

Таблица 1. Результаты каталитических исследований

Катализатор	Конверсия бетулина (%)	$\Sigma Y_{\text{product}}$ (%)	Селективность					TOF (c^{-1})	d_{Au} (нм)
			C_1	C_2	C_3	C_4	C_5		
Au/Al ₂ O ₃ _V	97	57	29	64	0	0	7	0,549	3,1
Au/AlOOH	90	62	40	48	0	0	12	0,469	3,7
Au/AlOOH_S	74	56	56	21	0	0	23	0,185	4,2
Au/AlOOH_C	77	69	47	34	0	2	17	0,263	2,9
Au/AlOOH_L	97	62	35	56	0	0	9	0,533	3,2

Примечание: C_1 – селективность по бетулолу (%); C_2 – селективность по бетулоновому альдегиду (%); C_3 – селективность по бетулоновой кислоте (%); C_4 – селективность по бетулиновому альдегиду (%); C_5 – селективность по бетулиновой кислоте (%); $\Sigma Y_{\text{product}}$ – суммарный выход продуктов (%); d_{Au} – средний размер наночастиц золота (нм).

на нанесенных золотых катализаторах, что выражается во влиянии носителя на средний размер и распределение наночастиц золота и, тем самым, на каталитические свойства (активность и селективность) золотосодержащих систем (таблица 1). Наибольшая конверсия бетулина 97% за 6 ч была достигнута для Au/Al₂O₃_V и Au/AlOOH_L, имеющих практически одинаковый средний размер наночастиц золота, однако отличающихся фазовым составом носителя, а именно γ -Al₂O₃ и бемит. Однако за счет протекания побочных реакций олигомеризации и полимеризации на поверхности катализаторов выход продуктов для этих образцов составил 57 и 62%, соответственно. В тоже время, для Au/AlOOH_C с более низким уровнем конверсии бетулина 77%, но самым высоким закрытием баланса

массы среди исследованных катализаторов, был достигнут самый высокий выход продуктов 69%. Кроме того, было выявлено, что окисление бетулина, катализируемое золотом, является структурно-чувствительной реакцией, требующей оптимального размера наночастиц золота около 3,3 нм.

Кинетические исследования (начальная концентрация бетулина, концентрация кислорода, температура, загрузка катализатора) позволили определить порядок реакций (по бетулину выше нуля и нулевой по кислороду) и условия, благоприятные для селективного образования определенного оксопроизводного бетулина (бетулон, бетулиновый и бетулоновый альдегиды, бетулиновая кислота).

Список литературы

1. Tolstikov G.A. // *Chem. Sustainable Dev.*, 2005.– P.1–29.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СИНТЕТИЧЕСКИХ КРАСИТЕЛЕЙ В КИСЛОМОЛОЧНЫХ ПРОДУКТАХ МЕТОДОМ ТВЕРДОФАЗНОЙ СПЕКТРОФОТОМЕТРИИ

А.А. Дудкина¹, А.А. Дамзина², Н.С. Трифонова²
Научный руководитель – д.х.н., профессор М.А. Гавриленко

¹Национальный исследовательский Томский политехнический университет
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина 30, glenke@tpu.ru

²Национальный исследовательский Томский государственный университет
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина 36, dce@mail.tsu.ru

В мировой практике производства продуктов питания широко применяют синтетические красители (СК) вследствие их устойчивости к изменениям температуры и рН среды, стабильности при действии света и дешевле натураль-

ных красителей. СК могут быть использованы индивидуально или в комбинации, но индивидуальная концентрация не может превышать определенный уровень, который для большинства красителей варьируется от 2 до 100 мг/кг [1, 2].

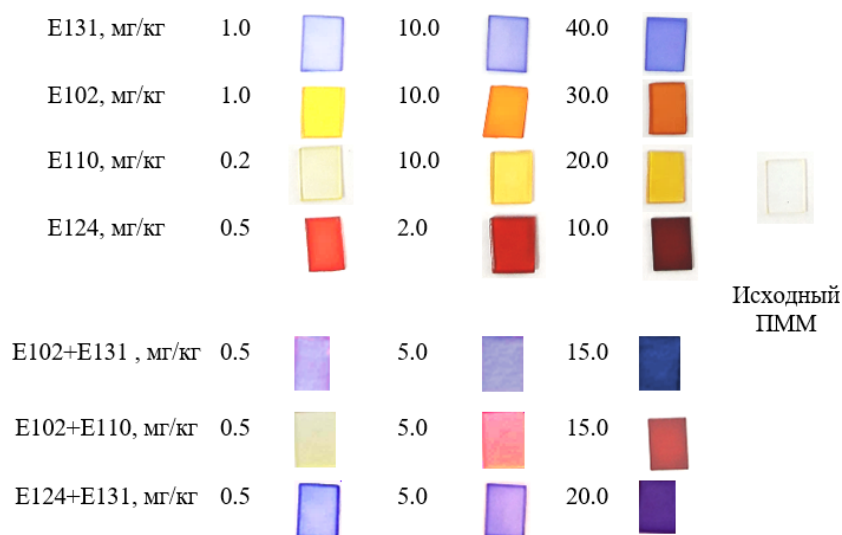


Рис. 1. Сканированные образцы ПММ при различных концентрациях (C , мг/кг) и комбинациях синтетических красителей: 1 – E131; 2 – E102; 3 – E110; 4 – E124; 5 – E102+E131 (черника); 6 – E102+E110 (гранат); 7 – E124+E131 (ежевика)

Перспективным методом является твердофазная спектрофотометрия, позволяющая сочетать сорбционное концентрирование и последующее фотометрическое определение непосредственно на поверхности или в объеме сорбента. В практике анализа наиболее удобны сенсоры основанные на оптических прозрачных полимерных полиметакрилатных матрицах, которые позволяют визуально наблюдать изменение окраски [3, 4]. В работе использованы доступные биокефиры и йогурты, приобретенные в г. Томск в 2019 г.

Использование пищевых синтетических красителей в молочной продукции связано с взаимодействием между их серу- и азотсодержащими группами и белками молочной основы. Для разрушения связей ассоциатов использован один из вариантов жидкостной экстракции *cloud point extraction* (CPE) метод, заключающийся в добавлении к образцу раствора ПАВ в гидрофильном растворителе [5]. Пробоподготовка методом CPE позволяет отделить красители от белковой матрицы и количественно перевести красители в надосадочную жидкость. После завершения в колбе формируется расслаивание компонентов,

причем краситель находится в жидкой фазе с ПАВ.

Изначально бесцветная прозрачная ПММ после экстракции красителей приобретает окраску, соответствующую их цвету или комбинации цветов (рис. 1).

Методика апробирована при определении СК в йогуртах и биокефирах, содержание красителей в анализируемых объектах находили прямой спектрофотометрией пластинок ПММ по градуировочным зависимостям, построенным с использованием стандартных растворов. Использование ПММ в качестве колориметрического сенсора для определения синтетических красителей E122, E124, E124 и E133, позволяет проводить визуальное полуколичественное определение красителей путем сравнения их окраски с цветометрической шкалой. Применение ПММ в качестве оптода для твердофазной спектрофотометрии позволяет проводить определение в диапазоне 0,2–40,0 мг/кг с пределом обнаружения 0,05 мг/кг. Определению указанных красителей не мешают компоненты пищевой матрицы и наличие взвешенных частиц в объекте анализа.

Список литературы

1. European Parliament and Council Directive №95/2/EC // OJ, 1995.– L.61.– 18.3.
2. Commission Directive 1999/21/EC // OJ, 1999.– L.91.– 7.4.
3. Dudkina A.A., Volgina T.N., Saranchina N.V., Gavrilenko N.A., Gavrilenko M.A // Talanta, 2019.– V.202.– P.186–189.

4. Yamjala K., Nainar M.S., Ramiseti N.R. // *Food Chem.*, 2016. – V.192. – P.813–824.
5. Heidarizadi E., Tabaraki R. // *Talanta*, 2016. – V.148. – P.237–246.

ТВЕРДОФАЗНО-СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕТРАЦИКЛИНА

Дуонг Сан Ван

Научный руководитель – д.х.н., профессор М.А. Гавриленко

Национальный исследовательский Томский политехнический университет
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина 30, glenke@tpu.ru

Антибиотики применяются в медицине, ветеринарии и в пищевой промышленности при консервировании и для обработки пищевых продуктов при их транспортировке. Тетрациклин определяют фотометрическими способами [1, 2], основанными на внесении в анализируемую пробу раствора хлорамина или гидроксида натрия. Недостатками данных способов являются низкая чувствительность, воспроизводимость и селективность, так как невозможно проводить определение в окрашенных растворах в присутствии других антибиотиков. Актуальным остается вопрос разработки методики определения тетрациклина, обладающей высокими метрологическими характеристиками и эффективностью, при возможно меньших затратах и простоте работы.

Перспективным методом является твердофазная спектрофотометрия на прозрачной полимерной матрице из полиметилметакрилата и полиэтиленгликоля (ПММ), модифицированной ионами металлов. Это позволяет сочетать твердофазную экстракцию и последующее фотометрическое определение непосредственно в объеме ПММ [3, 4]. Пластины ПММ обрабатывали растворами Cu^{2+} и Fe^{3+} , после чего пластины приобретали цвет, как показано на рис. 1. Изменение цвета ПММ после контакта с раствором тетрациклина показано на рис. 2.

ПММ с иммобилизованными ионами Cu^{2+} и Fe^{3+} помещали в водный раствор тетрациклина с $\text{pH}=9-10$ в течение 60 минут при комнатной температуре, затем матрицу удаляли и высушивали кусочком фильтровальной бумаги. Пластины в растворах без антибиотика, но с введенными ионами металлов и компонентами органических матриц не меняют окраску, за исключением пластин с иммобилизованным в аммиачном растворе CuSO_4 . Таким образом, предложена полимерная аналитическая среда, в которой тетрациклин вступает в цветную реакцию с ионами Cu(II) и Fe(III) с визуально наблюдаемым хромогенным эффектом.

При $\text{pH}=9-10$, пластины с иммобилизованным CuSO_4 0,01 М меняют окраску до желто-зеленой при концентрации тетрациклина более 30 мг/л. Использование твердофазной спектро-

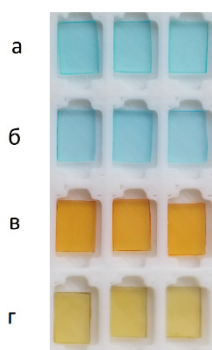


Рис. 1. ПММ после иммобилизации:
а) CuSO_4 ; б) $\text{CuSO}_4 + \text{NH}_4\text{OH}$;
в) FeCl_3 ; г) $\text{CuSO}_4 + \text{FeCl}_3$

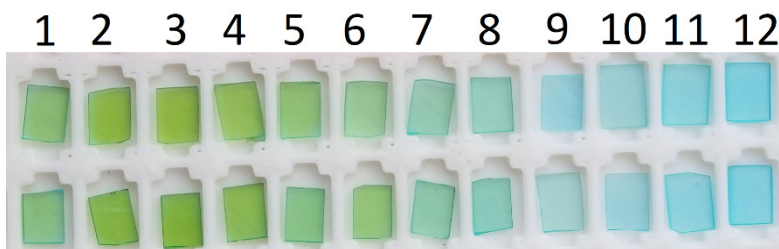


Рис. 2. ПММА с иммобилизованными в растворе сульфата меди(II) 0,01 М после контакта 60 мин в растворе образца тетрациклина, мг/л: 1 – 1 000; 2 – 500; 3 – 250; 4 – 125; 5 – 60; 6 – 30; 7 – 15; 8 – 7,8; 9 – 4,0; 10 – 2,0; 11 – 1,0; 12 – 0