

Сенсорный и химический анализ

‘Шотландский виски "Маккинли" от Шеклтона

Джеймс Прайд^{1,*}, Джон Коннер², Фрэнсис Джек², Марк Ланкастер¹, Лиззи Мик³, Крейг Оуэн², Ричард Патерсон¹, Гордон Стил², Фиона Стрейндж¹ и Джеки Вудс¹

В январе три ящика редкого высокогорного солодового виски Mackinlay's были извлечены изо льда под

хижиной базового лагеря сэра Эрнеста Шеклтона во время экспедиции 1907 года на мысе Ройдс в Антарктиде

2010. Большинство бутылок были в первозданном состоянии.-

консервация и три были возвращены в Шотландию в январе 2011 года для

первого сенсорного и органолептического анализа шотландского солодового

виски, дистиллированного в конце 1890-х годов. Сенсорный анализ и

характеристики более высокого содержания алкоголя и сопутствующих веществ при созревании описывают

слегка очищенный солодовый виски, выдержанный в бочках из американского белого дуба

для хереса или вина. Анализ соединений, связанных с процессом, в

сочетании с комбинированной газовой хроматографией (ГХ), масс-

спектрометрией и ГХ-ольфактометрией компонентов, связанных с ферментацией

, показывают отчетливый ‘современный’ стиль солодового виски.

В то время как шотландский солодовый виски в конце 19 века

обычно считался сильно перегнанным и резким по характеру,

Дистилляторы Charles Mackinlay & Co. производили солодовый

виски с совершенно более утонченным характером в своем Глене

Винокурня Mhor близ Инвернесса. Сенсорный и химический

анализ этого уникального артефакта производства виски значительно меняет наше

представление о качестве и характере шотландского солодового виски

, произведенного нашими предками-дистилляторами.

Ключевые слова: Антарктида, GC, GC-MS, Глен Мор, ВЭЖХ,

ольфактометрия, качественный описательный анализ, виски.

вступление

В марте 1909 года британская

антарктическая экспедиция сэра Эрнеста Шеклтона отбыла с мыса Ройдс в Антарктиде , оставив в хижине своего базового лагеря оборудование и припасы, в том числе ящики с "Редким старым хайлендским солодом Маккинли".

Виски"26. В 2006 году Фонд Антарктического наследия обнаружил три из этих случаев, погребенных во льду под полом хижины 17. В 2010 году бутылки с виски были извлечены из Антарктиды и разморожены, что дало нам

уникальная возможность применить современные сенсорные и химико-аналитические методы для определения вкуса и состав продукта, произведенного более ста лет назад. В отличие от других исторических образцов виски, уникальное низкотемпературное хранение солодового виски 'Shackleton's' Mackinlay , как впоследствии было показано, минимизировало потерю летучих компонентов, ключевых для вкусового профиля. Исторические записи показывают, что Mackinlay's производили свой солодовый виски на винокурне Glen Mhor в Инвернессе10, описывая его как "достаточно легкий и бесшумный для употребления в виде отдельного виски"13. Винокурня открылась в 1892 году, и поэтому выдержанный виски Mackinlay был новым для рынок, когда сэр Эрнест Шеклтон заказал 25 ящиков этого напитка для экспедиции 1907 года26. Документальные свидетельства показывают, что винокурня Glen Mhor имела современную инфраструктуру10 , брала воду из озера Лох-Несс и использовала в основном местный ячмень, который солодился на месте, а затем высушивался с помощью оркнейского торфа10, доставляемого в Инвернесс с острова Эдей23.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Описание артефакта

Три бутылки виски Mackinlay's, АНТ 7023.3,

АНТ 7023.12 и АНТ 7023.11 были извлечены из

Антарктический лед, размороженный и затем выдержанный при температуре 0-4 ° C во время транспортировки-

портвейн из Новой Зеландии в лабораторию винокурни Invergordon компании Whyte & Mackay. Бутылки были завернуты в папиросную бумагу и соломинку, затем 12 бутылок были упакованы в деревянные ящики, которые остались нетронутыми во льду Антарктиде уже более 100 лет. На рисунке 1 показаны зеленые стеклянные бутылки конической формы, все еще завернутые в папиросную бумагу, с закругленными горлышками и горлышками с углублением у основания: на стекле не было отличительных знаков производителя.

Укупорка была пробковой с капсулой из фольги, окрашенной в кремовый цвет с красной полосой у основания и проштампованной сверху 'МАККИНЛЕЙС: ЛЕЙТ: ЛИКЕР' черного цвета. Две этикетки ра-
per: на одной на горлышке написано Rare Old; Хайлендский солод Виски; Купажированный и бутилированный; БРИТАНСКАЯ АНТАРКТИКА ГОД ВЫПУСКА: 1907; КОРАБЛЬ "ЭНДЬЮРАНС". Другая этикетка на корпусе гласит: РЕДКИЙ СТАРЫЙ ХАЙЛЕНДСКИЙ СОЛОД ВИСКИ: КУПАЖИРОВАН И РАЗЛИТ ПО БУТЫЛКАМ: CHAS MASKINLAY & Co; Блендеры и дистилляторы: ЛЕЙТ & ИНВЕРНЕСС. На круглом штампе красного цвета написано "ML", а под ним - Es-
tabd 1820. Фотография пустого

Бутылка виски Maskinlay без крышки из папиросной бумаги с полной этикеткой была опубликована после более ранняя находка в хижине Шеклтона в 1957 году²⁶.

Восстановление образца

Виски был отобран в микробиологическом классе II

Проточный шкаф (Microflow, Хэмпшир, Великобритания) для поддержания стерильности содержимого флакона и образцов. Все

оборудование либо подвергали автоклавированию при 121°C в течение 20 мин, стерилизовали УФ-облучением, либо промывали в 70%-ном этаноле. Чтобы не повредить пробковую крышку и упаковку этих

исторических артефактов виски, используйте иглу из нержавеющей стали (шприц 316 л 6 дюймов, размер 18-го калибра Luer-lock, компания Sigma-Aldrich Ltd, Дорсет, Великобритания) был пропущен через пробку рядом с

горлышко бутылки. Пробку сняли с иглы тонкой проволокой. Как только игла проникла во флакон, тонкая игла для биопсии была вставлена рядом с иглой для отбора проб, чтобы пропускать воздух во флакон во время удаления жидкости в стеклянный шприц объемом 100 мл (S.G.E. 100 MR-LL-Шприц GT, Supelco, Бельфонте, Пенсильвания, США). Образцы были разлиты по стерильным стеклянным флаконам объемом 60 мл для хранения при температуре 0-4°C.

Микробиология

Для микробиологического анализа 50 мл виски фильтровали через мембранный фильтр 0,45 мкм (GN-6-MET-RICEL® Pall Life Sciences, Хэмпшир, Великобритания) и incubated на пластинчатом графитовом агаре (Merck, Дармштадт, Германия) и анаэробный агар Уилкинса Чалгрена (Sigma-Aldrich, Великобритания) при температуре 30°C.

Анализ точки замерзания

50 мл образца АНТ 7023.3 помещали в морозильную камеру, установленную при температуре -80°C, перемешивали магнитным стержнем и дистанционно регистрировали температуру, измеренную с помощью термодатчика, каждые 30 секунд. Температура замерзания была рассчитана путем экстраполяции линии изменения фазы, представляющей переход от жидкого состояния к твердому, чтобы определить истинную температуру замерзания для этой сложной смеси растворенных веществ в воде.

Анализ духа

Крепость алкоголя измерялась на приборе Anton Paar, Плотномер DMA 5000 (Anton Paar Ltd, Хартфордшир, Великобритания) и спиртовой анализ (цвет, коэффициент пропускания, pH и кислотность) проводили с использованием ранее описанного methods 1–4.

Два образца (АНТ 7023.3 и АНТ 7023.12) были отправлены на радиоуглеродный анализ Оксфордским радиоуглеродным Блок ускорителя. Этот метод датирования используется для выявления

мошеннических заявлений, касающихся более старого виски 15.

Анализ основных летучих соединений (GC-

определение ионизации пламенем, GC-FID), этиловых эфиров (GC-

FID), фенолы (высокоэффективная жидкостная хроматография,

ВЭЖХ), конгенеры, связанные с созреванием (ВЭЖХ), катионы,

анионы и сахара (полностью ионная хроматография), этилкарбамат

и другие конгенеры (GC-масс-спектрометрия, GC-

MS) все были проведены в Scotch Whisky Research

Института (SWRI) с использованием внутренне одобренных и

документированных методов.

Анализ на металлы (масс-спектрометрия плазмы с ионной

связью, ICP-MS) и N-нитрозодиметиламин (NDMA)

(GC-анализ тепловой энергии) проводился одобренными

лабораториями, а именно Edinburgh Scientific Services (Эдинбург,

Великобритания) и Campden BRI (Глостершир, Великобритания)

соответственно, используя внутренне одобренные и документированные

методы.

Сенсорный анализ

Количественный описательный анализ²⁵ был использован для определения

вкусовых характеристик образцов виски. Для

оценки образцов использовался фиксированный словарный запас. Характеристики,

выбранные из whisky flavour wheel¹² от SWRI, были

следующими: острый, торфяной, сернистый, пряный, злаковый, зеленый/

травянистый, цветочный, свежий, с сухофруктами, терпкий, сладкий, древесный,

пряный, маслянистый, мыльный, кислый, с чирканьем спички и несвежий. Этот vo-

cabulary включал в себя не только желаемые вкусы, но и

необычные ароматы, которые иногда можно встретить во время

Производство шотландского виски. Образцы были разбавлены 1:2

с водой перед оценкой 15 членами

экспертной сенсорной группы SWRI. Вкусы оценивались по шкале

0-3, а средние баллы рассчитывались по всей панели.

Группе также была предоставлена возможность добавить любые необычные характеристики, которые, хотя и не типичны для современного шотландского виски, возможно, присутствовали изначально или развились с течением времени.

Газовая хроматография-ольфактометрия

Образцы виски (3 мл) разбавляли 3 мл

воды сверхвысокого качества и пропускали через

предварительно настроенную колонку для твердофазной экстракции Strata-X (Phenomenex, Макклсфилд, Великобритания). Адсорбированные компоненты

элюировали 1 мл дихлорметана, выпаривали до получения

конечного объема 0,25 мл. GC-ольфактометрия использовала

Газовый хроматограф Agilent 6890 (Agilent Technologies

Великобритания, Эдинбург) с разделением сточных вод колонки между

портом для определения запаха ATAS (ATAS GL International B.V.,

Эйндховен, Нидерланды) и масс-спектрометром Agilent 5973

в соотношении 1:4 в пользу носового порта. Два наблюдателя

оценили каждый из экстрактов и зафиксировали время,

описание и интенсивность запахов. Хроматографические

условия были следующими: Колонка 60 м × 0,32 мм (id)

DB-WAXETR, df = 0,25 мкм; программа духовки, 40°C для

1 мин, увеличивая температуру до 250°C при 7°C/мин, затем выдерживают в течение 10

мин; линия переноса, 250°C; масс-спектрометр, сканирующий

35-400 единиц атомной массы при 2 сканированиях в секунду. Запахи, зарегистрированные

только за один прогон, были дисконтированы, и были записаны среднее время,

описание и суммарная интенсивность для всех остальных ароматов

.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Сохранность бутылок виски 'Shackleton's' Mackinlay

(рис. 1) на первый взгляд примечательна, учитывая

экстремальные температуры, которым они подвергались бы

в Антарктиде. Поскольку на мысе Ройдс не было исторических записей температуры

были измерены как внутренняя температура хижины, так и внешняя температура Антарктики в течение 2010

года. Внутри хижины температура колебалась

между $3,3^{\circ}\text{C}$ летом и $-32,5^{\circ}\text{C}$

зимой (рис. 2), при этом внешняя минимальная температура

достигает $-42,1^{\circ}\text{C}$ во время антарктической зимы. Температура

замерзания виски была измерена как $-34,3 \pm 1,53^{\circ}\text{C}$

по изменению фазы при переходе виски из жидкого состояния в

твердое на кривой охлаждения. При температуре замерзания виски

образовывал кашицу и становился твердым только при температуре значительно ниже -40°C .

Такое поведение вкупе с расположением виски

под полом экспедиционной хижины, завернутого в солому

в деревянных ящиках, что обеспечило бы защиту от

большие колебания температуры могут объяснить отсутствие

повреждений стеклянных бутылок. Хранение во льдах Антарктики

и последующие методы консервации сохранили

внешнюю упаковку, и никаких внешних признаков утечки из

бутылок или каких-либо свидетельств микробного загрязнения

виски обнаружено не было. Вероятность производства виски

в период с 1801 по 1939 год была

оценена радиоуглеродным датированием¹⁵ в 95,4%, что подтверждает

историческое и физическое происхождение виски.

Анализ духа

Виски Mackinlay было янтарного цвета, и рис. 3

показывает как цвет, так и прозрачность первого образца,

извлеченного из бутылки АНТ 7023.3. Виски из

трех отобранных бутылок имел поглощающую способность при 430 нм

$0,72 \pm 0,03$ (все данные выражены в s.e.m., $n = 3$), с

Европейский стандарт пивоварения оттенок $16,8 \pm 0,41$ и был

прозрачным (коэффициент пропускания $82,0 \pm 1,2\%$ при 600 нм) без видимого

осадка (остаточные твердые вещества $0,145 \pm 0,005$ мг/л), несмотря

на то, что бутылки были упакованы с боков

, в результате чего виски соприкасался с пробкой во время хранения во льду.. Кажущаяся крепость алкоголя составила $47,19 \pm 0,10\%$ спирт по объему (abv)4 и с учетом сохранения целостности пробки и кажущегося прижатия пробки к стеклу, это может отражать фактическую крепость бутылки. На этикетке виски Mackinlay не было указания крепости алкоголя, поскольку обязательные требования к нему вступили в силу только в 1907 году. С рН, равным $4,3 \pm 0,01$, общая летучая кислотность (в виде уксусной кислоты) $65,4 \pm 0,6$ г/100 л АА и отсутствие видимой потери заполняемого объема жидкости ~700 мл, согласно этим первоначальным данным спиртового анализа. чтобы виски не испортился во время хранения во льду.

Сенсорный анализ

Вкусовые характеристики трех образцов показаны на рис. 4. Все три образца были схожи, демонстрируя баланс торфянистых, зрелых древесных, сладких, сухофруктовых и пряных ароматов. Содержание торфа не доминировало, в то время как вкусовые качества продукта соответствовали выдержке в бочках из-под хереса или вина. Низкое содержание как свежих фруктов, так и зелени/ присутствовали травянистые характеристики и незрелые ароматы, такие как терпкий и сернистый. Без посторонних нот, виски не проявлял никаких ароматов, которых нет в современном виски. Основные летучие соединения и сложные эфиры Высшие спирты, а именно н-пропанол, изобутанол и 2-метил-1-

бутанолах

по

GC4 и их концентрации приведены в таблице I. Этот анализ позволил получить "отпечаток пальца" виски, который

соответствовал ожидаемому в настоящее время более высокому содержанию алкоголя в Шотландский солодовый виски 2,14,20. В частности, суммарные концентрации амиловых спиртов ($110,3 \pm 1,3$ г/100 л АА), указывающий на дистилляцию в бутылках, поместил этот виски в нижнюю часть диапазона для этих сортов, измеренных в исследованиях шотландского солодового виски, о которых сообщалось ранее 2,14,20. Фурфурол (таблица I), еще один показатель дистилляции в бутылках², имел концентрацию $2,9 \pm 0,0$ г/100 л АА, что близко к средней концентрации фурфурола, указанной для производимого в настоящее время солодового виски, в то время как солодовый виски, смешанный с зерновым виски, как сообщается, имеет значительно более низкую концентрацию. Концентрация фурфурола², 18. Данные по основным летучим компонентам свидетельствуют о том, что "Маккинли" был солодовым виски, а не смешанным с зерновым виски.

При низких температурах этиловые эфиры с длинной цепью, содержащиеся в солодовом виски, могут выпадать в осадок и образовывать дымку, которая затуманивает жидкость. Для предотвращения образования помутнения в бутылках с виски в 1960-х годах была введена холодная фильтрация³, поэтому было удивительно, что помутнение не было обнаружено в Виски Mackinlay после многолетней выдержки при низкой температуре. Однако выбор в пользу высокой крепости при розливе

($47,19\% \pm 0,10\%$ abv) вместе с низкими концентрациями этиловых эфиров лауриновой, пальмитиновой и пальмитолеиновой кислот (этилдодеканоат, гексадеканоат и 9-гексадеканоат)

(Таблица II), которая составила $12,3 \pm 1,3$ мг/л, подвергает виски лишь очень незначительному риску выпадения слабых осадков³.

Фенолы и торфяная композиция

Фенольные соединения, используемые для определения рабочих уровней в шотландском виски, приведены в таблице III. Концентрация общего количества фенолов в виски Mackinlay была

3,48 ± 0,18 мг/л - количество, содержащееся в производимом в настоящее время виски со слабым осадком³⁰, что подтверждает наши сенсорные выводы. Анализ торфа с использованием пиролиза в точке Кюри в сочетании с газовой хроматографией-масс-спектрометрией (GC-MS), проведенный в ряде мест по всей Шотландии (Айлей, Оркни, Сент-Фергюс и Томинтул), установил, что эти торфы отличаются химическим составом¹¹. Сжигание торфа придает солодовому ячменю особые вкусовые качества во время обжига, и они передаются солодовому спирту нового производства о дистилляции. Чтобы определить источник торфа, используемого при производстве виски Mackinlay, концентрации фенолов, полученных из торфа, были сопоставлены с использованием анализа основных компонентов (рис. 5) с образцами как спирта новой марки, так и выдержанного шотландского солодового виски, торфяное происхождение которого известно, как влияние созревания на сородичи, полученные из торфа, до конца не изучено¹¹. На рисунке 5 показано, что виски Mackinlay очень похож на виски, производимый в настоящее время с использованием оркнейского торфа, что подтверждает исторические записи о том, что торф был получен с острова Эдей.

Конгенеры, связанные с созреванием, и другие соединения, полученные из бочек Когда профиль продуктов распада сирингил- и гваяцил-лигнина при созревании в бочках из Виски Mackinlay (таблица IV) сравнивали с данными по текущим образцам выдержанного шотландского солодового виски, они соответствовали выдержке в дубовых бочках в течение как минимум 5 лет, но, скорее всего, ближе к 10 годам². Концентрация скополетина, в частности (1,5 г/1000 л АА), взятые вместе с соответствующими

концентрациями дубильных веществ эллаговой и галловой кислот, являются типичными из американского дуба (*Quercus alba*), а не из европейского дуба (*Quercus petraea* или *Quercus robur*)^{7,21}. Анализ виски Mackinlay с использованием GC в сочетании с масс-спектрометрией (GC-MS) также показал, что бочки были изготовлены из американского дуба. Соотношение цис- и транс-лактонов ("лактоны виски") было больше 8:1, и это

Рис. 5. Анализ основных компонентов (PCA) компонентов, полученных из торфа, в торфяном виски и спирте нового производства.

Таблица III. Концентрация летучих фенолов.

Фенолы, мг/л при прочности образца

Фенол $1,03 \pm 0,02$

Гваякол $0,45 \pm 0,06$

м/р-Крезол $0,58 \pm 0,02$

о-Крезол $0,58 \pm 0,03$

4-метилгваякол $0,23 \pm 0,02$

4-этилфенол $0,55 \pm 0,05$

4-Этилгваякол $0,10 \pm 0,00$

Таблица IV. Концентрация конгенов созревания.

Сородичи, г/1000 л (абсолютный спирт)

Галловая кислота $10,6 \pm 0,3$

Эллаговая кислота $16,7 \pm 0,6$

Хвойный альдегид $2,3 \pm 0,1$

Ванилин $4,7 \pm 0,1$

Ванилиновая кислота $2,2 \pm 0,1$

Синальдегид $1,6 \pm 0,1$

Сирингальдегид $9,6 \pm 0,3$

Сирингиновая кислота $3,6 \pm 0,1$

Скополетин $1,5 \pm 0,0$

5-HMF $20,4 \pm 0,1$

также высказывалось предположение, что виски Mackinlay был выдержан в бочках из американского дуба^{28,29}. В бочках из-под вина или хереса "первого заполнения"

, используемых для созревания виски

, концентрация глюкозы и фруктозы в выдержанном виски значительно выше, чем в бочках из-под других сортов. Концентрации глюкозы и фруктозы, измеренные методом ионной хроматографии для виски Mackinlay (таблица V), соответствовали использованию бочек "первого заполнения"¹⁹. Тирозол, входящий в состав неразбавленных напитков, таких как херес или вино¹⁸, также был идентифицирован методом ВЭЖХ (таблица VI), и его концентрация составила $0,7 \pm 0,0$ мг/л было сопоставимо со средней концентрацией, измеренной на уровне около 1,0 мг/л для шотландского солодового виски, выдержанного в бочках из-под хереса "первой заливки" (личное сообщение SWRI). Концентрация калия (Таблица VI) был эквивалентен содержащему в бочках из-под хереса или вина первого заполнения, а не в бочках из-под хереса или бурбона второго заполнения, которые не были широко распространены до 1930-е годы. Этот анализ, который связывает ряд соединений со сроком созревания, типом бочки и предыдущим использованием бочки, указывает на то, что Mackinlay new производит спирт выдерживался в бочках из-под хереса или вина из американского дуба первой заливки в течение более пяти лет. Сенсорный анализ подтверждает эту гипотезу: виски обладает древесными, сладкими, сухофруктовыми и пряными ароматами, обычно ассоциирующимися с выдержкой в бочках из-под хереса. Конгенер созревания 5-гидроксиметилфурфурол (5-HMF) присутствовал в количестве $20,4 \pm 0,1$ г/1000 л АА (таблица IV) и также используется в бочках из-под хереса для таких вин, как Амон-тилладо и Олоросо¹⁸. Следует, однако, отметить, что 5-HMF, а также являющийся компонентом термообработанных или поджаренные бочонки, также является компонентом жженого сахара и/или карамели. У нас нет оснований полагать, что янтарный оттенок

виски не был полностью получен из бочки, но нельзя исключать добавления жженого сахара или карамельного красителя для придания цвета виски при розливе, поскольку они были доступны в то время 16.

Газовая хроматография масс спектрометрия и ольфактометрический анализ

Для разделения виски на составные части использовали ГХ-МС в сочетании с ольфактометрическим анализом, что позволило провести комбинированный сенсорный и химический анализ²⁴ (таблица VII). Около

идентифицируя и сравнивая относительное содержание конгенеров, присутствующих на хроматограммах суммарных ионов, можно было бы сделать некоторые замечания о процессах ферментации и дистилляции. Суммарные ионные хроматограммы, полученные для образцов АНТ 7023.3 и АНТ 7023.12, были практически идентичны и показали лишь незначительные отклонения от того, что можно было бы ожидать от современных сортов виски. Обонятельный анализ выявил 77 ароматов, из которых 43 были предварительно идентифицированы по пикам на масс-ионной хроматограмме (таблица VII). Все ароматы, которые были идентифицированы, предварительно явно был обнаружен в шотландском виски, а время выдержки и описания ароматов, которые не удалось идентифицировать, типичны для ароматов, обнаруживаемых в производимом в настоящее время солодовом виски. Присутствие этиллактата и 2-пропена-1-ol (аллиловый спирт) указывает на то, что промывка была заражена молочнокислыми бактериями перед дистилляцией. Эта бактериальная нагрузка, которая процветала бы в конце дрожжевого брожения, вероятно, была внесена солодовым ячменем, использованием пивных дрожжей и внутривенной дистилляционной микрофлорой²⁷. Другие ароматы, обнаруженные с помощью ольфактометрия и связанный с ростом бактерий молочной кислоты запах несвежего растворителя этил-2-бутеноата и сладкий/

персики, сладкий аромат/персики/листья кориандра при времени выдержки 15,4, 38,71 и 39,41 мин соответственно; последние показатели и дескрипторы выдержки согласуются с опубликованными для γ - и δ -додекалактинов²⁸. Присутствие кислот с короткой цепью, характерных для финтов (бутановая, 2-метиловая и 3-метилбутановая кислоты), позволяет предположить, что переход от спирта к финтам во время дистилляции был произведен при более низкой крепости алкоголя, чем та, которая обычно используется при производстве негазированного спирта в настоящее время. Это более позднее сокращение до финтов увеличило интенсивность аромата зернового попкорна на 19,22 (2-ацетил-1-пирролин) и аромат земляных/заплесневелых листьев при 21,20 и 21,8, который у виски Maskinlay более интенсивный, чем у производимого в настоящее время виски 5. На 34,08, 34,74 и 35,60 были обнаружены ароматы дезинфектанта/скотного двора/ фенола, и это может быть связано с фенолами с высокой температурой кипения, которые обычно обнаруживаются только в более концентрированных экстрактах виски текущего производства.

Анализ, связанный с сырьем и технологическим процессом

Современное производство виски тщательно следит за сортами ячменя и обжигом солодового ячменя, чтобы свести к минимуму образование этилкарбамата и NDMA соответственно

6,22. Уровень этилкарбамата в образцах Maskinlay составил $36,3 \pm 1,9$ мкг/л, что соответствует низкому содержанию этого соединения в шотландском солодовом виски, производимом в настоящее время; средняя концентрация этилкарбамата в исследовании шотландского виски, проведенном Агентством по пищевым стандартам в 2006 год составил 29 мкг/л⁹. Учитывая, что уровень этилового предшественника карбамата, эпигетеродендрин, возможно, содержался относительно высоко в старых сортах ячменя, использовавшихся в конце 1900-х годов, низкая концентрация этилкарбамата, представленная здесь, свидетельствует о том, что дистилляция в медной промывке все еще тщательно контролировалась, чтобы предотвратить вспенивание

промывки и загрязнение медного спирта. NDMA образуется при обжиге солода с торфом, однако включение серосодержащего угля в это время для ускорения процесса сушки может быть отражено в низкой концентрации NDMA ($0,9 \pm 0,1$ мкг/л), обнаруженной в Виски Mackinlay; текущий уровень содержания шотландского солодового виски составляет $<0,5$ мкг/л⁸. Эти низкие концентрации являются чрезмерными - стоит отметить, что этот виски был произведен до того, как возникли опасения по поводу этого соединения и в 1980-х годах были внесены изменения, направленные на уменьшение образования NDMA в процессе пивоварения.

Анализ содержания катионов/анионов (таблица VI) и тяжелых металлов (таблица VIII) в виски не показал аномально высоких значений по сравнению с теми, которые содержатся в виски сегодня, что указывает на хорошее технологическое водоснабжение и отсутствие серьезных загрязнений во время производства на дистилляции Glen Mhor. Однако в одном флаконе АНТ 7023.12 наблюдается значительное изменение концентраций натрия и хлорида по сравнению с наблюдалось в двух других образцах (таблица VI), и также наблюдались различия в концентрации содержания ртути в разных бутылках (таблица VIII). Это загрязнение, возможно, было внесено при розливе, что отражает несоответствие консистенции моющего средства при промывке бутылок, а наличие остатков тяжелых металлов может быть отражением производства бутылок в то время.

выводы

Образцы из трех бутылок Mackinlay показали, что виски обладает относительно высокой крепостью алкоголя и низким содержанием этиловых эфиров, которые обычно способствуют помутнению образование. Следовательно, виски оставался прозрачным и ярким, несмотря на длительный период выдержки при низких температурах. Сенсорная оценка вместе с газовым GC-MS и

ольфактометрическим анализом описывают отчетливо 'современный' стиль солодового виски. Анализ основных летучих соединений, соединений, связанных с созреванием, фенолов и сахаров выявил очень сложный спирт с легким привкусом торфа, выдержанный в течение 5-10 лет в бочках из-под хереса из американского белого дуба "первой заливки". Уровни соединений, связанных с процессом, таких как этилкарбамат и NDMA и содержание металлов и катионов/анионов, соответствуют- соответствует тем, которые в настоящее время содержатся в солодовом виски, и дает нам представление о контролируемом производственном процессе. Представленные здесь результаты значительно меняют наше представление о качестве и характере шотландского солодового виски, произведенного более 100 лет назад. Солодовый виски этого периода обычно считался крепким, торфянистым и слишком "тяжелым" по вкусу для обычного употребления. Однако наш анализ описывает удивительно легкий, сложный виски с меньшим содержанием фенолов, чем ожидалось. Первый сезон для винокурни Glen Mhor пришелся на 1893-1894 годы, и поэтому ма- выдержанный солодовый виски, который они поставляли Маккинли, был относительно новым на рынке, когда Шеклтон заказал 25 ящиков этого виски для Антарктической экспедиции 1907 года. Поэтому мы в долгу перед сэром Эрнестом Шеклтоном не только за его несокрушимый дух мужества и решимости, но также и за то, что он непреднамеренно предоставил нам эту уникальную возможность открыть для себя, с помощью современных сенсорных и химико-аналитических методов, исторические таланты наших предков-дистилляторов.

признание

Эта работа была поддержана компанией Whyte & Mackay Ltd, Научно-исследовательский институт шотландского виски и Антарктическое наследие Доверяем и благодарим их директоров за разрешение на публикацию. Мы

благодарим D. K. Apps за комментарии к более ранней версии рукописи и V. Mallya за безопасную транспортировку артефактов виски из Новой Зеландии в Шотландию. Три бутылки виски, за вычетом виски, отобранного с помощью шприца для этой работы, будут возвращены Новой Зеландии и Антарктическому наследию. Впоследствии Фонд вернет артефакты в Антарктиду и поместит их обратно под пол хижины Шеклтона для демонстрации на плакатах.