростью 10°C/мин. Окончательное время выдержки составило 5 минут. Контроль давления на входе в колонку осуществлялся автосэмплером на уровне 11 psi.

Температура плазменной горелки составляла 800°C. Скорость подачи воздуха к горелке составляла 40 мл / мин, а водорода - 100 мл/мин.

Количественная оценка. ДМС, ДМДС, ДМТС, ММФДС, тиофен, тианафен и S-метилтиоацетат были определены количественно, методом калибровки по внутреннему стандарту, путем соотношения коэффициента чувствительности образца с градуировкой по каждому из соединений. Откалиброванные смеси были представлены в виде количества млрд-1 в 20% этаноле. Пики неизвестных соединений на хроматограммах были описаны как отклик детектора (площадь пика / площадь пика внутреннего стандарта). Идентификация неизвестных соединений производится по их времени удерживания (в мин.).

Анализ данных. Для того, чтобы установить, по каким органолептическим или композиционным признакам (при наличии) происходит серьезное расхождение между образцами, был проведен дисперсионный анализ (ANOVA)(ПО Unistat, версия 5.0 (Unistat Ltd.)). Значение p менее 0,05 считалось серьезным. Для того, чтобы связать аналитические данные с органолептическими, были рассчитаны коэффициенты корреляции для установления степени линейной связи между двумя переменными.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Замена меди нержавеющей сталью

Органолептический анализ. Органолептические схемы дистиллята, полученного при перегонке в цельномедных дистилляторах и в дистилляторах из нержавеющей стали, показаны на Рис. 2.

Настоящий анализ продемонстрировал степень влияния дистилляторов нержавеющей стали, используемых вместо цельномедных. Дистиллят, полученный при перегонке в медном кубе, имеет аромат злаков, "хвостов", он резкий и чистый. Дистиллят, полученный при перегонке в кубе из нержавеющей стали, имеет значительно менее чистый аромат. Это объясняется (как и следовало ожидать) значительным увеличением уровня запаха серы и мяса при использовании нержавеющей стали.

Сернистые соединения. Продукт, полученный при перегонке в цельномедном перегонном кубе и кубе из нержавеющей стали, сравнивался по степени содержания сернистых соединений (Рис. 3). На Рис. 3А показаны уровни известных сернистых соединений. Из них только у ДМТС имеется статистически значимое различие между перегонными кубами из меди и нержавеющей стали. Данное соединение присутствовало в дистилляте, полученном при перегонке в дистилляторе из нержавеющей стали в значительно большем количестве. При рассмотрении порога определения аромата (33 ppt в 20% этаноле) установлен уровень ДМТС, который, вероятнее всего, непосредственно сказывается на аромате дистиллята. Это говорит о том, что присутствие ДМТС приводит к увеличению запаха серы и мяса в продукте перегонки в кубе из нержавеющей стали.

Кроме того, в дистилляте был обнаружен ряд неизвестных сернистых соединений. Уровни четырех наиболее важных из них в количественном отношении показаны на Рис. 3В.

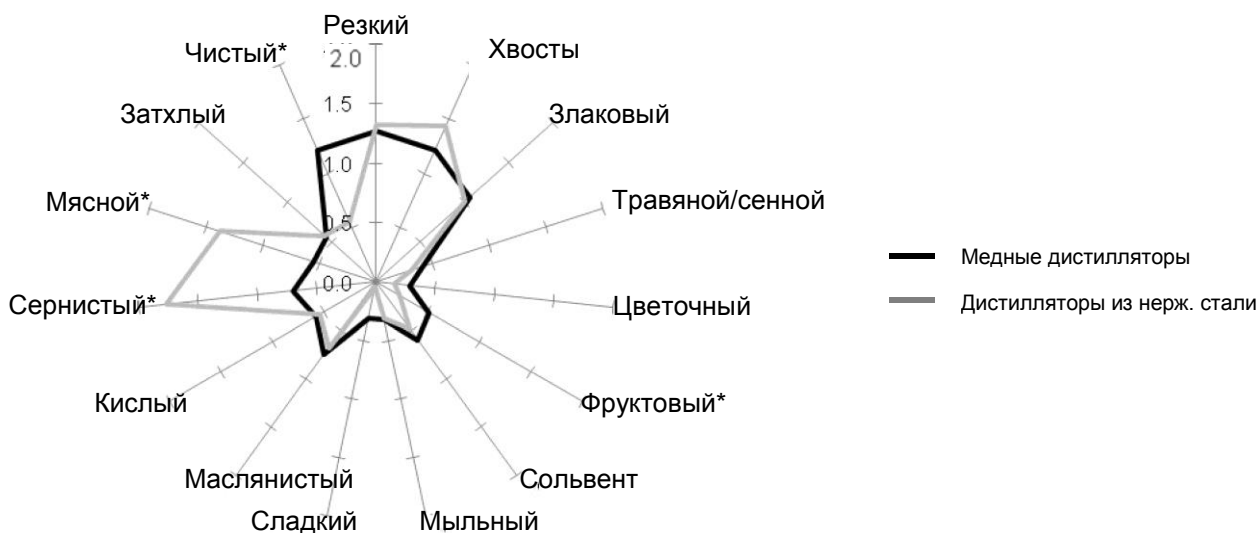
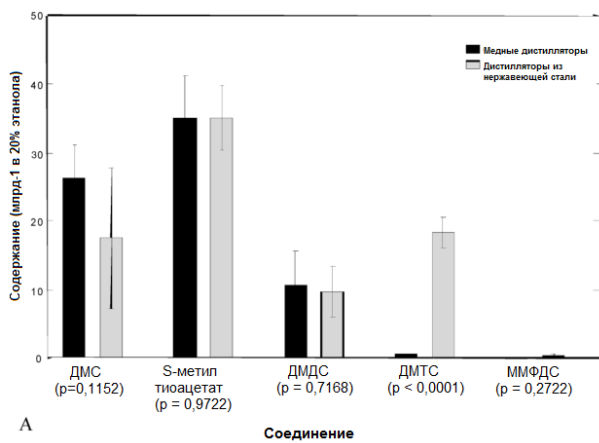
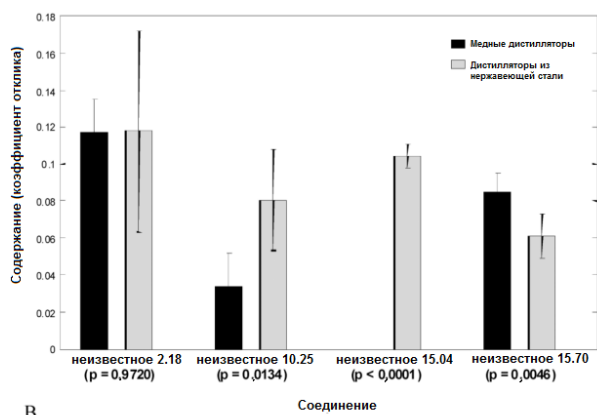


Рис. 2. Органолептические схемы дистиллята, полученного из медных дистилляторов и дистилляторов из нержавеющей стали. * Показаны свойства, присутствующие на значительно отличающихся уровнях в двух выборках (значения p менее 0,05).



А

Соединение



В

Соединение

Рис. 3. (А) Содержание известных соединений серы в дистилляте, полученном в медных кубах и кубах из нержавеющей стали. (В) Содержание неизвестных соединений серы в дистилляте, полученном в медных кубах и кубах из нержавеющей стали (представлены только неизвестные с коэффициентом отклика не менее 0,10 хотя бы в одном репликате).

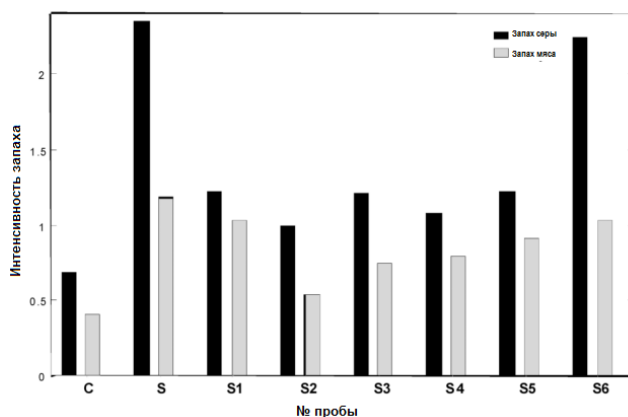


Рис. 4. Средняя органолептическая оценка запахов серы ($p < 0,0001$) и мяса ($p < 0,0001$) у дистиллята.

Установлено, что три из данных неизвестных соединений присутствуют на статистически значимо отличимых уровнях в дистиллятах, полученных в медных кубах и кубах из нержавеющей стали. Неизвестное 15.70 выявлено в большем количестве в дистилляте, полученном из медного дистиллятора, а неизвестные 10.25 и 15.04 – из нержавеющей стали. Следовательно, неизвестные 10.25 и 15.04, скорее всего, влияют на появление запаха серы и мяса при перегонке в дистилляторе из нержавеющей стали.

Медные элементы

Органолептический анализ. На отдельных участках 1-6 тракта куба из нержавеющей стали были установлены медные элементы. Степень запаха серы и мяса в каждом полученном дистилляте показана на Рис. 4. Запах серы проявлялся наиболее отчетливо при установке медных элементов только в конденсаторе (S6). Действительно, в этом случае уровень запаха сернистой кислоты был аналогичен тому, что присущ дистилляту из куба из нержавеющей стали. При установке медных элементов на участках 1-5 дистиллятора из нержавеющей стали было установлено, что наличие меди на одном из указанных участков привело к появлению у дистиллята более сильного запаха серы, чем при перегонке в цельномедном кубе, хотя и не настолько сильно, как у S или S6.

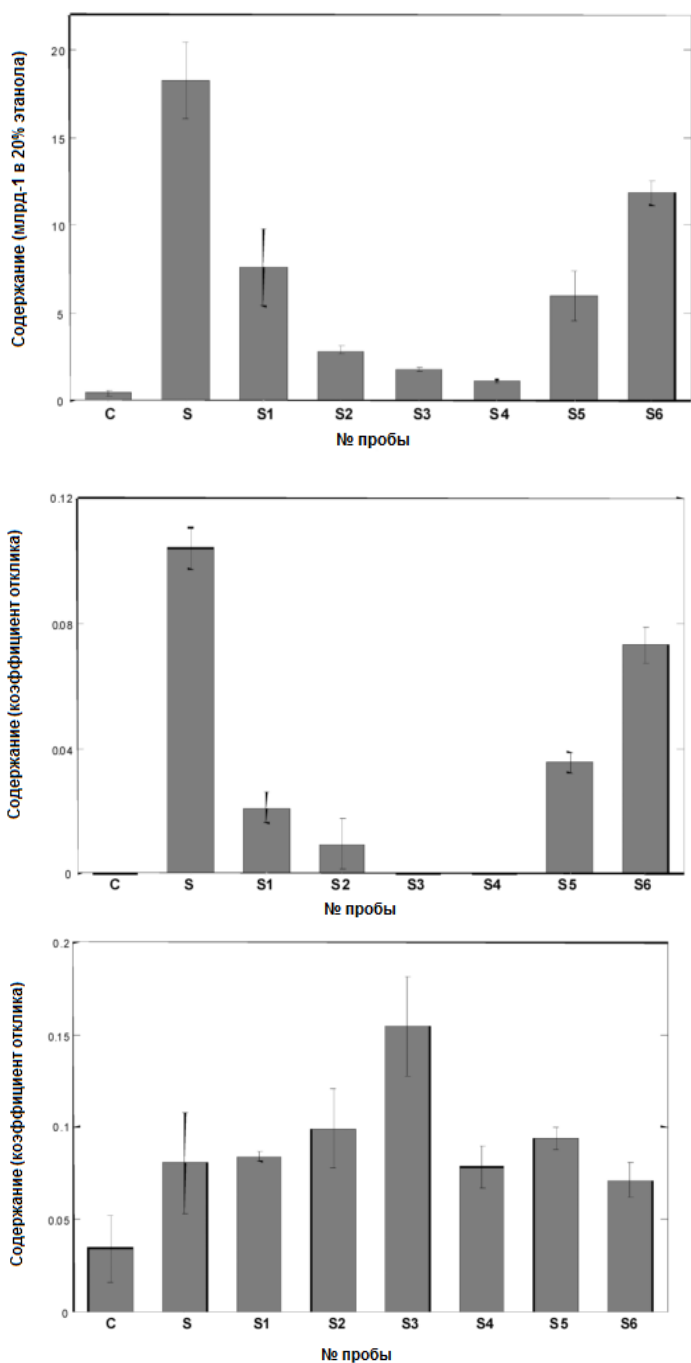


Рис. 5 Содержание сернистых соединений в образцах дистиллята. (А) ДМТС ($p < 0,0001$), (В) неизв. 15.04 ($p < 0,0001$), (С) неизв. 10.25 ($p < 0,0001$).

У запаха мяса уровень дисперсии оказался несколько ниже, чем у запаха серы, если сравнивать результаты на участках 1-6 с медными элементами (Рис. 4). Как и в случае с запахом серы, дистиллят S6 имел такой же запах мяса, как и при перегонке в кубе из нержавеющей стали. Кроме того, как и в случае с серой, в то время как установка медных элементов на отдельных участках не помогла воссоздать эффект перегонки в цельномедном кубе, присутствие медных элементов на любом из участков 1-5, как правило, немного убирало запах мяса, по сравнению с дистиллятом, полученном перегонкой в кубе из нержавеющей стали.

Однако, данное уменьшение запаха при установке медного элемента на участке 1 было незначительным.

Сернистые соединения. Затем пробы дистиллята, полученного при перегонке в кубах из нержавеющей стали с медными элементами на участках 1-6 были проанализированы на предмет сернистых соединений. Это показало бы, на каких участках, если таковые имеются, перегонного тракта медные элементы оказали наибольшее влияние на содержание соединений серы в дистилляте. В расчет брали только соединения, присутствующие в дистилляте, полученном перегонкой в кубах из нержавеющей стали, в значительно большем размере, чем при перегонке в цельномедных кубах, поскольку они, скорее всего, способствовали появлению запаха серы и мяса (Рис. 5).

Влияние медных элементов при перегонке заключается в снижении уровня ДМТС в дистилляте (Рис. 5А). Однако, было установлено, что установка медных элементов в контур оказала большое влияние на способность меди снижать уровень ДМТС в дистилляте, и установка медных элементов на каком-либо одном участке не приводит к эффекту цельномедного куба. В кубах для браги и спирта-сырца результаты оказались противоположными. В дистилляторе для браги меньше всего снижение содержания ДМТС происходило в горшке (S1), а больше всего – в конденсаторе (S3). В дистилляторе для спирта меньше всего снижение содержания ДМТС происходило в конденсаторе (S6), а больше всего – в горшке (S4). Поэтому лучше всего с задачей по снижению содержания ДМТС справились конденсатор дистиллятора для браги и горшок дистиллятора для спирта (S3 и S4).

Аналогично ДМТС, такие же результаты оказались и у неизвестного 15.04 (Рис. 5В). Точно так же, с задачей по снижению содержания данного соединения справились конденсатор дистиллятора для браги и горшок дистиллятора для спирта (S3 и S4). Возможно, более эффективное выведение ДМТС и неизвестного соединения 15.04 на этих участках произошло из-за того, что конденсатор кубов для браги и спирта - это места, где медь больше подвержена коррозии в промышленных перегонных кубах. Следовательно, может показаться, что либо реакции соединения серы с медью наиболее часто встречаются на данных участках, способствующих появлению коррозии, либо коррозия меди в результате иных реакций приводит к более эффективному удалению соединений серы. Ранее было продемонстрировано, что подкисление модельных растворов сернистых соединений является важным фактором, способствующим удалению этих соединений при перегонке в результате взаимодействий с медью⁸. Таким образом, не исключено, что относительная восприимчивость данных участков к кислотной коррозии зависит от окружающих условий, что, в свою очередь, приводит к тому, что сернистые соединения удаляются более эффективно именно на них. В этой связи, использование перегонных кубов может влиять на способность меди удалять соединения серы. При первой перегонке в медных лабораторных дистилляторах дистиллят обладал достаточно сильным запахом серы и мяса. Перед началом этого эксперимента потребовалось выполнить еще несколько перегонок для уменьшения запаха, что позволяет предположить, что для обеспечения эффективности медь должна быть немного окислена. Тем не менее, реальный механизм удаления сернистых соединений еще предстоит выяснить.

У неизвестного 10.25 результаты отличались от других двух соединений (Рис. 5С). В данном случае, разница между уровнями содержания в дистилляте при перегонке в цельномедном дистилляторе и дистилляторе из нержавеющей стали – практически нулевая.

Таблица II. Соотношение органолептических показателей и показателей сернистых соединений (коэффициенты корреляции, рассчитанные с использованием данных для дистиллятов С, S и S1-6).

Соединение	Серный	Мясной
ДМТС	0,93	0,84
Неизвестное 10.25	0,02	0,13
Неизвестное 15.04	0,94	0,78

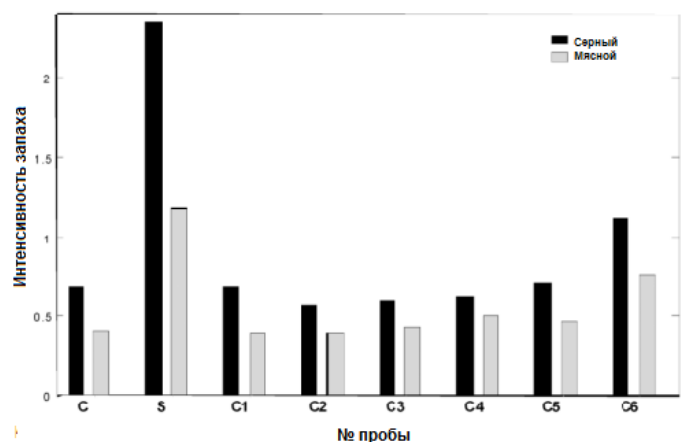


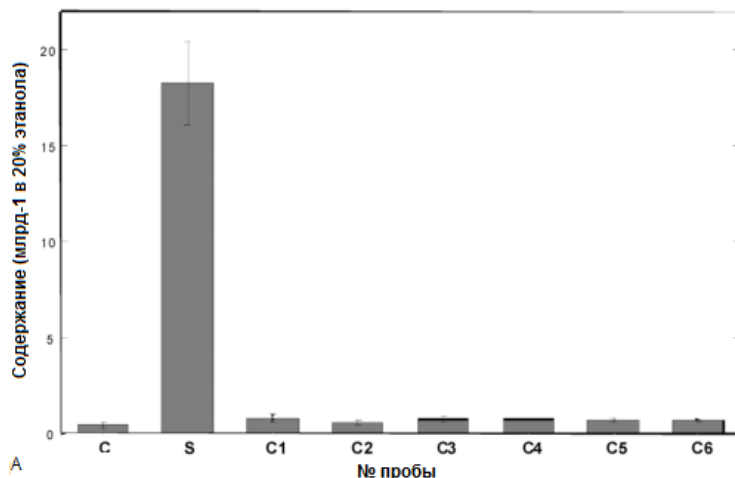
Рис. 6. Средняя органолептическая оценка запахов серы ($p < 0,0001$) и мяса ($p < 0,0001$) у дистиллята.

Если сравнивать с результатами перегонки в кубе из нержавеющей стали, само по себе присутствие медного элемента на единственном участке не снизило содержание этого соединения. Кроме того, помимо слегка повышенного содержания в дистилляте S3, данное соединение было обнаружено в таком же объеме независимо от участка установки медного элемента. Это говорит о том, что для удаления соединения важна именно общая площадь поверхности меди, а не то, на каком участке перегонного тракта она присутствует.

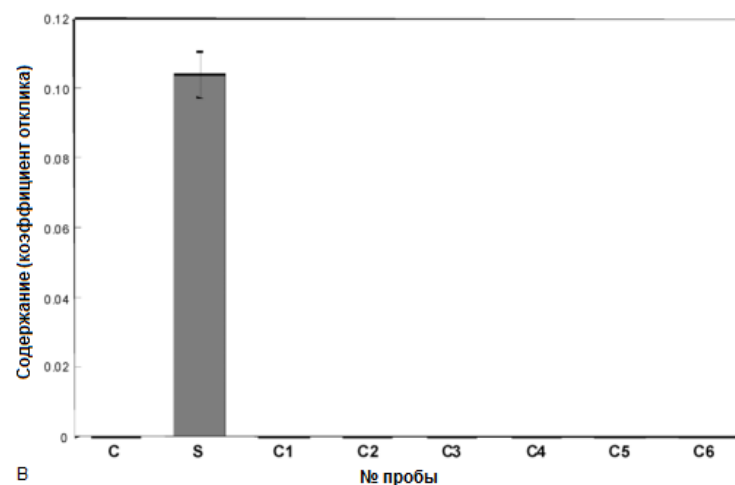
Соотношение органолептических показателей и показателей сернистого соединения

Для того, чтобы определить, насколько показатели сернистого соединения могут объяснить органолептические, был произведен расчет коэффициентов корреляции между ароматами серы и мяса, и аналитических данных по ДМТС, неизвестным 10.25 и 15.04 (Таблица II).

Как ДМТС, так и неизвестное 15.04 продемонстрировали серьезную положительную корреляцию с ароматом серы и, в несколько меньшей степени, с ароматом мяса. Это говорит о том, что данные соединения могли способствовать появлению указанных запахов. Неизвестное 10.25 плохо коррелировал с ароматами серы и мяса, поэтому данное соединение с меньшей вероятностью способствовало появлению указанных ароматов. Тот факт, что ДМТС и неизвестное 15.04 в большом количестве были выявлены в дистилляте, полученном перегонкой в кубе из нержавеющей стали и кубах из нержавеющей стали с медным охладителем спирта (S6), может прояснить причину сильного запаха серы и мяса в дистилляте. В дистиллятах S1-S5 уровень ДМТС оказался выше, чем при перегонке в цельномедном дистилляторе, но ниже, чем в S6 и при перегонке в дистилляторе из нержавеющей стали. Это в некоторой степени соотносится с показателями аромата серы мяса от дистиллята, которые также оказались почти граничными.



A



B

Рис. 7. Содержание сернистых соединений в образцах дистиллята. (A) ДМТС ($p < 0,0001$), (B) неизв. 15.04 ($p < 0,0001$).

Охладитель дистиллятора для спирта-сырца

Установлено, что уровень ДМТС и неизвестного 15.04 в целом показали хорошую корреляцию с запахами серы и мяса. Высокое содержание данных соединений, ДМТС и неизвестного 15.04, а также сильный запах серы и мяса в дистилляте, полученном перегонкой в кубе из нержавеющей стали с медным элементом только на охладителе спирта (S6), позволяют предположить, что на данном участке медь не играла большой роли в контроле соединений серы и, следовательно, запахов серы и мяса. Однако, когда медный элемент охладителя дистиллятора для спирта заменили на нержавеющую сталь в медном дистилляторе (C6), это привело к увеличению запаха серы и мяса, по сравнению с цельномедным дистиллятором (C) или дистиллятором, у которого был заменен медный элемент на любом другом участке (C1-C5) (Рис. 6).

И это несмотря на то, что уровень ДМТС или неизвестного 15.04 в дистилляте C6 был лишь слегка выше (Рис. 7). Похоже, что медный элемент на охладителе дистиллятора для спирта контролирует уровень запаха серы и мяса с помощью дополнительного механизма, отличного от простого удаления соединений серы, и такой дополнительный механизм эффективен только в том случае, если медный элемент, установленный на дистилляторе до охладителя, сыграл свою роль по серьезному снижению содержания сернистых соединений.

Исходя из того, что замена меди нержавеющей сталью на каждом из участков 1-6 незначительно повлияла на содержание

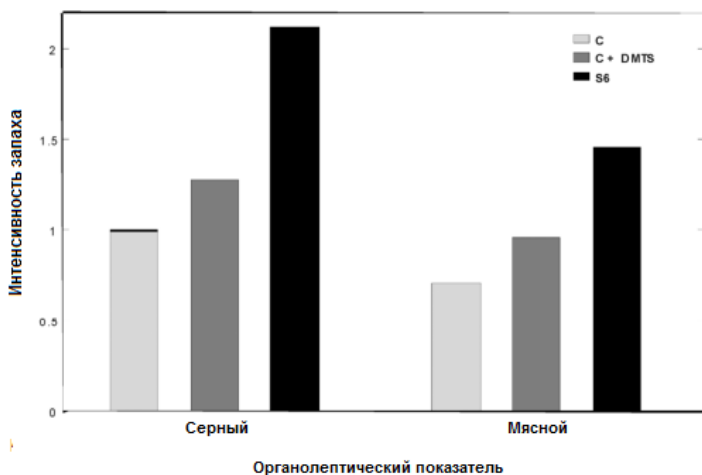


Рис. 8. Уровень запаха серы и мяса в обогащенных и необогащенных дистиллятах.

сернистых соединений и (кроме S6) запах серы и мяса, можно предположить, что можно смело выполнять замену на любом из этих участков в промышленной установке, что не сильно скажется на аромате дистиллята. Тем не менее, более низкое отношение площади поверхности к объему в промышленном аппарате означает, что уровень контакта с медью в данных дистилляторах в целом будет достаточно низким, поэтому замена одного медного участка на нержавеющую сталь, вероятно, будет иметь большее влияние, чем в лабораторном дистилляторе.

Воздействие ДМТС на запах

Как правило, уровень ДМТС и неизвестного 15.04 хорошо коррелировались с запахами серы и мяса. В связи с этим, было интересно определить насколько такие соединения сказываются на запахе. Это было сделано путем обогащения дистиллята со слабовыраженным запахом серы и мяса (C) ДМТС. Соединение добавляли в дистиллят до появления сильно выраженного запаха серы и мяса (S6). Очевидно, это не могло быть сделано с неизвестным 15.04, поскольку его идентичность пока не установлена. Вместо S использовался S6, поэтому учитывалось любое потенциальное влияние меди в охладителе дистиллятора для спирта. Затем была проведена оценка запаха серы и мяса у обогащенных и необогащенных дистиллятов. Результаты оценки отображены на Рис. 8.

На Рис. 8 видно, что ввод ДМТС в дистиллят C привел к увеличению запаха серы и мяса. Однако, если учесть, что запах серы и мяса у дистиллята S6 был еще более сильным, чем у обогащенного дистиллята C, очевидно, что его источником являлось что-то еще. Пока непонятно, что это за источник, но, по-видимому, существуют и другие соединения (кроме ДМТС), способствующие появлению запаха и зависящие от взаимодействия с медью в процессе перегонки. И хотя уже доказано, что ДМТС в данном случае является маркером запаха серы, выявление дополнительных соединений, способствующих образованию запаха, позволит более эффективно бороться с запахом серы и мяса у дистиллята и использовать его в своих целях. Неизвестное 15.04, по-видимому, лучше всего подходит на роль такого соединения, сильно коррелируя как с содержанием ДМТС, так и с запахами серы и мяса.

ВЫВОДЫ

Подтверждена важность использования меди в дистилляторах для контроля запахов серы и мяса у дистиллята, а содержание ДМТС продемонстрировало хорошую корреляцию с указанными запахами. Лабораторные исследования доказали, что медь лучше всего уменьшает содержание указанного соединения при установке на охладитель в дистилляторах для браги или спирта. Для более эффективной борьбы с указанным соединением необходимо определить, почему уменьшение содержания ДМТС на данных участках тракта перегонного куба происходит лучше, чем на других. В охладителе дистиллятора для спирта медь, по-видимому, играет аналогичную роль в борьбе с запахом серы и мяса, но как и почему это происходит – пока непонятно. Согласно полученным результатам, можно предположить, что, скорее всего, если убрать медь с участков перегонного тракта промышленной установки, это существенным образом повлияет на аромат дистиллята. Кроме того, было отмечено, что, хотя ДМТС и играет существенную роль в появлении запаха серы или мяса, не стоит недооценивать и другие, пока неизвестные, соединения. Дальнейшие исследовательские усилия стоит направить на их определение.

ССЫЛКИ НА ЛИТЕРАТУРУ

1. Berry, D. R., Физиология и микробиология производства шотландского виски. *Prog. Ind. Microbiol.*, 1981, 19, 199-243.
2. Beveridge, J. L., Расследование вкуса винокурен. Материалы Третьей Конференции по соложению, пивоварению и дистилляции, Институт Пивоварения (Авиморе): Лондон, 1996, с. 449-453.
3. Chin, H. W. and Lindsay, R. C., Аскорбинат и переходные металлы способствуют окислению метантиола в диметилдисульфид и диметилтрисульфид. *Food Chem.*, 1994, 49, 387-392.
4. Furusawa, T., образование и реакции сернистых соединений при дистилляции. Кандидатская диссертация, Университет Герриот-Ватт, Великобритания, 1996 год.
5. Hunter, S., Удаление меди из отработанного осадка. *Ferment*, 1997 г., 10, 330-332.
6. Reaich, D., Влияние меди на характер солодового виски. Материалы Четвертой Конференции по соложению, пивоварению и дистилляции, Институт Пивоварения (Авиморе): Лондон, 1998 г., с. 141-152.
7. Shortreed, G. W., Rickards, P., Swan, J. и Burtles, S., Терминология вкусов шотландского виски. *Brew. Guardian*, 1979, ноябрь, 2-6.
8. Thulasidas, S., Влияние меди на отдельные сернистые соединения при дистилляции. Кандидатская диссертация, Университет Герриот-Ватт, Великобритания, 2007 год.
9. Walker, M. D., Влияние ионов металлов на концентрации ароматически активных соединений серы, измеренные в пиве методом динамического отбора проб в свободном пространстве. *J. Sci. FoodAgric.*, 1995, 67, 25-28.
10. Watts, S. H., Тиамин: возможный предшественник вкусоароматических соединений в шотландском солодовом виски. Кандидатская диссертация, Университет Герриот-Ватт, Великобритания, 2005 год.

(Рукопись принята к публикации в октябре 2010 года)