

Радиометрия

– совокупность методов измерения активности.

Активность *A* измеряется числом распадов в единицу времени, происходящих в образце с множеством радионуклидов

$$A = -\Delta N / \Delta t, \text{ где } \Delta N = N - N_0$$

(*N* – число радионуклидов) и характеризует:

- быстроту распада радионуклидов в образце,
- интенсивность излучения,
- содержание радионуклидов в образце.

Единица измерения активности (СИ) – 1 беккерель (Бк);

1 Бк = 1 распад/с
устаревшая – 1 кюри (Ки), 1 Ки = 3,7 · 10¹⁰ Бк

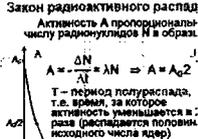
Удельная активность $A_m = A/m, \text{ Бк/кг}$

Объемная активность $A_v = A/V, \text{ Бк/м}^3$
производная единица – 1 Бк/л = 10³ Бк/м³

Поверхностная активность $A_s = A/S, \text{ Бк/м}^2$
устаревшая единица – 1 Ки/км² = 37 кБк/м²

Плотность потока бета-частиц с загрязненной поверхности (традиционно относится к величинам радиометрии)

$$p = \frac{\Delta N}{\Delta S \cdot \Delta t} \text{ 1/с·см}^2$$



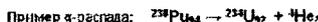
Закон радиоактивного распада: Активность *A* пропорциональна числу радионуклидов *N* в образце: $A = -\frac{\Delta N}{\Delta t} = \lambda N \Rightarrow A = A_0 \cdot 2^{-t/T}$
T – период полураспада, т.е. время, за которое активность уменьшается в 2 раза (распадается половина исходного числа ядер)

α-распад и α-излучение

Причина α-распада – не полная компенсация кядо: нуклонов сил отталкивания протонов ядерными силами притяжения нуклонов в тяжелых ядрах.

В силу определенных закономерностей ядро покидает не отдельный протон, а совокупность двух протонов и двух нейтронов.

α-частица, ⁴He₂ – ядро атома гелия (два протона и два нейтрона)



Энергия α-частиц – от 2 до 11 МэВ, скорость вылета из ядер – десятки км/с.

Процессы, происходящие с α-излучением в веществе: рассеяние, ионизация и возбуждение атомов.

Свойства α-излучения

Ионизирующая способность – очень высокая: на 1 см пути в воздухе α-частица образует около 50 тыс. пар электрон-ион.

Проникающая способность – очень низкая:

Пробег в воздухе	Пробег в биологической ткани	Защита
единицы сантиметров	микроны	лист бумаги

В случае внутреннего облучения α-излучение наиболее опасно. При внешнем облучении α-частицы опасны только при попадании на слизистые оболочки, раны, в глаза.

Основные природные радионуклиды – источники α-излучения: изотопы радона: ²²²Rn, ²²⁰Rn, ²²⁶Rn.

α-излучающие радионуклиды черной радиоактивности: ²³⁸U, ²³⁵U, ²³²Th, ²³¹Pa.

Дозиметр-радиометр МКС-АТ6130



- Основное меню
- MODE: RATE (СЧЕТЫ), DOSE (ДОЗЫ), BACKGROUND (ФОН), MEASURE (ИЗМЕРЕНИЕ), DOSE RATE (ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЕ ИЗМЕРЕНИЕ), RATE (СЧЕТЫ), DOSE (ДОЗЫ)
 - UNIT: BQ (БЕККЕРЕЛЬ), DPM (ИЗМЕНАМИНУТА), CPM (СЧЕТЫ В МИНУТУ), RPH (РАСЧЕТЫ НА ЧАС), RPH (РАСЧЕТЫ НА ЧАС)
 - MODE: RATE (СЧЕТЫ), DOSE (ДОЗЫ), BACKGROUND (ФОН), MEASURE (ИЗМЕРЕНИЕ), DOSE RATE (ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЕ ИЗМЕРЕНИЕ), RATE (СЧЕТЫ), DOSE (ДОЗЫ)
 - UNIT: BQ (БЕККЕРЕЛЬ), DPM (ИЗМЕНАМИНУТА), CPM (СЧЕТЫ В МИНУТУ), RPH (РАСЧЕТЫ НА ЧАС), RPH (РАСЧЕТЫ НА ЧАС)

Основные характеристики

- Диапазон измерения мощности дозы: 0,1 мкЗв/ч – 10 мЗв/ч
- Диапазон измерения дозы: 0,1 мЗв – 100 мЗв
- Диапазон плотности потока β-частиц: 10 – 10⁴ ч/см(мин.см)
- Энергия α-излучения: 20 кэВ – 3 МэВ
- Энергия β-излучения: 300 кэВ – 3,5 МэВ
- Пределы допустимой основной относительной погрешности измерения: ±20 % для всех режимов
- Пределы допустимой дополнительной относительной погрешности измерения: ±10 % – при изменении температуры от -20° до +55°; ±5 % – при максимальной влажности питания от 2,3 до 2,5; ±10 % – при максимальной влажности питания от 2,3 до 2,5
- Объем памяти: 1000 значений
- Питание: 2 батареи (аккумулятора) типа ААА
- Время работы от одного комплекта питания: не менее 500 час (при фоновых зарядках)

ИССЛЕДОВАНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ПОЛИАРОМАТИЧЕСКИХ УГЛЕВОДОРОДОВ (БЕНЗ(А)ПИРЕНА) В КОПЧЕНЫХ СЫРАХ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

Пилипенко О.Л., Божко Л.Д.
РУП «Институт мясо-молочной промышленности»

В последние годы значительно возросли требования потребителей к безопасности продукта для здоровья, а также требования безопасности процесса обработки для окружающей среды. Это в полной мере относится к производству копченых продуктов.

Копчение является одним из наиболее важных традиционных способов обработки и сохранения мясных, рыбных продуктов, а также сыров. В последние годы этот способ обработки претерпел определенные изменения, но не утратил своего значения и позволяет изготавливать пищевые продукты с отличным вкусом, пользующиеся неизменным спросом у населения. На мировом рынке копченая продукция занимает свою постоянную нишу и является традиционным продуктом питания для населения многих стран мира.

В процессе копчения продукты приобретают желательные органолептические качества (запах, вкус и цвет) под действием различных компонентов дыма; наряду с этим дым оказывает на них определенное консервирующее воздействие - замедляет окисление жиров и тормозит развитие микроорганизмов.

Современные аналитические методы позволили установить, что дым состоит из многих тысяч химических соединений, часть которых еще не идентифицирована. По мнению специалистов [1,5], только 10% компонентов дыма используется для образования положительного эффекта копчения.

Большая часть таких соединений, как фенолы, гетероциклические углеводороды, альдегиды, спирты и карбоновые кислоты, которые определяют ароматизирующее, цветообразующее и консервирующее действия дыма, как правило, хорошо растворя-

ются в водных растворах. Наряду с этими соединениями копильный дым содержит большое количество нейтральных углеводородов, среди которых присутствуют полициклические ароматические углеводороды (ПАУ), обладающие канцерогенными свойствами. Эти вещества содержатся в основном в дисперсной фазе дыма (частицах смолы и сажи), которая в процессе копчения оседает на поверхности продукта и легко выделяется из конденсатов дыма.[2]

Таким образом, условия термической и технологической обработки пищевых продуктов, а также степень загрязнения окружающей среды оказывают большое влияние на накопление ПАУ.

К наиболее активным канцерогенам ПАУ относят бенз(а)пирен (рисунок 1)- вещество 1-го класса опасности, который образуется в результате неполного сгорания (пиролиза) органических соединений. По его уровню судят об общей загрязненности продуктов различными ПАУ и онкогенной опасности для человека.

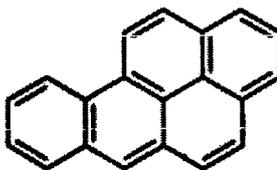


Рис.1 Структурная формула 3,4-бенз(а)пирена

Кроме того, бенз(а)пирен обладает свойством биоаккумуляции (т.е. может накапливаться), что еще больше повышает его опасность.

Учитывая высокую токсичность бенз(а)пирена, действующим СанПиН от 09.06.2009 П.№63 установлены предельно допустимые концентрации его (ПДК), составляющие для мясо- и рыбокопченостей, колбасных изделий - 0,001 мг/кг (1,0 мкг/кг); в копченых сырах – 0,001 мг/кг (1,0 мкг/кг); в продуктах для детского питания – не допускается (< 0,0002 мг/кг, контроль по сырью).[3]

Объектами наших исследований являлись сыры копченые отечественных и зарубежных производителей.

Копчение сыра осуществляется в копильно-варочной печи. Применяют холодное (при температуре 25-30°C в течение 20-24 часов) и горячее (при температуре 45-55°C в течении 3-4 часов) копчение.

Для получения копильного дыма применяют опилки из твердых не смолистых пород деревьев (березы без коры, бук, дуб, ольха, ясень).

Оболочки копченых сыров не препятствуют проникновению канцерогена, но задерживают на себе значительное его количество. Однако в продуктах длительного хранения со временем концентрация выравнивается вследствие диффузионных процессов.

Выполнение измерений массовой доли бенз(а)пирена в копченых сырах осуществляется методом ВЭЖХ с использованием флуориметрического детектора, обеспечивающего интервал длин волн возбуждения 270-360 нм и регистрации 390-450 нм.[4]

Сущность метода заключается в:

1. щелочном гидролизе пробы (спиртовой раствор едкого натрия);
2. экстракции гексаном бенз(а)пирена вместе с неомыляемой частью липидов;
3. очистке экстракта (раствором N,N-диметилформамида);
4. реэкстракции бенз(а)пирена в гексан;
5. концентрировании и определении массовой концентрации бенз(а)пирена методом ВЭЖХ с флуоресцентным детектированием (длина волны возбуждения – 292 нм, волне регистрации – 405 нм, подвижная фаза (ПФ): смесь ацетонитрил – вода (8:2), скорость подачи ПФ – 200 мм³/мин, объем вводимой пробы – 10 мкл).

Идентификация пика бенз(а)пирена производится по совпадению времени удерживания определяемого пика со временем удерживания пика бенз(а)пирена в концен-

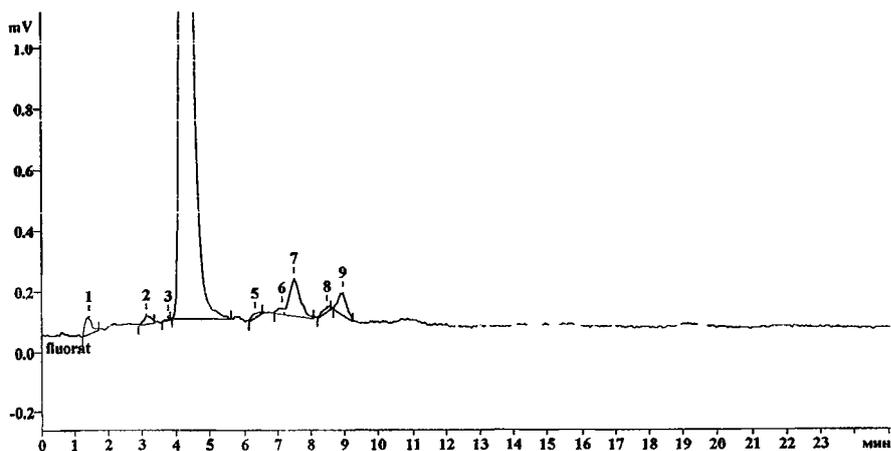
трате градуировочного раствора. Концентрацию бенз(а)пирена в исследуемом растворе определяют с помощью программного обеспечения «МультиХром для Windows» по заложенной в метод градуировочной зависимости.

Диапазон измерения составляет от 0,0002 мг/кг (0,2 мкг/кг) до 1,0 мг/кг (10 мкг/кг).

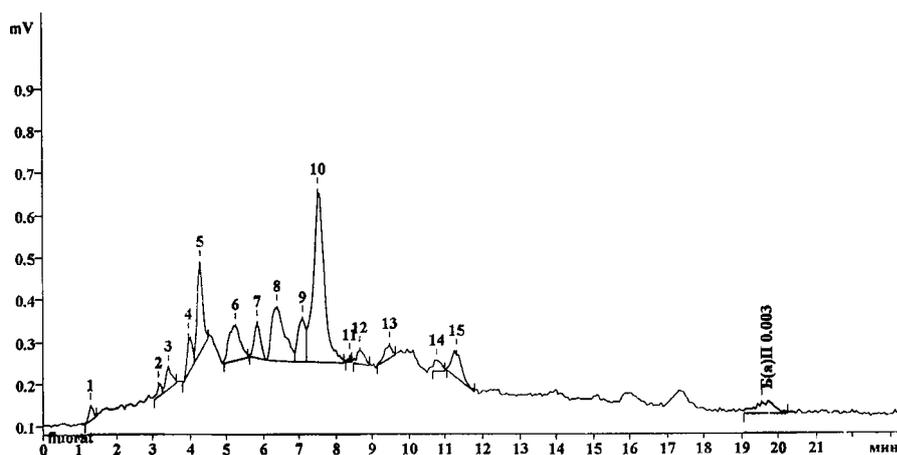
Проведенные исследования показали, что содержание бенз(а)пирена в представленных 30 образцах копченого сыра не превышало ПДК (1,0 мкг/кг) за исключением одного образца сыра (рисунок 2в)

На рисунке 2 представлены хроматограммы копченого сыра : а) без содержания бенз(а)пирена; б) с содержанием бенз(а)пирена 0,8 мкг/кг (80% ПДК); в) с содержанием бенз(а)пирена 2,0 мкг/кг (200% ПДК).

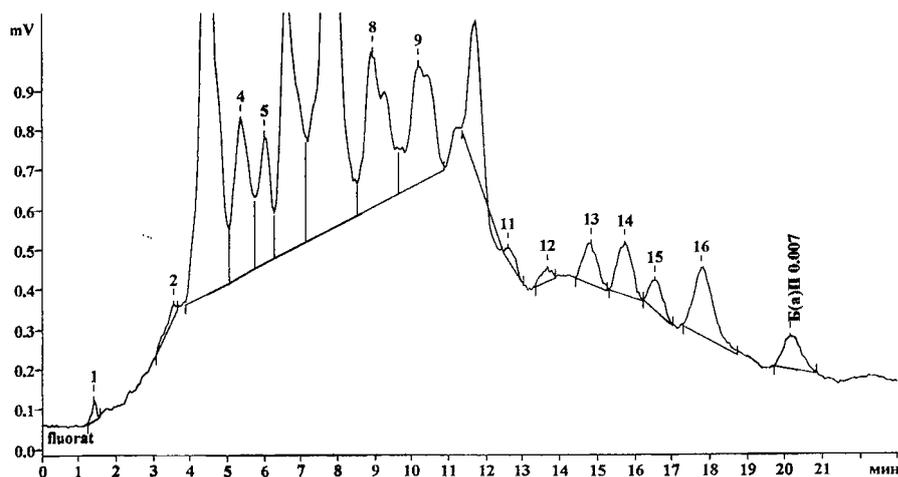
2а)

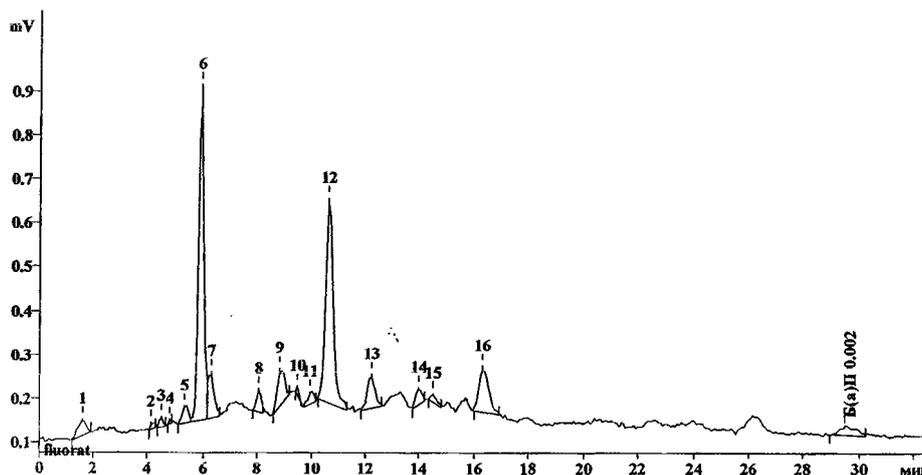


2б)



2в)





Кроме несоответствия данного образца по содержанию бенз(а)пирена, признаками неудовлетворительного копчения были: излишне темный и неравномерный цвет оболочки сыра, его горький вкус.

Результаты проведенных исследований выявили необходимость тщательной проверки всех этапов технологии копчения сыра на предприятии-изготовителе.

После устранения нарушений и повторном исследовании новой партии копченого сыра, содержание бенз(а)пирена соответствовало $\frac{1}{2}$ ПДК, т.е 0,5 мкг/кг продукта (рисунок 2г).

Таким образом, средствами технологической профилактики образования бенз(а)пирена является в первую очередь повышение качества горючей смеси, усовершенствование конструкций топок в производстве, соблюдение всех норм процесса технологии копчения, что позволит получать безопасные для здоровья человека пищевые продукты.

Литература

1. Мезенова О.Я., Ким И.Н. Бредихин С.А. Производство копченых пищевых продуктов. – М.: Колос, 2001
2. Нечаев А.П., Траубенберг С.Е., Кочеткова А.А., Колпакова В.В., Витол И.С., Кобелева И.Б. Пищевая химия. – Под ред. А.П. Нечаева. – СПб.: ГИОРД, 2007. – С.515-517.
3. Гигиенические требования к качеству и безопасности продовольственного сырья и пищевых продуктов. Санитарные правила и нормы. СанПиН от 09.06.2009 П.№63 – Минск, 2009. – С.57.
4. Продукты пищевые. Методы определения массовой доли бенз(а)пирена. – СТБ ГОСТ Р 51650-2001. Дата введения 11.01.2002. – 18 с.
5. Рогов И.А., Дунченко Н.И., Позняковский В.М., Бердутина А.В., Кушцова С.В. Безопасность продовольственного сырья и пищевых продуктов. Учеб. пособ. – Новосибирск: Сиб. унив. изд-во, 2007. – С.119-120.