

Влияние Меди в Различных Частях Перегонных Кубов для Солодового Виски на Состав Спирта и Аромат

Барри Харрисон, Оливьер Фагнен, Франсес Джек и Джеймс Броснан

Аннотация

J. Inst. Brew. 117(1), 106–112, 2011

В производстве шотландского солодового виски, использование меди при конструкции перегонных кубов для дистилляции считается имеющим важный эффект на аромат виски. В процессе дистилляции в медных перегонных губах, медь действует, чтобы уменьшить серные ароматы в итоговом напитке посредством уменьшения количества серных соединений, таких как диметил трисульфид (ДМТС). Данная работа показала, что медь более эффективно выполняет эту роль в определенных частях перегонного куба. Эта информация может быть использована, чтобы помочь винокурам поддерживать или изменять ароматы новых изделий. Так же было замечено, что в добавок к ДМТС, другие, до сих пор неопределенные соединения значительно влияют на присутствие серных ароматов, поэтому последующие исследования могут сфокусироваться на определении таковых соединений.

Ключевые слова: медь, диметил трисульфид, перегонные кубы, виски.

1 Вступление

Важность меди в производстве шотландского виски уже давно подтверждена. В производстве солодового виски, перегонные кубы чаще всего собираются полностью из меди и присутствие меди в процессе дистилляции рассматривается как положительный эффект на аромате виски. Причину этого позитивного эффекта относят в основном к уменьшению уровней содержания серных соединений. Общеизвестно, что на высоких уровнях эти соединения имеют неприятные, и, как следствие, нежелательные запахи овощей, протухших яиц и резины. Но в небольших концентрациях серные соединения могут оказать положительный эффект на сложности аромата напитка.

Особый интерес в солодовом виски представляет серное соединение диметил трисульфид (ДМТС). Аромат ДМТС описывается как аромат протухших овощей. Анализ с помощью порогового теста, проведенный Институтом Исследования Шотландского Виски, показал очень низкий порог обнаружения (33 п.п. на 20% этанола), поэтому хотя это соединение и находится в очень низкой концентрации в виски, оно все равно может вли-

ять на аромат. В производстве виски, считается, что ДМТС формируется из метантиола и сероводорода, которые в свою очередь получают из аминокислот метионина и цистеина соответственно.

Прошлые исследования показывали, что медь как повышала, так и понижала содержание серных соединений. Использование лабораторных стеклянных перегонных кубов для симуляции процесса дистилляции солодового виски, где соли меди были добавлены для моделирования взаимодействия, показало, что медь способствует формированию ДМТС из метионина в процессе дистилляции. Другое лабораторное исследование показало, что добавление медной ваты в стеклянные перегонные кубы уменьшает уровни ДМТС в дистилляте, полученном из браги. Получается, роль меди во влиянии на уровни ДМТС неоднозначна. В зависимости от условий, медь может спровоцировать как увеличение так и уменьшение уровня этого соединения.

В различных частях перегонных кубов, медь взаимодействует с жидкостями и парами различных составов и температур. Если доказать, что медь лучше справляется с удалением серных соединений в определенных частях куба, то такая информация поможет винокурам в исправлении дефектов свежих напитков и позволит создавать новые ароматы за счет регулирования уровня контакта с медью. Эта информация так же может быть важна в случае появления необходимости уменьшения экологической нагрузки меди в бутылочном эле и потраченном осадке. Помимо этого, если окажется, что медь особенно эффективна в определенных местах, то возможно будет применить знания о характеристиках жидкости или газа, с которым медь взаимодействует в этих местах, чтобы подробнее объяснить механизмы взаимодействия соединений меди и серы. Улучшенное понимание механизмов этого процесса позволит лучше контролировать качество производимого виски а так же позволит сохранять индивидуальный характер винокурена. В данной работе использовали медные лабораторные перегонные кубы, специально разработанные чтобы предоставить более показательное взаимодействие с медью в процессе дистилляции, и идентичные стальные перегонные кубы, для того чтобы изучить важность меди в различных частях перегонного куба во влиянии на состав и аромат виски.

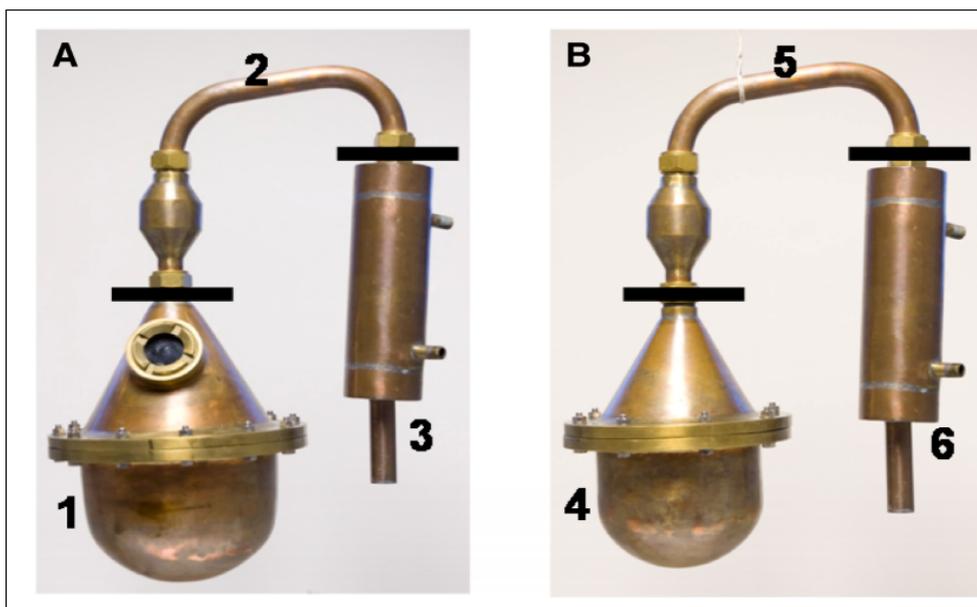


Рис. 1: (А) Медный перегонный куб для браги. (В) Медный перегонный куб для спирта. Номера 1-6 показывают секции для размещения меди.

2 Материалы и методы

2.1 Химикаты и растворители

Были приобретены подлинные образцы следующих серных соединений: диметил сульфид (ДМС), диметил дисульфид (ДМДС), диметил трисульфид (ДМТС), метил-2-метил-3-фурил дисульфид (ММФДС), бензотиофеном (все от компании Sigma-Aldrich Company Ltd.), тиофен, С-метил тиоацетат и диэтил дисульфид (ДЭДС) (все от компании Alfa Aesar).

Этанол был приобретен у McQuilkin & Co. Ультра Высокого Качества (УВК) вода была получена используя ELGA LabWater Purelab UHQ 11 purification system (ELGA LabWater Global Operations).

2.2 Лабораторные перегонные кубы

Лабораторные перегонные кубы для браги и спирта были изготовлены из меди и нержавеющей стали компанией Forsyths Ltd, одной из основных компаний, создающих оборудование дотносительноя винокурения в индустрии шотландского виски. Рисунок 1 показывает медные лабораторные перегонные кубы (стальные были изготовлены по той же спецификации). Объем кубов - 2л для браги и 1л для спирта.

Начальные исследования были проведены путем сравнения новых напитков, полученных двойной дистилляцией (сначала дистилляция браги, потом спирта) используя полностью медный и полностью стальной перегонные кубы. Затем, для определения наиболее важных секций взаимодействия меди в кубах в

Таблица 1: Коды проб для новых напитков, сделанных с медью в различных частях перегонного куба.

Код пробы	Материал куба ¹	Положение стали ²	Положение меди ²
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

¹C = медь, S = сталь

²См. Рис 1 для объяснения номеров

контексте влияния на аромат и состав нового напитка, медь помещалась в различные части стальных кубов (пробы пронумерованы 1-6 на рисунке 1, варианты проб записаны в таблице 1). Новые напитки, полученные с помощью различных конфигураций так же были сравнены с напитками, полученными цельными медными и стальными перегонными кубами.

2.3 Дистилляции

Предварительная дистилляция с использованием 100% этанола была проведена перед каждой экспериментальной дистилляцией для очистки перегонных кубов. Все дистилляции были проведены с использованием браги из одной партии, полученной из типичной солодовой винокурни. Брага хранилась в холодильнике при температуре -20°C и была оставлена на лабораторном столе на ночь для разморозки. Все дистилляции были проведены как минимум трижды.

Кубы для браги были заправлены 1.65 л. браги и 0.5 мл. противовспенивателя (Y-30 emulsion molecular biology reagent (Sigma-Aldrich Company Ltd.)). Несколько тефлоновых камней для кипячения были добавлены в каждый куб. Для одинакового уровня температуры в каждой дистилляции были использованы нагревательные кожухи. Температура конденсатора была сохранена на 5°C для каждой дистилляции. Нижние вина (550 мл.) собирались с каждой 1.65 л. заправки браги. Для дистилляции спирта использовались части нижних вин в 500 мл.

Кубы для спирта были заправлены 500 мл. нижних вин. Несколько тефлоновых камней для кипячения были добавлены в каждый куб. Для одинакового уровня температуры в каждой дистилляции были использованы нагревательные кожухи. Температура конденсатора была сохранена на 5°C для каждой дистилляции. Головы (25 мл.), свежий спирт (100 мл.) и хвосты (160 мл.) были собраны с каждой заправки 500 мл. нижних вин.

2.4 Сенсорный анализ

Для оценки аромата свежих спиртов был использован Количественный Описательный Анализ. Оценки давались сенсорной группой специалистов исследовательского института шотландского виски, обученной и опытной командой оценщиков с богатым опытом в оценке виски, свежих спиртов и связанных образцов. Тесты проводились в контролируемых условиях, в индивидуальных стендах; данные собирались программным обеспечением Compusense C4 v4.0 (Compusense Inc.)

Были подготовлены смеси дублированных пробы после начального сенсорного отсеивания, для того, чтобы удостовериться в отсутствии необычных образцов в наборах. Эти смеси были затем разбавлены до 20% используя воду и представлены экспертам в прозрачных 120 мл. стаканах для дегустации аромата. Эти стаканы были накрыты стеклами для наблюдения и поме-

чены случайными трехзначными кодами. Оценки проводились на основании аромата свежего спирта; эксперты оценивали интенсивность каждого атрибута по линейной шкале от 0 до 3. Сенсорная оценка полностью медной и полностью стальной систем использовала следующую терминологию: едкий, тонкий, зерновой, травяной, цветочный, фруктовый, ацетоновый, мыльный, сладкий, маслянный, кислый, серный, мясной, застоявшийся и чистый. Этот словарь был выбран из атрибутов, которые можно найти на Колесе Вкусов Шотландского Виски, основанном на прошлых знаниях о важных характеристиках свежего спирта. Дальнейшая сенсорная работа, в которой сравнивалось расположение меди в различных частях куба, фокусировалось на уровнях серного и мясного запаха в свежих спиртах. Средние оценки были вычислены для всей группы специалистов.

2.5 Анализ серных соединений

Подготовка стандартов. Для калибровки инструмента был подготовлен набор растворов для калибровки для ДМС, ДМДС, ДМТС, ММФДС, тиофен, бензотиофеном и с-метил тиоацетат. Растворы были приготовлены в этаноле. Стандартный раствор внутреннего стандарта (ДЭДС) так же был подготовлен.

В 22 мл. флаконе 0.4 мл раствора было доведено до 20% этанола с помощью 1.6 мл. УВК воды. 50 микрол. внутреннего стандарта было добавлено в пробирки, которые были сразу же закупорены для избежания потери газов.

Подготовка образцов. В 22 мл. флаконе 0.55 мл образца было доведено до 20% этанола с помощью 1.6 мл. УВК воды. 50 микрол. внутреннего стандарта было добавлено в пробирки, которые были сразу же закупорены для избежания потери газов.

Аналитический инструментарий. Были использованы: улавливающий автосэмплер Perkin Elmer Turbo-matrix 40, газовый хроматограф Perkin Elmer Clarus 500 и Детектор Серной Хемолюминесценции Sievers 355.

Печь автосэмплера была установлена на поддержание каждой пробирки на температуре 70°C на 12 минут. Затем в пробирке было установлено давление в 30 psi используя газ-носитель (гелий), который был введен иглой автосэмплера, нагретой до 110°C . Давление поддерживалось на протяжении одной минуты, а затем в течение 1.5 мин содержимое под давлением было перемещено в ловушку, начальная температура которой составляла 35°C . Этот цикл набора давления и сброса был повторен дважды, а затем целевая субстанция была отделена от ловушки посредством её нагревания до 280°C . Выделенная субстанция была перенесена, с помощью транспортировочного канала (Hydroguard FS, 0.32 mm id (Restek)), температура которого поддерживалась на 200°C , в колонну газового хроматографа.

Была использована следующая колонна газового хроматографа: 30 m RTX-1, 0.32 mm id, 5 μ m film thickness (Restek). Температура печи газового хроматографа поддерживалась на 40°C 1 минуту, а затем увеличивалась на 10°C в минуту до 200°C и оставалась на этом уровне 5 минут. Давление в голове колонны контролировалось автосэмплером и поддерживалось на 11 атмосферах.

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

Определение количества. Количество ДМС, ДМДС, ДМТС, ММФДС, тиофена, бензотиофенома и с-метил тиоацетата определялась с помощью калибровки по внутренним стандартам путём сравнения соотношений для образцов с подготовленными примерами для калибровки. Откалиброванные соединения вносились в отчет как частей на миллиард в 20% растворе этанола. Пики, определенные хроматографом, для которых неизвестно соединение, которые их вызвало, были внесены в отчет как отношение измеренной площади пика к площади пика для внутренних стандартов. Неизвестные соединения идентифицировались по времени сохранения, в минутах.

Анализ Данных. Анализ вариативности (ANOVA) был произведен для определения того, какие, если какие-нибудь вообще, сенсорные или составные свойства окажутся значительно различными между образцами. (Unistat version 5.0 (Unistat Ltd.)). Значение p менее 0.05 считалось значительным. Для соотнесения аналитических и сенсорных данных, были вычислены корреляционные коэффициенты для определения уровня линейной зависимости двух переменных.

3 Результаты и обсуждение

3.1 Замена меди сталью

Сенсорный анализ. Сенсорные профили свежего спирта, произведенного в полностью медных и полностью стальных стиллах показаны на Рис. 2.

Этот анализ показал влияние использования стальных стиллов вместо медных. Сенсорные атрибуты, которые лучше всего характеризовали спирт из медных стиллов, были: зерновой, feinty, едкий и чистый. Использование стального стилла привело к тому, что спирт был охарактеризован как значительно менее чистый. Причина этого, как и ожидалось, была в значительно увеличенных уровнях мясисто-го и серного запахов при использовании стали.

Серные соединения. Свежие спирты, полученные из полностью стального и полностью медного стилла, сравнивались на предмет уровней серных соединений (Рис. 3). Рисунок 3а показывает уровни известных серных соединений. Среди них, только ДМТС показало

статистически значительное отличие между стальным и медным стиллом. Это соединение присутствовало в значительно большем количестве в свежем спирте, полученном из полностью стального стилла. Если учитывать крайний уровень влияния этого соединения на аромат (33 частей на тысячу в 20% растворе этанола), то видно, что ДМТС был обнаружен на уровнях, при которых вероятно, что он напрямую влиял на аромат. Это говорит о том, что ДМТС влиял на повышенные уровни серного и мясисто-го запахов в свежем спирте из стальных стиллов.

Также в полученных свежих спиртах были обнаружены несколько неизвестных серных соединений. Уровни четырех самых измеримо важных показаны на Рис. 3b. Было обнаружено, что уровни трёх из четырех этих неизвестных соединений статистически значительно отличаются у свежего спирта их медных и стальных стиллов. Неизвестный элемент 15.70 был обнаружен в большем количестве в спирте из медных стиллов, а неизвестные элементы 10.25 и 15.04 были обнаружены в большем количестве в спирте из стальных стиллов. Таким образом, неизвестные элементы 10.25 и 15.04 более вероятно имеют влияние на серные и мясисто-го ароматы, которые характерны для свежего спирта из стальных стиллов.

3.2 Размещение меди

Сенсорный анализ. Медные части были поочередно вставлены в позиции 1-6 стальных стиллов. Уровни серного и мясисто-го запахов для каждого из свежих спиртов показаны на Рис. 4. Уровень серного запаха был особенно высоким, когда медная часть была помещена на место конденсатора стального стилла для спирта (S6). В самом деле, в этом случае уровень серного аромата был сопоставим со свежим спиртом, полученным из полностью стального стилла. Когда медные части помещались в секции 1-5 стальных стиллов, было обнаружено, что во всех случаях уровень серного аромата выше, чем в свежем спирте, полученном из полностью медного стилла, но не настолько высок, как в образцах S или S6.

Что касается мясисто-го запаха, то, при сравнении меди в секциях 1-6, уровень вариативности оказался несколько ниже, чем у серного запаха. Как и в случае серного запаха, свежий спирт образца S6 имел уровень мясисто-го запаха сопоставимый со свежим спиртом, полученным из полностью стального стилла. Так же, как и в случае серного запаха, помещение меди в любую из секций 1-5 уменьшало уровень мясисто-го запаха, но не могло добиться того же уровня, что и стилл полностью из меди. Но стоит отметить, что это уменьшение было незначительным в секции 1.

Серные соединения. Затем образцы свежего спирта, полученные из стальных стиллов, где одна часть (1-6) была заменена на медную, были проанализированы на предмет серных соединений. Это должно было

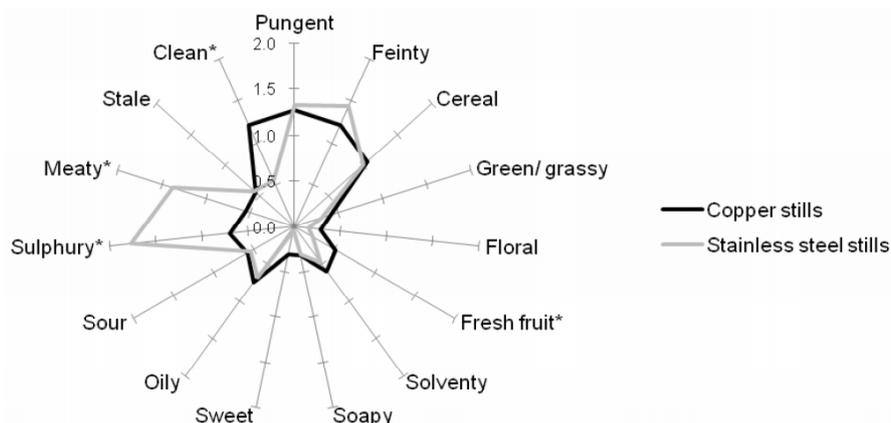
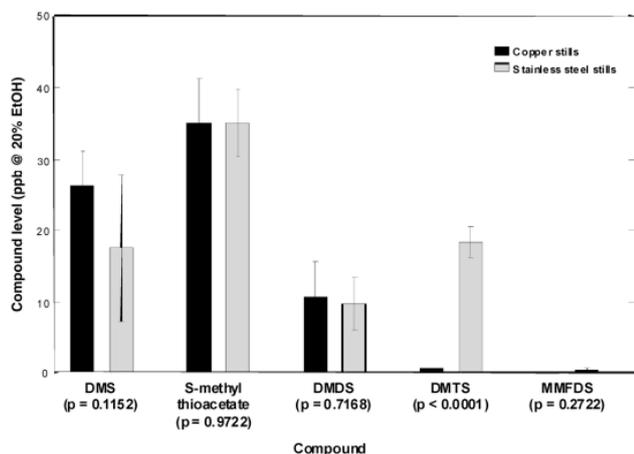
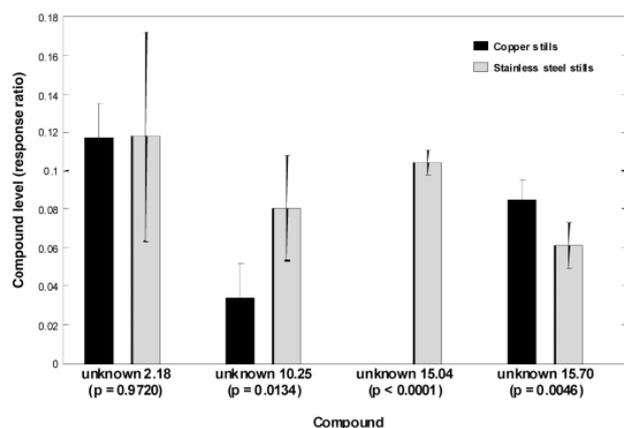


Рис. 2: Сенсорные профили для свежих спиртов, полученных из полностью медных (черная линия) и полностью стальных (серая линия) стиллов. * Показывает атрибуты, уровни которых значительно различаются в двух образцах (значения $p \leq 0.5$).



(a) Уровни известных соединений



(b) Уровни неизвестных соединений

Рис. 3: Уровни соединений в свежем спирте, полученном из полностью медных и полностью стальных стиллов

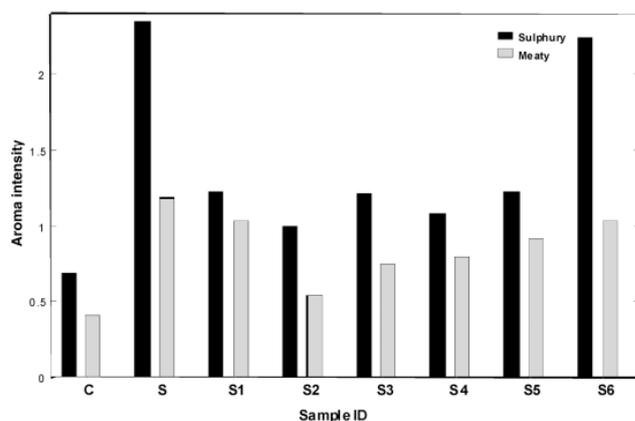


Рис. 4: Средние сенсорные оценки для серных ($p < 0.0001$) и мясистых ($p < 0.0001$) запахов в свежем спирте

показать, какие, если какие-то вообще, медные детали стилла имеют наибольшее влияние на уровни серных соединений в свежем спирте. Здесь учитывались только те соединения, уровень которых в свежем спирте из полностью стальных стиллов был значительно выше, чем в свежем спирте из полностью медных стиллов, так как именно эти соединения скорее всего влияли на появление серного и мясистого запахов (Рис. 5).

Присутствие меди в любой части стиллов понизило уровень ДМТС в свежем спирте (Рис. 5а). Однако, было обнаружено, что положение меди в стиллах имеет большое влияние на способность меди уменьшать уровни ДМТС в свежем спирте и ни одна отдельная секция не смогла повторить результаты полностью медных стиллов. Были обнаружены противоположенные тренды для стиллов для браги и спирта. В случае стилла для браги, котел (S1) оказался самым неэффективным в уменьшении уровня ДМТС, в то время как конденсатор оказался самым эффективным. В стилле

для спирта, котел (S4) оказался самым эффективным, а конденсатор (S6) - самым неэффективным. Таким образом, самые эффективные части для уменьшения уровня ДМТС оказались конденсатор стилла для браги и котел стилла для спирта (S3 и S4).

Для неизвестного элемента 15.04 был обнаружен такой же характер поведения, что и у ДМТС (Рис. 5b). Опять самыми эффективными частями в уменьшении уровня этого элемента оказались конденсатор стилла для браги и котел стилла для спирта (S3 и S4). Причина того, что уровни ДМТС и неизвестного элемента 15.04 эффективнее всего уменьшаются именно этими секциями, может быть как-то связана с тем фактом, что именно в этих частях выше всего коррозия меди в промышленных стиллах. Таким образом, кажется что либо реакции серных соединений и меди особенно часты в этих местах, вызывая ускорение коррозии, либо медь, коррозированная иными механизмами, более активна в удалении серных соединений. Ранее было показано, что окисление серных соединений было важным фактором при удалении серных соединений медью в процессе дистилляции. Поэтому вероятно, что условия в этих частях стилла делают их особенно восприимчивыми с коррозии кислотой, что в свою очередь улучшает их способность по удалению серных соединений. При первом использовании лабораторных медных стиллов был получен свежий спирт с достаточно серным и мясистым запахом. Потребовались несколько повторных дистилляций до начала эксперимента для уменьшения уровня этого аромата, что предполагает необходимость некоторой коррозии меди для её активации. Тем не менее, реальный механизм избавления от серных соединений еще только предстоит выяснить.

Неизвестный элемент 10.25 не проявил такой же характер поведения, как два других соединения (Рис. 5c). Здесь разница между уровнями соединения после полностью стальных и полностью медных стиллов была достаточно мала. Наличие меди в какой-либо секции не уменьшило уровень этого соединения по сравнению со стальными стиллами и, не считая слегка повысившегося уровня в случае S3, уровень этого соединения был примерно одинаков для любого положения меди. Это говорит о том, что на уменьшение уровня этого элемента повлияла общая площадь меди, а не конкретное её положение.

3.3 Зависимость между сенсорными данными и данными о серных соединениях

Для того, чтобы определить насколько хорошо данные о серных соединениях могут объяснить сенсорные данные, были построены корреляционные коэффициенты между серными и мясистыми ароматами и аналитическими данными для ДМТС, неизвестного элемента 10.25 и неизвестного элемента 15.04 (Таблица 2).

ДМТС и неизвестный элемент 15.04 показали сильную положительную корреляцию с серным запахом, и,

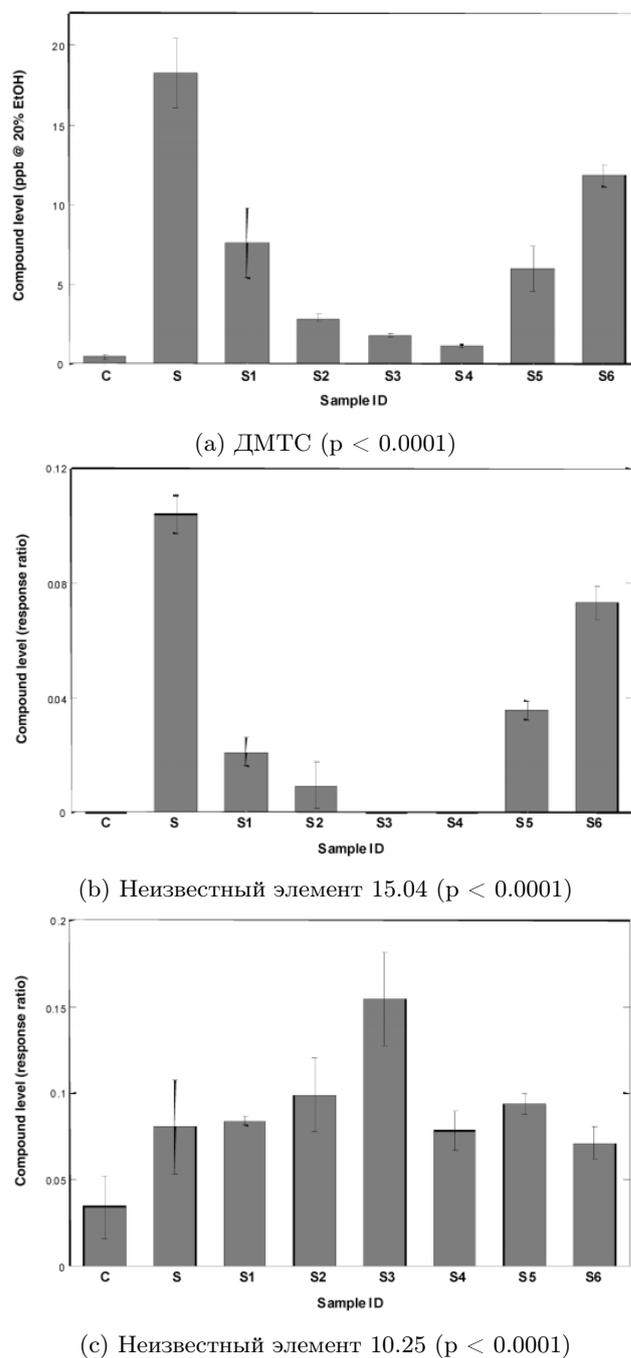


Рис. 5: Уровни серных соединений в свежих спиртах

Таблица 2: Корреляция между сенсорными данными и данными по серным соединениям (корреляционные коэффициенты посчитаны с помощью данных для спиртов C, S, и S1-6).

Соединение	Серный	Мясистый
ДМТС	0.93	0.84
Неизв. 10.25	0.02	0.13
Неизв. 15.04	0.94	0.78

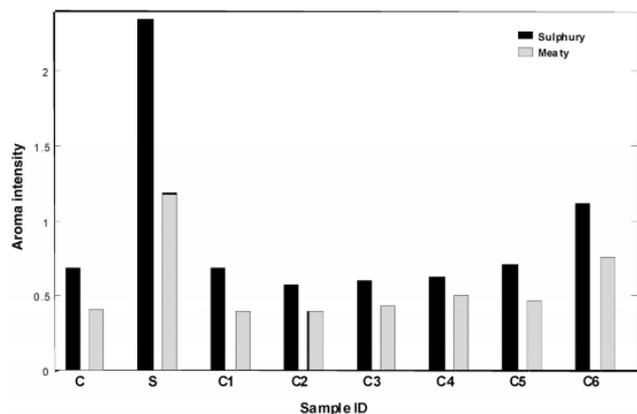
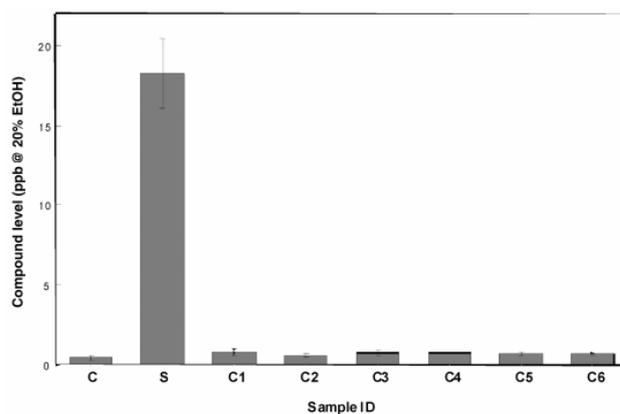


Рис. 6: Средние сенсорные оценки для серных ($p < 0.0001$) и мясистых ($p < 0.0001$) запахов в свежем спирте

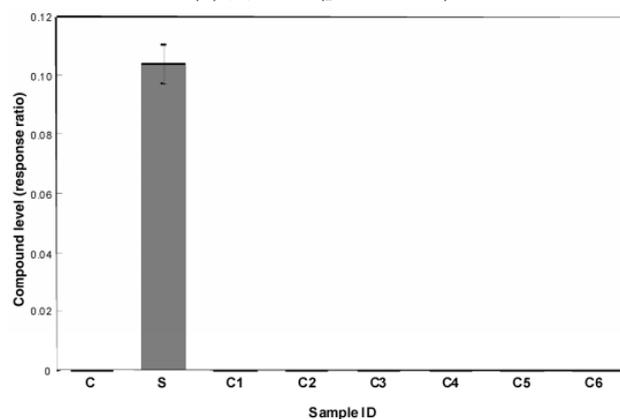
в меньшей степени, с мясистым. Это говорит о том, что эти соединения скорее всего имели большое влияние на эти запахи. Неизвестный элемент 10.25 не показал корреляции ни с серным, ни с мясистым ароматом, что говорит о том, что он, скорее всего, не имел большого влияния на эти запахи. Тот факт, что ДМТС и неизвестный элемент 15.04 были найдены в высоком содержании в свежем спирте из полностью стальных стиллов и стальных стиллов с медным конденсатором стилла для спирта (S6) может помочь объяснить почему эти свежие спирты имели высокий уровень серного и мясистого ароматов. Свежие спирты из S1-S5 показали уровень ДМТС выше, чем полностью медные стиллы, но ниже, чем S6 и полностью стальные стиллы. Это до некоторой степени коррелирует с уровнями серного и мясистого ароматов у этих свежих спиртов, которые так же находятся между двумя крайностями.

3.4 Конденсатор стилла для спирта

Было обнаружено, что ДМТС и неизвестный элемент 15.04 в целом показывают хорошую корреляцию с серным и мясистым запахами. Высокие уровни этих соединений и высокие уровни этих ароматов в свежем спирте из стальных стиллов с медным конденсатором стилла для спирта (S6) могло говорить о том, что медь в этой секции была сравнительно неважна для контроля серных соединений и, как следствие, серного и мясистого ароматов. Однако замена меди в конденсаторе стилла для спирта на сталь в медных стиллах вызва-



(a) ДМТС ($p < 0.0001$)



(b) Неизвестный элемент 15.04 ($p < 0.0001$)

Рис. 7: Уровни серных соединений в свежих спиртах

ла увеличение уровней серного и мясистого ароматов по сравнению как с полностью медными стиллами (C), так и со всеми остальными секциями, по одной замененными на сталь (C1-C5) (Рис. 6)

Это произошло несмотря на то, что уровень ДМТС или неизвестного элемента 15.04 не был значительно выше в свежем спирте из С6 (Рис. 7). Похоже, что медь в конденсаторе стилла для спирта контролирует серные и мясистые ароматы каким-то дополнительным способом, помимо прямого уменьшения количества серных соединений и этот дополнительный способ эффективен только тогда, когда медь в предыдущих частях стиллов уже уменьшила уровни серных соединений.

Тот факт, что замена меди на сталь в каждой из секций 1-6 имело незначительное влияние на уровни серных соединений и, не считая случая С6, на уровни серных и мясистых ароматов, говорит о том, что одна их секций может быть заменена в промышленных стиллах с незначительным влиянием на аромат свежего спирта. Однако меньше отношение площади поверхности к объему в промышленных стиллах означает, что контакт с медью в них и так меньше, чем в лабораторных стиллах, поэтому замена одной части на сталь скорее всего будет иметь больший эффект, чем в лабораторных стиллах.

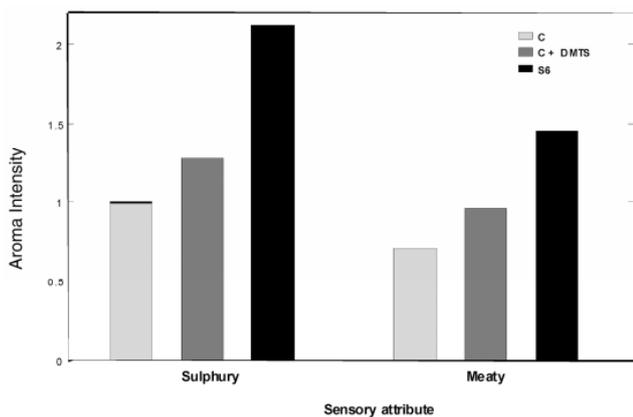


Рис. 8: Серные и мясистые запахи в свежих спиртах с добавлением и без добавления ДМТС

3.5 Влияние ДМТС на аромат

В целом, уровни ДМТС и неизвестного элемента 15.04 хорошо коррелировали с серным и мясистым запахами. Таким образом, представляло интерес выяснить, насколько эти соединения влияют на эти ароматы. Для этого в свежий спирт с низким уровнем серного и мясистого ароматов (С) был добавлен ДМТС для увеличения уровня содержания этого соединения до такого же уровня, как в другом свежем спирте с высоким уровнем серного и мясистого ароматов (S6). Очевидно, невозможно было проделать такой же эксперимент для неизвестного соединения 15.04, так как пока неизвестно, что же это за элемент. Вместо S был использован S6 для того, чтобы учесть возможное влияние контакта с медью в конденсаторе стилла для спирта. Свежие спирты с добавлением и без добавления ДМТС были затем оценены на уровни серного и мясистого ароматов и результаты показаны на Рис. 8.

Из Рис. 8 видно, что добавление ДМТС в свежий спирт С действительно увеличило уровни серного и мясистого ароматов. Однако, учитывая то, что в случае S6 все еще наблюдались более высокие уровни для обоих ароматов, чем в С с добавленным ДМТС, можно сказать, что явно присутствовал какой-то еще источник, который сделал вклад в серный и мясистый ароматы. Суть этого источника пока неясна, но кажется, что присутствуют другие активные соединения, которые так же подвержены влиянию со стороны меди в процессе дистилляции. Хотя и было продемонстрировано, что ДМТС является неплохим маркером для серного и мясистого ароматов, идентификация других соединений, влияющих на аромат, еще улучшит возможность управления и контроля серных и мясистых ароматов в свежем спирте. Неизвестный элемент 15.04 кажется хорошим кандидатом на такое соединение, учитывая его корреляцию как с ДМТС, так и с целевыми ароматами.

4 Выводы

Было подтверждено, что присутствие меди в стиллах действительно важно для контроля серных и мясистых ароматов в свежих спиртах, а ДМТС показало хорошую корреляцию с этими ароматами. В лабораторных условиях, медь лучше всего уменьшала уровни этого соединения в конденсаторе стилла для браги и котле стилла для спирта. Для улучшения качества контроля этого соединения, требуется уточнить причины, по которым именно эти части лучше всего уменьшают его уровень. Медь в конденсаторе стилла для спирта так же играла роль в уровнях серного и мясистого ароматов, но механизм этого эффекта пока неясен. Эти результаты говорят о том, что замена меди в этих секциях промышленных стиллов наиболее вероятно будет иметь большое влияние на аромат свежего спирта. Помимо прочего, было отмечено, что хотя уровень ДМТС и является важным фактором в уровнях серного и мясистого запахов, существуют другие, пока неизвестные соединения, которые так же значительно влияют на них и дальнейшим исследованиям стоит сконцентрироваться на определении таких соединений.