

Анализ полициклических ароматических углеводородов в лососе с помощью сорбента для усовершенствованной очистки матрицы Enhanced Matrix Removal

Рекомендации по применению

Анализ пищевых продуктов и продуктов сельского хозяйства, экологический контроль

Авторы

Дерик Лукас (Derick Lucas) и Лаймиан Чжао (Limian Zhao)
Agilent Technologies, Inc.

Аннотация

Полициклические ароматические углеводороды (ПАУ) состоят из конденсированных бензольных кольцевых систем, которые устойчивы к деградации. Они могут попадать в водные организмы в результате накопления в окружающей среде или при приготовлении морепродуктов с использованием дыма. Анализ ПАУ в сложных матрицах пищевых продуктов с высоким содержанием жиров часто представляет проблему, поскольку параллельно экстрагируемая матрица затрудняет точный количественный анализ из-за появления помех и матричного эффекта, а также накопления матрицы в аналитическом тракте. Продукция для пробоподготовки Agilent Bond Elut QuEChERS Enhanced Matrix Removal—Lipid (EMR—Lipid) нового поколения используются в дисперсионной твердофазной экстракции (дТФЭ) для высокоселективной очистки матрицы без потери аналитов. В данной работе демонстрируется эффективность данной методики пробоподготовки для определения ПАУ в лососе. Описываемый метод позволяет получить отличную точность (84–115%) и прецизионность (СО [относительное стандартное отклонение] = 0,5–4,4%) для всех 15 соединений ПАУ при всех уровнях концентрации, обеспечивая быстрый, надежный и эффективный анализ проб с высоким содержанием жиров.

Введение

Полициклические ароматические углеводороды (ПАУ) представляют собой загрязняющие вещества, повсеместно распространенные в окружающей среде, и могут иметь петрогенное или пирогенное происхождение. Они состоят из атомов водорода и углерода, организованных в два или более конденсированных бензольных кольца, и могут иметь замещенные группы, присоединенные к одному или нескольким кольцам [1]. Беспокойство относительно ПАУ обусловлено их устойчивостью в окружающей среде и токсичным, мутагенным и канцерогенным воздействием некоторых из них на млекопитающих [2]. Загрязнение морепродуктов может происходить из-за накопления компонентов нефти в водных ресурсах или во время приготовления пищи, когда ПАУ попадают в пищу из дыма в виде побочных продуктов сгорания [3,4]. Поэтому крайне важно, чтобы химики-аналитики обладали надежными и эффективными методами обнаружения ПАУ при различных уровнях концентрации.



Agilent Technologies

Обнаружение ПАУ при низких уровнях концентрации может осуществляться с помощью ГХ-МС (газовой хроматографии — масс-спектрометрии) в сочетании с надежным и эффективным методом пробоподготовки. Общие протоколы пробоподготовки включают экстракцию по методу Сокслета [5], экстракцию с помощью ультразвука [6] и экстракцию растворителем под давлением [7]. Пробоподготовка может сочетаться с процедурами очистки, такими как твердофазная экстракция [8] или гель-проникающая хроматография [9]. Чтобы избежать применения трудоемких и дорогостоящих методик, были введены и успешно реализованы [12,13,14] протоколы, основанные на быстром, простом, эффективном, надежном и безопасном методе QuEChERS [10,11]. Пробоподготовка крайне важна для сложных проб пищевых продуктов, особенно богатых липидами, так как параллельно экстрагируемая матрица отрицательно влияет на анализ, накапливаясь в аналитическом тракте и создавая помехи и матричный эффект.

Agilent Bond Elut QuEChERS Enhanced Matrix Removal—Lipid (EMR—Lipid) — новый сорбент, который избирательно удаляет основные классы липидов из экстрактов проб без потери аналитов. Удаление разновидностей липидов особенно важно для методик, таких как QuEChERS, в которых параллельно экстрагируются большие количества матрицы с целевыми веществами. Для очистки проб с высоким содержанием жиров на этапе дисперсионной твердофазной экстракции (дТФЭ) традиционно используются сорбенты на основе С18 и ПВА (сорбенты с первично-вторичным амином). Однако эти сорбенты часто не обеспечивают надлежащей очистки проб и могут неселективно взаимодействовать с аналитами. В данной работе исследуется пробоподготовка и анализ на наличие 15 видов ПАУ в лососе с применением простого и эффективного процесса, который обеспечивает надлежащую чистоту благодаря EMR-Lipid, а также отличную точность и воспроизводимость результатов ГХ-МС.

Экспериментальная часть

Анализ выполняли на ГХ (газовом хроматографе) Agilent 7890 и МСД (масс-селективном детекторе) Agilent 5977, оснащенных универсальным многорежимным испарителем (ММИ), с автоматической системой ввода пробы Agilent 7693 и технологией капиллярных потоков для обратной продувки колонки. В таблице 1 приведены параметры приборов, а в таблице 2 — расходные компоненты и другое оборудование, использовавшиеся в этой работе.

Таблица 1. Параметры системы ГХ-МС Agilent, используемой для анализа ПАУ

ГХ:	Agilent 7890B
Автосамплер:	Автоматическая система ввода пробы Agilent 7693, шприц на 10,0 мкл (G4513-80220)
Объем ввода:	0,5 мкл
Газ-носитель:	гелий, постоянный поток
Газовый фильтр:	Фильтр для очистки газов в ГХ-МС, 1/8 дюйма [3,2 мм] (кат. № CP17974)
Испаритель:	универсальный многорежимный испаритель (ММИ), режим горячего ввода без деления потока, 320 °C
Продувка регулятора деления потока:	50 мл/мин в течение 0,75 мин
Скорость потока:	2,0 мл/мин
Программа термостата:	70 °C в течение 1 мин, затем нагрев со скоростью 25°C/мин до 195 °C с выдержкой 1,5 мин, затем нагрев со скоростью 7 °C/мин до 315 °C
Колонка:	Agilent J&W DB-5ms UI, 20 м Ч 0,18 мм, 0,18 мкм (кат. № 121-5522UI)
Рестриктор:	деактивированная кварцевая трубка, 0,65 м Ч 0,15 мм (кат. № 160-7625-5)
Обратная продувка по окончании:	5 мин при 315 °C, 4,8 бар (70 фунтов/кв. дюйм) во время обратной продувки
Дополнительное давление:	0,12 бар (2 фунта/кв. дюйм) во время анализа, 4,8 бар (70 фунтов/кв. дюйм) во время обратной продувки
МСД:	МСД Agilent 5977
Режим:	SIM
Температура в транспортной линии:	340 °C
Температура источника:	325 °C
Температура квадрупольного фильтра масс:	150 °C
Задержка для устранения эффектов растворителя:	3,5 мин

Таблица 2. Другие расходные компоненты и оборудование

Флаконы:	из темного стекла с верхней резьбой (кат. № 5190-7041)
Крышки для флаконов:	ПТФЭ, 9 мм, навинчивающаяся крышка (кат. № 5182-0717)
Вкладыши для флаконов:	стекло, 150 мкл, с полимерным основанием (кат. № 5183-2088)
Септа:	долговечная, антипригарная, 11 мм, 50 шт./уп (кат. № 5183-4761)
Обжимные втулки:	Vespel-графит, 85:15, внутр. диам. 0,4 мм (кат. № 5181-3323), гибкие металлические втулки UltiMetal Plus (кат. № G3188-27501)
Лайнер испарителя:	с одним сужением, без деления потока, Ultra Inert (кат. № 5190-7041)
Технология капиллярных потоков (CFT):	UltiMetal Plus Ultimate Union (кат. № G3186-60580), капиллярный фитинг CFT (кат. номер G2855-20530)
Bond Elut EMR—Lipid для дТФЭ:	1 г в пробирке емкостью 15 мл (кат. № 5982-1010)
Bond Elut Final Polish для Enhanced Matrix Removal—Lipid:	2 г в пробирке емкостью 15 мл (кат. № 5982-0101)

Geno/Grinder, Метухен, штат Нью-Джерси, США

Центрифуга Centra CL3R, Thermo IEC, штат Массачусетс, США

Микроцентрифуга Eppendorf, Brinkmann Instruments, Вестбери, штат Нью-Йорк, США

Вортексы для одной и нескольких пробирок, VWR, Раднон, штат Пенсильвания, США

Верхний дозатор флакона, VWR, Юг Плейнфилд, штат Нью-Джерси, США

Пипетки Eppendorf

Пробоподготовка

Лосось гомогенизировали и взвешенные образцы (5 г) помещали в центрифужные пробирки емкостью 50 мл, в которые при необходимости добавляли стандарты и изотопно-меченные внутренние стандарты. Добавляли ацетонитрил (ACN) (10 мл), и пробу перемешивали с помощью механической мешалки в течение двух минут. Пробирки центрифугировали с частотой вращения 5000 об/мин в течение пяти минут. Надосадочную жидкость (8 мл) переносили в центрифужную пробирку емкостью 15 мл, содержащую 1 г сорбента EMR—Lipid; содержимое сразу же встряхивали для равномерного распределения, а затем дополнительно перемешивали на вортексе в течение 60 секунд. Затем суспензию центрифугировали с частотой вращения 5000 об/мин в течение трех минут. Всю надосадочную жидкость сцеживали во вторую полированную пробирку емкостью 15 мл, содержащую 2,0 г солей (1:4 NaCl:MgSO₄); содержимое сразу же встряхивали для равномерного распределения, после чего центрифугировали с частотой вращения 5000 об/мин в течение трех минут. Верхний слой ацетонитрила (ACN) переносили во флаконы для проб и анализировали методом ГХ-МС (рис. 1).

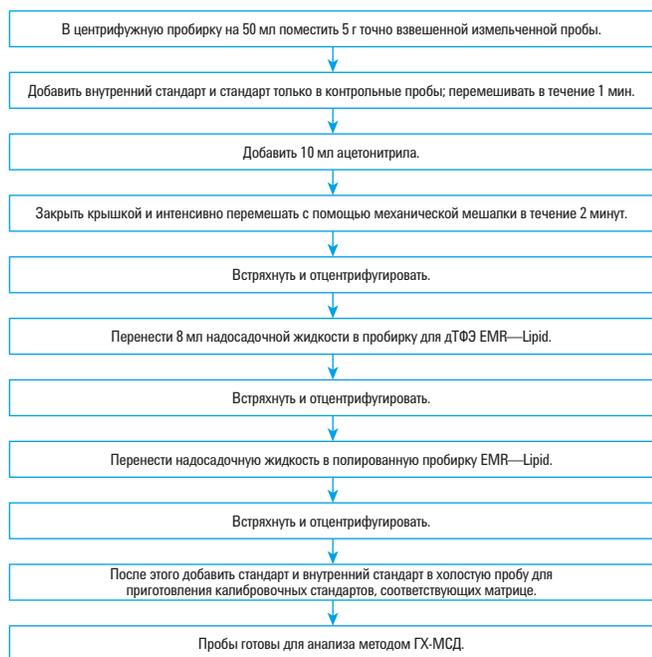


Рис. 1. Процесс подготовки проб ПАУ в лососе с использованием Agilent Bond Elut Enhanced Matrix Removal—Lipid перед анализом методом ГХ-МС

Реагенты и химические вещества

Все использовавшиеся реагенты и растворители имели степень чистоты для ВЭЖХ или выше. Ацетонитрил (ACN) приобретали в компании Honeywell (Маскигон, штат Мичиган, США), а воду фильтровали с помощью интегральной системы Milli-Q компании EMD Millipore (Дармштадт, Германия). Стандарты ПАУ и внутренние стандарты приобретали в компании Ultra-Scientific в виде растворов (Норт -Кингстаун, штат Род-Айленд, США). Базовые растворы готовили с концентрацией 100 мкг/мл в ацетоне и разбавляли во флаконах из темного стекла для получения рабочих стандартов.

Калибровочные кривые и количественный анализ

Соответствующие матрицам калибровочные кривые создавали в диапазоне калибровки, соответствующем 1, 10, 25, 50, 100, 250, 500 и 1000 нг/г. Полную процедуру пробоподготовки проходили холостые пробы лосося, а также 950 мкл холостого экстракта, 25 мкл рабочего раствора стандарта и 25 мкл базовых внутренних стандартов. Внутренние стандарты добавляли в лосось, а в последующем добавляли в калибровочные стандарты, соответствующие матрицам, с концентрацией 100 нг/г. Все калибровочные кривые отличаются исключительной линейностью, причем $R^2 > 0,999$ для всех соединений. Перед экстракцией (шесть повторов) в пробы лосося вводили добавки стандартов при уровнях концентрации 25, 100 и 500 нг/г. Для количественного определения целевых веществ использовали программное обеспечение Agilent MassHunter. Точность определяли путем вычисления откликов проб с добавками относительно внутренних стандартов. Абсолютную степень извлечения определяли путем измерения отклика аналита с добавками по калибровочной кривой без поправки на внутренний стандарт.

Результаты и обсуждение

ГХ 7890 и ГХ-МСД 5977 демонстрируют отличную производительность при анализе 15 видов ПАУ и пяти внутренних стандартов, обеспечивая воспроизводимые результаты наряду с высокой чувствительностью. На рис. 2 показано разделение, достигаемое для 15 видов ПАУ в колонке для ГХ Agilent DB-5ms UI с предварительно введенными в лосось добавками при уровне концентрации 25 нг/г. На хроматограмме продемонстрировано разделение по базовой линии всех 15 видов ПАУ, необходимое для точного интегрирования ПАУ-изомеров фенантрена, антрацена, бензо[а]антрацена, хризена, бензо[б]флуорантена и бензо[к]флуорантена. Некоторые незначительные помехи, присутствующие на хроматограмме, легко отделяются от пиков, представляющих интерес.

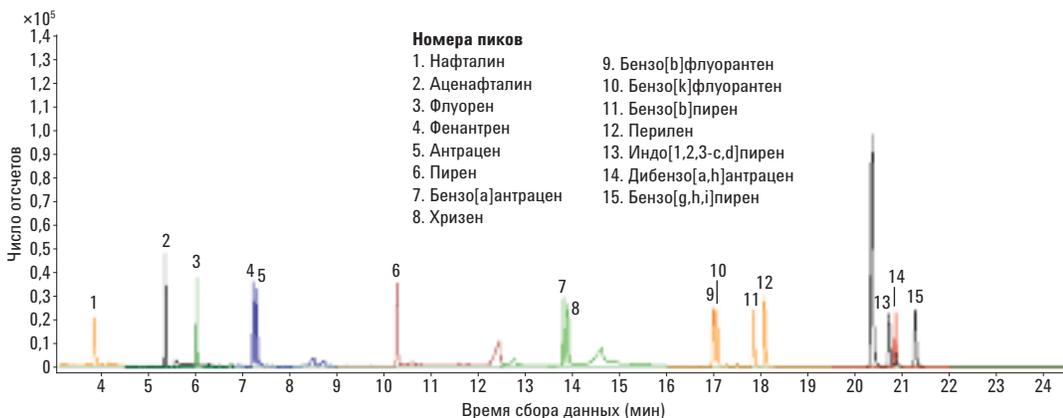


Рис. 2. Хроматограмма ГХ-МС (SIM) для 15 видов ПАУ в пробе лосося с предварительной добавкой 25 нг/г

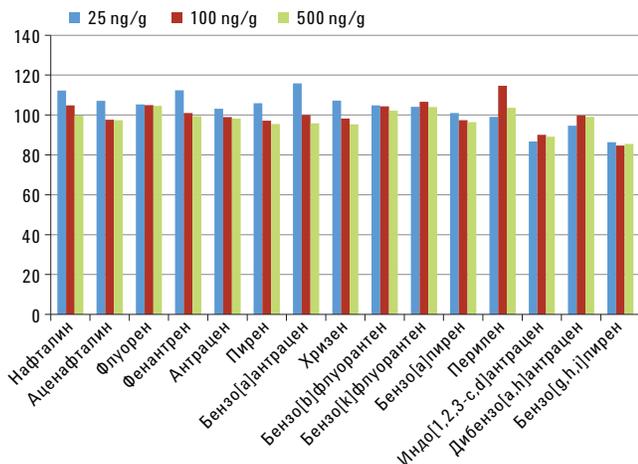


Рис. 3. Результаты по точности для 15 видов ПАУ в лососе при уровнях концентрации 25 нг/г, 100 нг/г и 500 нг/г

Высокой точности и воспроизводимости результатов удалось достичь при уровнях добавок 25, 100 и 500 нг/г путем использования оптимизированной процедуры с сорбентом EMR-Lipid. Из диаграммы на рис. 3 видно, что точность составляла 84–115% для всех аналитов и всех уровней концентрации, с поправкой на изотопно-меченные внутренние стандарты, при этом относительное стандартное отклонение (СО) изменялось от 0,5 до 4,4% (рис. 4). На рис. 5 данные по точности сгруппированы по диапазонам степени извлечения. Из диаграммы видно, что для большинства соединений степень извлечения составляет 90–120%, а для двух соединений — чуть ниже 90% (индо[1,2,3-сd]пирен и бензо[г,h,i]пирен).

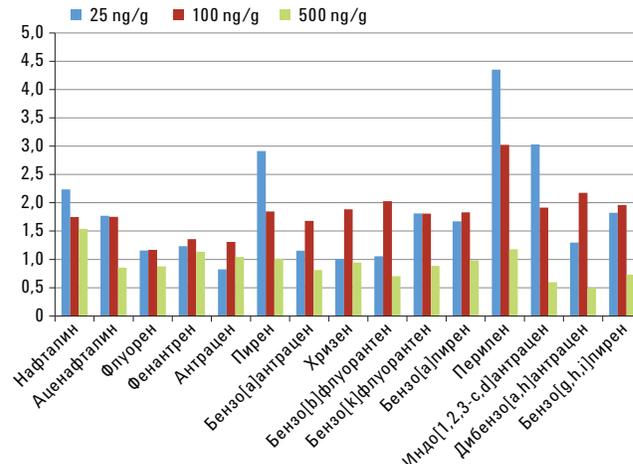


Рис. 4. Результаты по прецизионности для 15 видов ПАУ в лососе при уровнях концентрации 25 нг/г, 100 нг/г и 500 нг/г

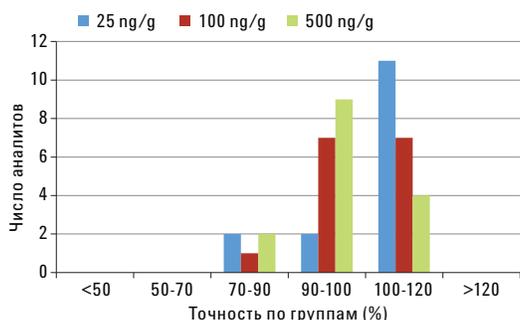


Рис. 5. Сгруппированные результаты по точности для ПАУ в лососе при уровнях концентрации 25 нг/г, 100 нг/г и 500 нг/г

Абсолютная степень извлечения составляла от 62 до 98% без использования внутренних стандартов (таблица 3). Два соединения, индо[1,2,3-сd]пирен и бензо[*g,h,i*]пирен дают степень извлечения чуть ниже 70%. С увеличением молекулярной массы абсолютные степени извлечения ПАУ уменьшаются из-за уменьшения растворимости в ацетонитриле (АСН). Однако большинство соединений имеют высокую степень извлечения, которая легко корректируется с помощью внутренних стандартов. Как показано в таблице 4, абсолютные значения степени извлечения внутренних стандартов также высоки. Несмотря на ограниченную растворимость в ацетонитриле (АСН) этот метод обеспечивает высокую или очень высокую степень извлечения и высокую воспроизводимость результатов в пробах лосося с высоким содержанием жиров.

Дисперсионная твердофазная экстракция с использованием сорбента EMR-Lipid

Лосось был выбран в качестве репрезентативной выборки благодаря высокому, по сравнению с другими морепродуктами, содержанию жиров. Оптимизированная процедура имеет некоторые отклонения от типового протокола QuEChERS, позволяющие оптимизировать процесс и воспользоваться преимуществами очистки методом дТФЭ с использованием сорбента EMR—Lipid. Сначала лосось экстрагируют непосредственно с помощью ацетонитрила без добавления воды или экстракционных солей QuEChERS. После центрифугирования надосадочная жидкость состоит из ацетонитрила и небольшого количества воды из пробы. Надосадочную жидкость переносят в пробирку EMR—Lipid для очистки матрицы методом дТФЭ. Наконец, надосадочную жидкость после дТФЭ переносят в полированную пробирку, содержащую 2,0 г NaCl/MgSO₄ (1:4) для стимуляции разделения фаз. После этого слой ацетонитрила переносят во флаконы для анализа.

Таблица 4. Абсолютная степень извлечения и прецизионность (относительное стандартное отклонение, %) для внутренних стандартов в лососе (n = 6)

Соединение	Добавка 100 нг/г	
	Извл.	ОСО, %
Нафталин-d8	87,8	1,0
Аценафталин-d10	93,3	0,8
Фенантрен-d10	94,9	0,8
Хризен-d12	87,1	1,0
Перилен-d12	86,4	3,1
Среднее значение	89,9	1,3

Таблица 3. Перечень ПАУ, использовавшихся в данном исследовании и соответствующие значения точности, абсолютной степени извлечения и относительного стандартного отклонения (ОСО) в лососе (n = 6)

Соединение	Добавка 25 нг/г			Добавка 100 нг/г			Добавка 500 нг/г		
	Точность	Извл.	ОСО, %	Точность	Извл.	ОСО, %	Точность	Извл.	ОСО, %
Нафталин	112,2	86,7	2,2	104,8	89,7	1,7	99,7	85,8	1,5
Аценафталин	107,1	90,1	1,8	97,6	89,9	1,8	97,3	90,6	0,9
Флуорен	105,3	94,6	1,2	105,0	94,2	1,2	104,6	96,2	0,9
Фенантрен	112,3	95,3	1,2	101,0	94,1	1,4	99,4	94,5	1,1
Антрацен	103,1	91,6	0,8	98,9	90,7	1,3	98,3	92,6	1,0
Пирен	105,8	97,6	2,9	97,1	88,9	1,8	95,4	89,7	1,0
Бензо[<i>a</i>]антрацен	115,8	91,2	1,2	100,1	84,7	1,7	95,8	85,7	0,8
Хризен	107,2	83,6	1,0	98,2	83,2	1,9	95,4	85,4	0,9
Бензо[<i>b</i>]флуорантен	104,8	78,3	1,1	104,3	76,1	2,0	102,2	79,2	0,7
Бензо[<i>k</i>]флуорантен	104,1	78,8	1,8	106,6	77,5	1,8	104,0	80,3	0,9
Бензо[<i>a</i>]пирен	101,0	74,2	1,7	97,4	71,8	1,8	96,4	74,8	1,0
Перилен	99,1	74,4	4,4	114,7	76,4	3,0	103,6	80,3	1,2
Индо[1,2,3-с.д]пирен	86,7	66,1	3,0	90,0	66,2	1,9	89,1	69,1	0,6
Дибензо[<i>a,h</i>]антрацен	94,7	73,9	1,3	99,7	72,2	2,2	99,0	76,2	0,5
Бензо[<i>g,h,i</i>]пирен	86,4	64,7	1,8	84,7	62,3	2,0	85,6	66,3	0,7
Среднее значение	103,0	82,7	1,8	100,0	81,2	1,8	97,7	83,1	0,9

Как характерно для протоколов усовершенствованной очистки матрицы, данный подход обеспечивает усовершенствованную очистку за счет использования пробы большего размера, что, в свою очередь, улучшает общую чувствительность данного метода. В традиционных протоколах EMR—Lipid для активации сорбента перед дТФЭ дополнительно добавляется вода. Для данного оптимизированного протокола было установлено, что добавление воды уменьшало растворимость ПАУ и отрицательно влияло на абсолютные значения степени извлечения некоторых аналитов. По этой причине надосадочная жидкость после экстракции переносили непосредственно в пробирку EMR-Lipid без добавления воды, что обеспечивало надлежащую очистку для анализа ГХ-МС с мониторингом выбранного иона (SIM). Перемешивание сразу после добавления надосадочной жидкости в пробирки EMR-Lipid и полированные пробирки EMR-Lipid способствует суспендированию твердых веществ и обеспечивает максимальное взаимодействие с сорбентом, а также предотвращает комкование. Для оптимальной очистки матрицы при дТФЭ можно дополнительно добавлять воду, а для максимального повышения точности и прецизионности результатов можно эффективно корректировать степень извлечения с помощью внутренних стандартов.

Выводы

В этой работе описывается быстрый и простой метод эффективного количественного определения ПАУ в пробах лосося с высоким содержанием жиров как при высоких, так и при низких уровнях концентрации аналитов. Предлагаемый процесс такой же простой, как и QuEChERS, но в нем применяется новый сорбент для дисперсионной твердофазной экстракции EMR—Lipid, который сводит к минимуму параллельную экстракцию матрицы, максимально увеличивает степень извлечения и обеспечивает высокий уровень точности.

Несмотря на то, что содержание жиров в матрицах, таких как лосось, может варьироваться в широких пределах, сорбент Agilent Bond Elut Enhanced Matrix Removal—Lipid удаляет все жиры, не затрагивая аналиты, представляющие интерес. Для максимально полного удаления жиров при использовании EMR—Lipid на этапе дТФЭ добавляется вода. Однако в этом случае добавление воды уменьшает растворимость ПАУ, что при подготовке проб ПАУ нежелательно. В дальнейшем планируется продолжить оптимизацию EMR—Lipid для различных сложных проб и задач, чтобы расширить возможности его применения с хроматографическими системами и детекторами как нынешнего, так и будущего поколения.

Таблица 5. Целевые вещества, время удерживания, целевой ион и обозначения внутренних стандартов для метода ГХ-МС (SIM)

Соединение	ГХ-МС (SIM)			
	RT (время удерживания)	Целевой ион	Задержка (мс)	Внутренний стандарт
Нафталин	3,89	128,0	20	Нафталин-d8
Аценафталин	5,37	152,0	20	Аценафталин-d10
Флуорен	6,05	166,0	20	Аценафталин-d10
Фенантрен	7,25	178,0	20	Фенантрен-d10
Антрацен	7,34	178,0	20	Фенантрен-d10
Пирен	10,31	202,0	20	Фенантрен-d10
Бензо[а]антрацен	13,83	228,0	20	Хризен-d12
Хризен	13,93	228,0	20	Хризен-d12
Бензо[б]флуорантен	16,99	252,0	20	Перилен-d12
Бензо[к]флуорантен	17,08	252,0	20	Перилен-d12
Бензо[а]пирен	17,85	252,0	20	Перилен-d12
Перилен	18,09	252,0	20	Перилен-d12
Индо[1,2,3-с,d]пирен	20,72	276,0	20	Перилен-d12
Дибензо[а,h]антрацен	20,87	278,0	20	Перилен-d12
Бензо[g,h,i]пирен	21,29	276,0	20	Перилен-d12
Внутренние стандарты				
Нафталин-d8	3,87	136,0	20	—
Аценафталин-d10	5,52	162,0	20	—
Фенантрен-d10	7,22	188,0	20	—
Хризен-d12	13,86	240,0	20	—
Перилен-d12	18,03	264,0	20	—

Литература

1. Anon. *Compendium Method TO-13A*. Environmental Protection Agency (EPA) of the United States of America, Cincinnati, OH, USA, **1999** [Фармакопейный метод TO-13A, Агентство США по защите окружающей среды (EPA), Цинциннати, штат Огайо, США, 1999 г.].
2. Guo, Y.; Wu, K.; Xu, X. *J. Environ. Health* **2011**, *73*, 22-25.
3. Beyer, J.; Jonsson, G.; Porte, C.; Krahn, M. M.; Ariese, F. *Environ. Tox. and Pharma.* **2010**, *30*, 224-244.
4. Essumang, D. K.; Doodoo, D. K.; Adjei, J. K. *J. Food Composition and Analysis* **2012**, *27*, 128-138.
5. Takigami, H.; Suzuki, G.; Hirai, Y.; Sakai, S. *Chemosphere* **2009**, *76*, 270–277.
6. Ali, N.; Dirtu, A. C.; Eede, N. V. D.; Goosey, E.; Harrad, S.; Neels, H.; 't Mannetje, A.; Coakley, J.; Douwes, J.; Covaci, A. *Chemosphere* **2012**, *88*, 1276–1282.
7. Stapleton, H. M.; Keller, J. M.; Schantz, M. M.; Kucklick, J. R.; Leigh, S. D.; Wise, S. A. *Anal. Bioanal. Chem.* **2007**, *387*, 2365–2379.
8. Sverko, E.; Tomy, G. T.; Marvin, C. H.; Zaruk, D.; Reiner, E.; Helm, P. A.; Hill, B.; Mccarry, B. E. *Environ. Sci. Technol.* **2008**, *42*, 361–366.
9. Saito, K.; Sjudin, A.; Sandau, C. D.; Davis, M. D.; Nakazawa, H.; Matsuki, Y.; Patterson, Jr., D. G. *Chemosphere* **2004**, *57*, 373–381.
10. Anastassiades, M.; Lehotay, S. J.; Ётаjnbahe, D.; Schenck, F. S. *J. AOAC Int.* **2003**, *86*, 412-431.
11. Lehotay, S. J.; Mastovskб, K.; Light eld, A. R. *J. AOAC Int.* **2005**, *88*, 615-629.
12. Forsberg, N. D.; Wilson, G. R.; Anderson, K. A. *J. Agric. Food Chem.* **2011**, *59*, 8108-8116.
13. Smith, D.; Lynam, K. *Polycyclic Aromatic Hydrocarbon (PAH) Analysis in Fish by GC/MS Using Agilent Bond Elut QuEChERS Sample Preparation and a High Efficiency DB-5ms Ultra Inert GC Column*; Application Note, Agilent Technologies, Inc. Publication number 5990-6668EN, **2012** [Смит Д.; Лайнам К. “Анализ полициклических ароматических углеводородов (ПАУ) в рыбе методом ГХ-МС с применением пробоподготовки Agilent Bond Elut QuEChERS с дисперсной ТФЭ и использованием высокоэффективной колонки ГХ DB-5ms Ultra Inert”, Рекомендации по применению, Agilent Technologies Inc., номер публикации 5990-6668EN, 2012 г.].
14. Sapozhnikova, Y.; Lehotay, S. J. *Analytica Chimica Acta* **2013**, *758*, 80–92.

Дополнительная информация

Представленные данные являются стандартными значениями. Для получения дополнительной информации о наших продуктах и услугах посетите наш веб-сайт по адресу:
www.agilent.com/chem.

www.agilent.com/chem

Компания Agilent не несет ответственности за возможные ошибки в настоящем документе, а также за убытки, связанные или являющиеся следствием получения настоящего документа, ознакомления с ним и его использования.

Информация, описания и спецификации в настоящем документе могут быть изменены без предупреждения.

Компания Agilent Technologies, Inc., 2015
Напечатано в США
30 июля 2015 г.
5991-6088RU



Agilent Technologies