

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ МЕЛАНОИДИНОВ САХАРНОГО ПРОИЗВОДСТВА С АНИОНИТОМ АВ-17×2П

В. Ф. Селеменев¹, Н. А. Беланова¹, А. А. Назарова¹, А. А. Беланова², Л. А. Синяева¹

¹ ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет»

² ФГБОУ ВО «Воронежский государственный медицинский университет им. Н.Н. Бурденко»

Поступила в редакцию 01.11.2022 г.

Аннотация. Красящие вещества пищевых производств как правило представляют собой многокомпонентную трудно разделяемую смесь компонентов. Наибольшей цветностью обладает группа природных высокомолекулярных азотсодержащих органических кислот, молекулы которых содержат ароматические группировки – меланоидинов. Наиболее сложным и трудоемким этапом изучения меланоидинов является выделение их вначале в виде смеси без нарушения молекулярной структуры. Для очистки меланоидинов применяют экстракцию, осаждение щелочами, кислотами с добавкой электролитов, диализ. Для последующего разделения и концентрирования возможно применение сорбционно-хроматографических процессов. Одним из важных воздействий, которые испытывают пигменты, и представляющим интерес для исследователей, является взаимодействие меланоидинов с сорбентами (в том числе с анионитами), используемыми для очистки целевых физиологически активных компонентов. Фактически в данном случае можно говорить о влиянии химического поля на пигменты.

Сорбция красящих веществ с макропористым анионитом АВ-17×2П (высокоосновный анионит с четвертичными аммониевыми группами) в настоящей работе осуществлена в динамических условиях. Поглощенные смолой меланоидины элюировали последовательно дистиллированной водой и 0.5 М растворами соляной кислоты или гидроксида натрия со скоростью 15 дм³/час. Разделение на отдельные компоненты исходных и содержащихся в элюатах красителей проводили с помощью электрофореза на бумаге (Filtrak №11, Германия). Вещества отдельных электрофоретических зон элюировались водой, а элюаты исследовались методами УФ- спектрофотометрии и ИК- спектроскопии.

Показано, что образующиеся при взаимодействии меланоидинов с анионитом АВ-17×2П новые окрашенные и неокрашенные компоненты значительно отличаются от исходных продуктов. При этом превращения с красящими веществами происходят как на солевой, так и на гидроксильной форме анионита. Однако, более глубокие превращения с меланоидинами наблюдаются на ОН-форме анионита, в фазе которого происходит укрупнение отдельных компонентов и их необратимое поглощение. Поэтому в условиях очистки сахарных растворов, содержащих значительные количества меланоидинов, лучше использовать Cl-форму анионита.

Ключевые слова: анионит АВ-17×2П, сорбция, меланоидины, электрофорез, ИК-спектроскопия, валентные колебания, деформационные колебания.

Красящие вещества пищевых производств как правило представляют собой многокомпонентную трудно разделяемую смесь компонентов. Наибольшей цветностью обладает группа природных высокомолекулярных азотсодержащих органических кислот, молекулы которых содержат ароматические группировки – меланоидинов. Меланоидины это группа высокомолекулярных гетерогенных полимерных соединений, образующихся при

термической кулинарной обработке продуктов. Меланоидины образуются в результате реакции Майяра, которая включает в себя взаимодействие кетогрупп (C=O) сахаров с аминогруппами (-NH₂) аминокислот, дальнейшей конденсации и полимеризации. Наиболее сложным и трудоемким этапом изучения меланоидинов является выделение их вначале в виде смеси без нарушения молекулярной структуры. Для очистки меланоидинов применяют экстракцию, осаждение щелочами, кислотами с добавкой электролитов, диализ [1-5].

© Селеменев В.Ф., Беланова Н.А., Назарова А.А., Беланова А.А., Синяева Л.А., 2023

Для последующего разделения и концентрирования возможно применение сорбционно-хроматографических процессов [6-8]. Одним из важных воздействий, которые испытывают пигменты, и представляет интерес для исследователей, является взаимодействие меланоидинов с сорбентами (в том числе с анионитами), которые используются для очистки целевых физиологически активных компонентов (ФАВ). Фактически в данном случае можно говорить о влиянии химического поля на пигменты.

Целью настоящей работы являлось изучение механизма закрепления меланоидинов в фазе ионита АВ-17×2П.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Взаимодействие красящих веществ с макропористым анионитом АВ-17×2П (высокоосновный анионит с четвертичными аммониевыми группами рис. 1) осуществлено в динамических условиях с использованием хроматографических колонок диаметром 0.8 см. Масса используемого сорбента в ОН-форме, высушенного при 70°C равнялась 2 г, высота слоя набухшей смолы в колонке – 30 см.

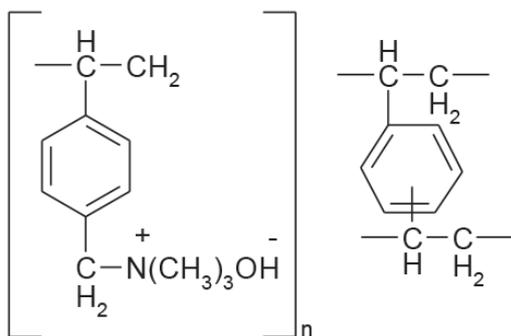


Рис. 1. Структурное звено анионита АВ-17×2П

Для насыщения в верхнюю часть колонки мерной пипеткой порциями по 4 см³ вносили 12 см³ раствора с содержанием меланоидинов 4 мг/см³. Оптимальное время контакта каждой порции раствора с сорбентом, выбранное предварительно, составляло 30 минут.

Поглощенные смолой меланоидины элюировали последовательно дистиллированной водой и 0.5 М растворами соляной кислоты или гидроксида натрия со скоростью 15 дм³/час. Элюаты собирали отдельно в мерные колбы по 100.00 см³ и концентрацию цветных веществ в них определяли на фотоколориметре ФЭК-56М (рН=7, λ_{max}=535 нм, l=10 мм). Разделение на отдельные компоненты исходных и содержащихся в элюатах красителей проводили с помощью электрофореза на бумаге (Filtrak №11, Германия). Буферным раствором служила смесь ледяной уксусной кислоты и воды в соотношении 3:7, рН=1.8. время определения составляло 3 часа при напряжении 600 В. Вещества отдельных электрофоретических зон элюировались водой, а элюаты исследовались методами спектрофотометрии в УФ- области и ИК-спектроскопии.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

В выбранных условиях лишь часть меланоидинов поглощается сорбентом (таблица 1). В то же время только в верхнем слое образовывались четкие окрашенные зоны размером 3-4 см для ОН-формы и 2-3 см для СI-формы анионита. Следовательно, в процессе сорбции происходит хроматографическое разделение меланоидинов, а отдельные компоненты не поглощаются анионитом, несмотря на неиспользованную обменную емкость последнего. В работе [9] было показано, что меланоидины анионообменником могут сорбироваться по молекулярному и ионообменному механизмам, а также за счет образования ковалентных связей между функциональными группами сорбата и сорбента. Представленные в таблице 1 результаты свидетельствуют о несколько лучшей сорбции меланоидинов ОН-формой по сравнению с солевой формой анионита АВ-17×2П.

При элюировании водой из фазы анионита удаляется лишь часть окрашенных веществ, которые согласно [9-10] были сорбированы за счет молекулярного взаимодействия с ионитом. Наи-

Таблица 1

Поглощение меланоидинов анионитом АВ-17×2П

Раствор	ОН-форма ионита			СI-форма ионита		
	рН раствора	Объем раствора, см ³	Содержание меланоидинов, мг	рН раствора	Объем раствора, см ³	Содержание меланоидинов, мг
Исходный	7.0	12.0	48.00	7.0	12.0	48.0
Равновесный*	8.9	12.0	20.40	5.2	12.0	20.64
Элюат водный	7.45	100.0	12.0	4.4	100.0	4.0
Элюат щелочной	12.95	100.0	0.00	12.9	100.0	0.00
Элюат кислотный	0.50	100.0	14.0	0.35	100.0	23.0

* - раствор, вытекающий из колонки при пропуске отдельных порций исходного раствора.

большим элюирующим действием по отношению к той части меланоидинов, которая остается в фазе сорбента после обработки водой, обладает соляная кислота, вытесняющая окрашенные компоненты, поглощенные по ионообменному механизму. Раствор гидроксида натрия практически не десорбирует окрашенные компоненты (но, как будет показано далее, содержит органические вещества). Из таблицы 1 также следует, что часть меланоидинов не удаляется из фазы анионита растворами кислоты и щелочи. На ОН-форме анионита при элюации NaOH остается 15.6 мг, а при элюации HCl – 1.6 мг окрашенных веществ. На Cl-форме при элюации растворов соляной кислоты остается всего 0.36 мг меланоидинов.

Представляет интерес выяснение механизма прочного закрепления меланоидинов в фазе ионита. Известно, что подобный факт обусловлен образованием ковалентных связей между сорбатом и сорбентом или механическим перепутыванием полиэлектролитных цепей анионита и поглощаемых веществ [11-12]. Для установления этого регистрировали ИК-спектры исходного ионообменника (рис. 2, кривые 1, 1') и после его контакта с меланоидинами, часть которых, как описано выше, удалялась элюированием щелочью (рис. 2, кривые 2, 2') или кислотой (рис. 2, кривые 3, 3'). Все ИК-спектры получены после перевода смолы в ОН-форму. Из рис. 2 следует, что после элюирования гидроксидом натрия с ОН- и Cl-формы в ионообменной смоле остается определенное количество пигментов.

Об этом свидетельствует появление пиков в области 1718-1686 см^{-1} (колебания C=O в COOH) [13-14], а также хорошо выраженных максимумов 1636 см^{-1} (ν C=O – амид I) и 1562 см^{-1} (δ N-H – амид II) в аминокислотах [13-14]. Полосы поглощения при 1083-1072, 1044, 1005 и 975 см^{-1} обусловлены колебаниями спиртовых и C-O-C групп,

колебаниями в пиранозных циклах, а также C-N и N-H-групп в аминосоединениях (рис. 2, кривые 2 и 2') [13-17].

Элюирование меланоидинов соляной кислотой с ОН-формы ионита (рис. 2, кривая 3) также не приводит к полному удалению пигментов из фазы смолы. Однако после обработки хлоридной формы сорбента раствором соляной кислоты в ионообменнике количество окрашенных веществ (рис. 2, кривая 3') меньше, чем на ОН-форме. Об этом свидетельствуют малоинтенсивные полосы 1683, 1563 и 1072 см^{-1} , характеризующие колебания C=O в COOH-группах, COO⁻ - и C-O-C-групп соответственно [14-17].

Таким образом, результаты химического и спектрального анализов показывают, что меланоидины из фазы ОН-анионита не удаляются растворами гидроксида натрия и соляной кислоты. Аналогичное явление наблюдается и для хлоридной формы при элюировании раствором NaOH. При этом в ионообменнике не образуются новые ковалентные связи, а наблюдаемые в ИК-спектрах новые полосы поглощения обусловлены функциональными группами меланоидинов, оставшихся в смоле за счет механического переплетения полиэлектролитных цепей.

Для более детального изучения механизма взаимодействия меланоидинов с анионитом был исследован состав водных, щелочных и кислотных элюатов электрофоретически, а также методами спектрофотометрии УФ-области и ИК-спектроскопии. Из таблицы 2 следует, что исходные меланоидины электрофоретически делятся на 13 компонентов. Для проявления меланоидинов использовали нингидрин. По окраске в УФ- и видимой областях и заряду они идентичны компонентам меланоидинов в работе [18]. Различная величина пробега отдельных компонентов в настоящей работе и в [19] связана с неодинаковым рабочим напряжением (600 и 400 В соответственно).

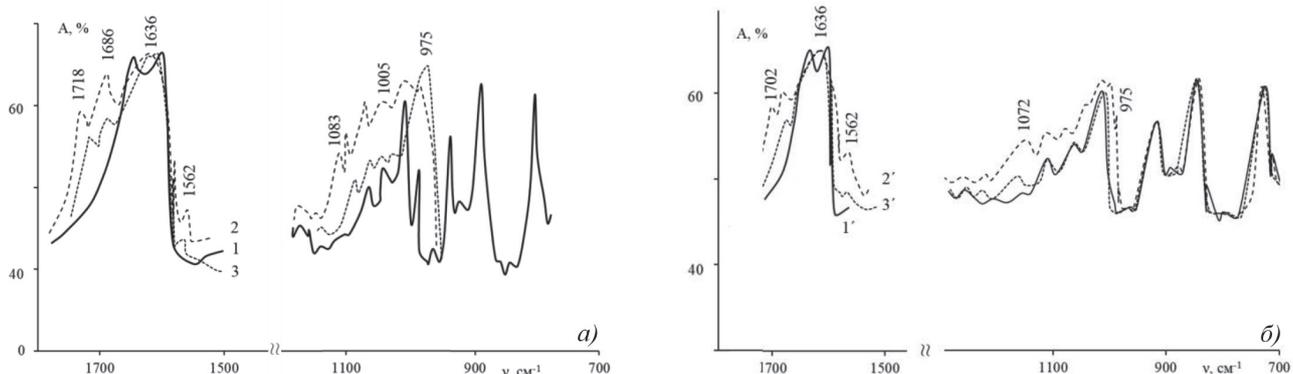


Рис. 2. ИК-спектры анионита АВ-17×2П при взаимодействии с меланоидинами: анионит в ОН-форме (а); анионит в Cl-форме (б).

Сравнивая электрофореграммы исходных меланоидинов и водных элюатов (таблица 2), можно увидеть следующее. В водных элюатах (ОН-форма анионита АВ-17×2П) содержится 8 компонентов, а в элюатах с СI-формы анионообменника – 7 компонентов, обладающих положительным зарядом. Зоны 1, 2, 6, 7 элюированные с ОН- и СI-форм соответствуют 3, 4, 10 и 11 зонам – исходных меланоидинов. С гидроксильной формы анионита водой элюируются также вещества зон 8 и 9, соответствующие зонам 12 и 13 исходных красок. Интересно отметить, что в водных элюатах с СI-формы анионита наблюдались три новых компонента (зоны 3 и 4), которые отсутствовали в меланоидинах до контакта с ионитом.

На электрофореграммах щелочных элюатов проявляются три вещества, отличающихся от исходных компонентов окраской в видимой и УФ-областях спектра, а также величиной пробега. При этом из фазы СI- и ОН-форм анионита удаляются как компоненты, не имеющие заряда (зона 2), так и вещества с положительным (зона 3) и отрицательным (зона 1) зарядами. На основании рассмотренных данных можно считать, что в щелочных элюатах содержатся лишь компоненты, отсутствующие в исходных меланоидинах.

Необходимо отметить, что для новых компонентов щелочных и кислотных элюатов с солевой и гидроксильной форм характер-

Таблица 2

Электрофоретическое разделение меланоидинов

Номер зоны	Зоны элюатов*	Область расположения зоны	Окраска зоны	Расстояние центра зоны от старта, мм	Размер зоны, мм	Цвет зоны в УФ-свете
Исходные меланоидины						
1		анодная	бесцветная	20	9	голубой
2		анодная	бесцветная	10	7	желтый
3		катодная	коричневая	1	3	коричневый
4		катодная	буро-коричневая	8	5	голубой
5		катодная	коричневая	13	8	коричневый
6		катодная	коричневая	25	12	голубой
7		катодная	коричневая	35	8	коричневый
8		катодная	желтая	45	15	желтый
9		катодная	желтая	60	10	голубой
10		катодная	бесцветная	75	15	голубой
11		катодная	бесцветная	88	5	фиолетовый
12		катодная	бесцветная	96	10	желтоватый
13		катодная	бесцветная	116	8	ярко-синий
Водные элюаты						
3	1/1	катодная	коричневая	1/1	3	коричневый
4	2/2	катодная	буро-коричневая	8/7	6	голубой
от	3/3	катодная	бесцветная	20/10	15/9	желтый/голубой
от	4/4	катодная	бесцветная	42/30	8/4	синий
от	от/5	катодная	бесцветная	от/35	от/3	фиолетовый
10	6/6	катодная	бесцветная	73/72	10/7	голубой
11	7/7	катодная	бесцветная	85/85	5/8	фиолетовый
12	8/от	катодная	бесцветная	94/от	10/от	желтоватый
13	9/от	катодная	бесцветная	115/от	8/от	ярко-синий
Щелочные элюаты						
от	1/1	анодная	голубая/зеленая	4/4	4/5	голубой/фиолетовый
от	2/2	линия старта	бесцветная	0/0	1/1	фиолетовый/синий
от	3/3	катодная	бесцветная	5/6	6/8	фиолетовый
Кислые элюаты						
3	1/1	катодная	коричневая	1	3	коричневый
4	2/2	катодная	буро-коричневая	9/9	6	голубой
от	3/3	катодная	желтая	22/30	15/22	фиолетовый
от	4/4	катодная	желтая/бесцветная	42/43	24/6	фиолетовый
9	5/5	катодная	желтая/бесцветная	59/61	8/6	голубой
10	6/от	катодная	бесцветная	73/от	11/от	голубой
11	7/7	катодная	бесцветная	87/86	5/5	фиолетовый
12	8/8	катодная	бесцветная	97/95	15/12	желтоватый
13	8/9	катодная	бесцветная	112/115	6/6	ярко-синий

* - указаны электрофоретические зоны меланоидинов в элюатах. Числитель для ОН-формы, знаменатель – для СI-формы анионита; от – отсутствие компонента в исходных меланоидинах или в элюатах.

ны различные скорости пробега в электрическом поле и окраска как в видимой, так и в УФ-областях (табл. 2). Таким образом, можно говорить об образовании семи новых веществ в фазе ОН-формы анионита и восьми новых компонентов в фазе СI-формы анионита. При этом большинство из них не поглощают в видимой области, а отдельные компоненты (зона 3 с ОН-формы и зона 5 с СI-формы водных элюатов) не окрашиваются нингидрином. Последнее свидетельствует об образовании из высокомолекулярных аминокислот (меланоидинов) компонентов, не содержащих аминогрупп. Полученные спектральные характеристики отдельных зон элюатов и исходных меланоидинов (рис. 1) свидетельствуют в пользу высказанных ранее положений. Следует отметить, что спектральные характеристики содержащихся в зонах 1, 2, 6, 7, 8 и 9 водных элюатов с ОН-формы анионита, совпадают с характеристиками веществ зон 3, 4, 10, 11, 12 и 13 исходных меланоидинов. Кривые поглощения компонентов 1, 2, 5, 6, 7, 8 и 9 солянокислых элюатов с ОН-формы АВ-17×2П идентичны характеристикам водных красок в зонах 3, 4, 9, 10, 11, 12 и 13. Зоны 1, 2, 5, 7, 8 и 9 солянокислых элюатов с СI-формы АВ-17×2П по спектральным характеристикам отличаются от зон 3, 4, 9, 11, 12 и 13 исходных меланоидинов. Это подтверждают данные таблицы 2 о стабильности рассматриваемых компонентов после контакта с анионитом.

Особый интерес представляют спектры компонентов водных, щелочных и кислотных элюатов с ОН- и СI-форм анионита в УФ-области. Вещества в электрофоретических зонах 3, 4 и 5 водных элюатов (кривые 1, 2, 3 на рис. 3) с СI-формы анионита имеют максимумы при 290, 267 и 255 нм соответственно. Компоненты 3 и 4 водных элюатов (кривые 4 и 5 на рис. 3) с ОН-формы дают максимумы в области 284 и 262 нм. При этом вещество зоны 5 с СI-формы (кривая 3 рис. 3) имеет спектр поглощения в УФ-области, характерный для продуктов щелочного распада инвертного сахара [1], вещество зоны 3 с ОН-формы АВ-17×2П (кривая 4 рис. 3) по УФ-спектру подобно продуктам карамелизации сахарозы [1]. Вещества указанных зон, как упомянуто ранее, не дают положительной реакции с нингидрином.

Адсорбционные кривые веществ, содержащихся в щелочных элюатах с СI-формы анионита (зоны 1, 2, 3 соответствуют кривым 6, 7, 8 на рис. 3), имеют максимумы при 250 и 346 нм, 281 и 258 с перегибом при 290 нм. Компоненты зон 1, 2, 3 щелочных элюатов с ОН-формы анионита (кри-

вые 9, 10, 11 на рис. 3) характеризуются максимумами при 260, 289 и 290 нм соответственно.

Для веществ зон 3 и 4 солянокислых элюатов наблюдаются максимумы 280, 262 и 338 нм с СI-формы анионита (кривые 12, 13 на рис. 3) и полосы поглощения 280 плюс 330 и 270 нм с ОН-анионита (кривые 12, 13 на рис. 3) и полосы поглощения 280 плюс 330 и 270 нм с ОН-формы анионита (кривые 14, 15 на рис. 3) соответственно. Максимумы в области 330-350 нм могут принадлежать фрагментам, содержащими пиррол [13].

На основании данных электрофоретического разделения, а также спектров поглощения в УФ-области можно полагать, что при контакте с анионитом АВ-17×2П меланоидины, наряду с сорбцией, претерпевают ряд превращений. Последние, во-первых, могут быть связаны с распадом отдельных высокомолекулярных веществ на продукты с более низкой степенью полимеризации, во-вторых, возможно взаимодействие продуктов распада между собой или с некоторыми исходными компонентами меланоидинов с образованием новых высокомолекулярных окрашенных и неокрашенных веществ. Первый из названных эффектов и может служить причиной появления в элюатах продуктов, отсутствующих в исходных меланоидинах. Вполне вероятно, что распад отдельных компонентов исходных меланоидинов приводит в начале к образованию аминокислотных дезоксифруктоз (что согласуется с [20]), неокрашенных и безазотистых окрашенных соединений (в нашем случае это зоны с ОН-формы и с СI-формы анионита водных элюатов, содержащие карамелеподобные вещества и вещества, аналогичные продуктам распада инвертного сахара). Второй из названных эффектов может служить причиной укрупнения отдельных окрашенных компонентов и необратимым закреплением их в фазе сорбента. Вероятность этого объясняется тем, что в водных, щелочных и солянокислых элюатах не были обнаружены компоненты, содержащие в 1, 2, 5, 6 и 8 электрофоретических зонах исходных меланоидинов.

Для более полной характеристики происходящих процессов были сняты ИК-спектры отдельных вновь образовавшихся веществ, находящихся в солянокислых и щелочных элюатах, и проведено их сравнение с окрашенными продуктами, содержащимися во 2, 3, 4, 5 и 7 электрофоретических зонах исходных красок. Наиболее интенсивными в спектрах исходных меланоидинов являются полосы поглощения 1634 и 1554 см⁻¹, характерные колебаниям амид I (ν C=O) и амид II (ν N-H) в аминокислотах

[13-17]. Полосы при 1512-1500 см^{-1} относятся к колебаниям пиррольного цикла [13], что подтверждает данные УФ-спектрофотометрии. Пик 1396 см^{-1} относится к колебаниям метильных групп. Полосы поглощения при 1160-1150 см^{-1} в равной мере характерны валентным колебаниям С-ОН и С-О-С связей [1, 13-17]. В ИК-спектрах наблюдаются хорошо выраженные колебания при 1720-1706 см^{-1} (С=О в СООН – группах [13-17]), а также полосы 1276 см^{-1} (связи С-N) [13-17]. Пики при 932-884 см^{-1} могут быть вызваны колебаниями NH-групп, фуранозных колец или спиртовых групп [13-17]. В работе [19] было показано, что количество amino- и карбоксильных групп для веществ отдельных зон различно. Для компонентов исходных меланоидинов, наблюдается подобная картина.

Для веществ 3-й электрофоретической зоны кислых элюатов характерно отличие от исходных компонентов (рис 4). Во-первых, для них почти не проявляются полосы поглощения 1720-1706 см^{-1} (С=О в недиссоциированных СООН). Доминируют полосы 1630-1596 и 1568 см^{-1} (амид I и амид II в аминокислотах [13-17, 21]) по сравнению с компонентами исходных меланоидинов.

Сопоставляя ИК-спектры веществ, содержащихся в электрофоретических зонах щелочных элюатов (рис. 5), можно видеть следующее. Для всех зон элюатов с ОН- и СI-формы анионита наблюдаются общие полосы поглощения 1721-1708 см^{-1} (С=О в СООН группах [13-17], 1630 и 1528 см^{-1} (амид I и амид II в аминокислотах [15-16]), 1585 см^{-1} (СОО⁻ - группы [13]), 1343-1273 см^{-1} (С-N связи [13-16]), 1038, 1008, 917 см^{-1} (кольца пиранозы, С-О-С-группы, С-ОН-группы, а также N-H-группы в аминокислотах [21]). Практически не проявляются полосы при 1650 см^{-1} , характерные сопряженным С=C-связям [13, 21-22].

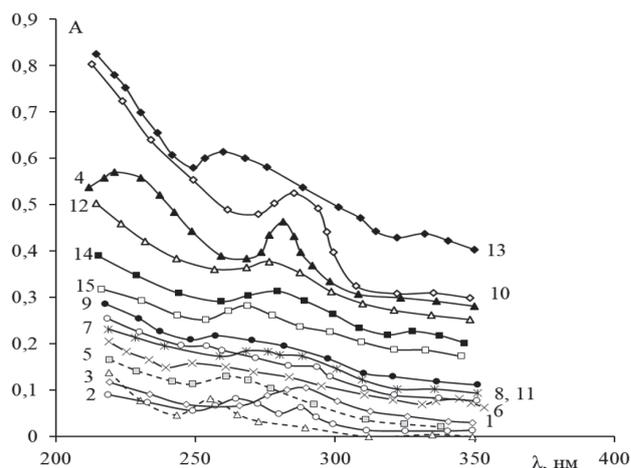


Рис. 3. УФ-спектры поглощения электромагнитного излучения меланоидинами в элюатах. Номера кривых соответствуют различным номерам электрофоретических зон в табл. 2.

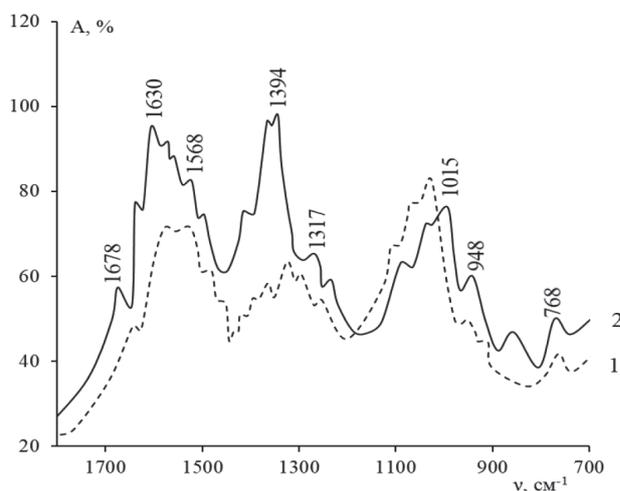


Рис 4. ИК-спектры компонентов третьей электрофоретической зоны меланоидинов солянокислых элюатов (кривая 1) и ОН-формы (кривая 2) анионита АВ-17×2П

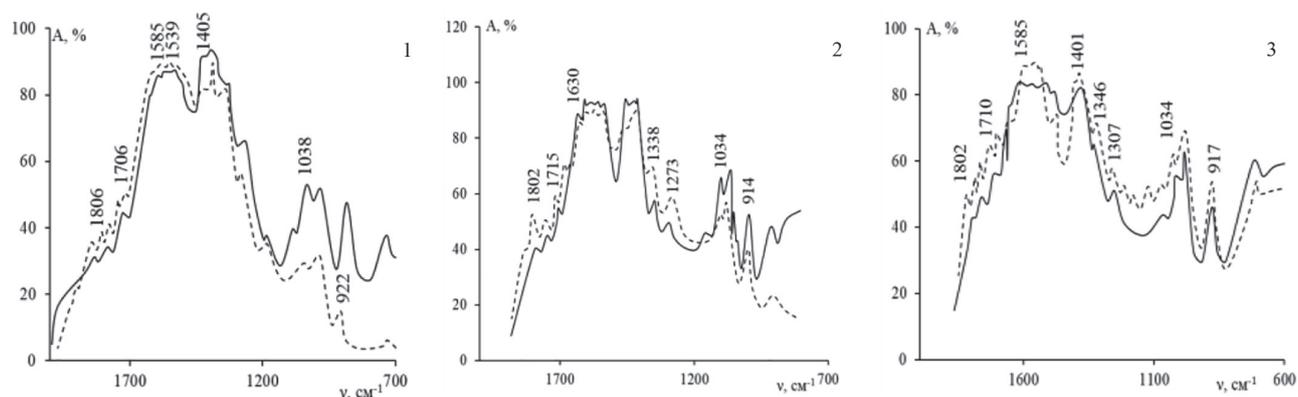


Рис. 5. ИК- спектры компонентов щелочных элюатов с ОН-формы (сплошные линии) и СI-формы (штриховые линии) анионита АВ-17×2П. 1, 2, 3 – первая, вторая и третья электрофоретические зоны меланоидинов.

Отсутствие цепи конъюгации в молекулах рассматриваемых соединений объясняет их оптическую неактивность в видимой области спектра. Кроме того, для представленных ИК-спектров характерны (различные по интенсивности для отдельных компонентов) полосы поглощения 1802-1761 см⁻¹, отсутствующие в исходных меланоидинах и кислых элюатах. Эти полосы можно отнести к колебаниям амид I – ν C=O в β-лактамах [13]. Более интенсивны эти полосы для элюатов с Cl-формы анионита (рис. 5). Кроме того, в ИК-спектрах щелочных элюатов проявляются интенсивные максимумы 1516-1502 см⁻¹ и 917-876 см⁻¹, характерные для колебаний пиррольных колец и СН в пиррольном цикле соответственно [13, 21, 23].

Следовательно, образующиеся при взаимодействии меланоидинов с анионитом АВ-17×2П новые окрашенные и неокрашенные компоненты значительно отличаются от исходных продуктов. При этом превращения с красящими веществами происходят как на солевой, так и на гидроксильной форме анионита. Однако, можно полагать, что более глубокие превращения с меланоидинами наблюдаются на ОН-форме анионита, в фазе которого происходит укрупнение отдельных компонентов и их необратимое поглощение. Поэтому в условиях очистки сахарных растворов, содержащих значительные количества меланоидинов, лучше использовать солевую форму.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, впервые установлено, что взаимодействие меланоидинов и ионообменником АВ-17×2П сопровождается не только их поглощением по молекулярному механизму и за счет механического сцепления с фрагментами матрицы, но и превращением отдельных окрашенных компонент в фазе смолы. Можно полагать, что в данном случае проявляется каталитическое влияние ионообменника.

Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования РФ в рамках государственного задания ВУЗам в сфере научной деятельности на 2023-2025 годы, проект FZGU-2023-0009.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Сапронов А.Р., Сапронова Л.А., Ермолаев С.В. Технология сахарного производства. Санкт-Петербург, ИД «Профессия», 2015. 296 с.
- Пономарева А.М. // Прикладная биохимия и микробиология. 1965. Т. 1. №5. С. 566-584.
- Селеменев В.Ф., Рудаков О.Б., Славинская Г.В., Дроздова Н.В. Пигменты пищевых производств (меланоидины). Москва, ДеЛи принт, 2008. 246 с.
- Селеменев В.Ф. Меланоидины. Воронеж, ВГУ, 2004. 196 с.
- Тарасова И.А. // Сахар. 2017. № 3. С. 48-49.
- Jamane T., Suzuki K., Takanuzawa J. // Paper presented at the 13* Congress of the Commission International Technique de Sucrierie; Falsterbo. 1960, pp. 609-618.
- Jamane T., Suzuki K. // Zeitschrift fur die Zuckerindustrie. 1963. Vol 11, pp. 629-631.
- Jamane T., Suzuki K. // Proceedings of the Research Society of Japan Sugar Refineries Technologists. 1963. Vol. 13, pp. 37-41.
- Селеменев В.Ф. Дисс. докт. хим. наук. Воронеж, 1993, 603 с.
- Селеменев В.Ф. // Теория и практика сорбционных процессов. 1983. №16. С. 58-65.
- Рудаков О.Б., Востров И.А., Федоров С.В., Филиппов А.А., Селеменев В.Ф., Приданцев А.А. Спутник хроматографиста. Методы жидкостной хроматографии. Воронеж, Водолей, 2004, 528 с.
- Zagorodni A.A., Kotova D.L., Selemenov V.F. // Reactive and Functional Polymers. 2002. Т. 53. № 2-3. С. 157-171.
- Казицына Л.А., Куплетская Н.Б. Применение УФ-, ИК- и ЯМР- спектроскопии в органической химии. Москва, Высшая школа, 1971. 264 с.
- Наканиси К. Инфракрасная спектроскопия и строение органических соединений. Москва, Мир, 1965. 216 с.
- Дехант И., Данц Р., Киммер В., Шмольке Р. Инфракрасная спектроскопия полимеров. Москва, Химия, 1976. 471 с.
- Збинден Р. Инфракрасная спектроскопия высокополимеров. Москва, Мир, 1966, 356 с.
- Кросс. А. Введение в практическую инфракрасную спектроскопию. Москва, ИЛ, 1961, 110 с.
- Апсите А.Ф., Межня Г.Р., Осе В.П. // Атлас морфологических исследований. Рига: Зинанте. 1978. 160 с.
- Селеменев В.Ф., Чикин Г.А., Вайссенберг Н.В., Завьялова Т.А., Угрянская В.А., Шамрицкая И.П. // Сахарная промышленность. 1972. № 2. С. 7-11.
- Prey V., Andres H. Nebenreaktionen der Saftreinigung // Zeitschrift fur die Zuckerindustrie. 1971. № 6. pp. 267-272.
- Беллами Л. Новые данные по ИК-спектрам сложных молекул. Москва, ИЛ, 1971, 318 с.
- Цундель Г. Гидратация и межмолекулярное взаимодействие. Москва, Мир, 1972, 404 с.
- Чиргадзе Ю.Н. Инфракрасные спектры и структура полипептидов и белков. Москва, Наука, 1965, 136 с.

Селеменев В.Ф., Беланова Н.А., Назарова А.А., Беланова А.А., Синяева Л.А.

*Воронежский государственный университет
Селеменев В. Ф., д.х.н., проф. каф. аналитической химии
e-mail: common@chem.vsu.ru*

*Voronezh State University
Selemenev V. F., PhD., DSci., professor of the department analytical chemistry
e-mail: common@chem.vsu.ru*

*Беланова Н. А., к.х.н., ассистент каф. аналитической химии
e-mail: belanovana@mail.ru*

*Belanova N. A., PhD., the assistant of the Department of Analytical Chemistry
e-mail: belanovana@mail.ru*

*Назарова А. А., ассистент каф. аналитической химии
e-mail: march_rabbit@list.ru*

*Nazarova A. A., the assistant of the Department of Analytical Chemistry
e-mail: march_rabbit@list.ru*

*Синяева Л. А., к.х.н., ведущий инженер центра коллективного пользования научным оборудованием
e-mail: liliya.sinyaevavsu@mail.ru*

*Sinyaeva L. A., PhD in Chemistry, the senior engineer of the VSU Centre for the Collective Use of Scientific Equipment
e-mail: liliya.sinyaevavsu@mail.ru*

*ФГБОУ ВО «Воронежский государственный медицинский университет им. Н.Н. Бурденко»
Беланова А. А., студент
e-mail: anastasiyabelanova@mail.ru*

*Burdenko Voronezh State Medical University
Belanova A. A., student
e-mail: anastasiyabelanova@mail.ru*

INTERACTION OF MELANOIDS FROM SUGAR PRODUCTION WITH ANIONITE AV-17×2P

V. F. Selemeney¹, N. A. Belanova¹, A. A. Nazarova¹, A. A. Belanova², L. A. Sinyaeva¹

¹*Voronezh State University*

²*Burdenko Voronezh State Medical University*

Abstract. As a rule, pigments of food production are multicomponent, difficult-to-separate mixtures of components. The group of natural high-molecular nitrogen-containing organic acids, whose molecules contain aromatic groups - melanoidins, has the highest chromaticity. The most difficult and time-consuming step in the study of melanoidins is their isolation initially as a mixture without disturbing the molecular structure. To purify melanoidins, extraction, precipitation with alkalis, acids with the addition of electrolytes, and dialysis are used [1, 2, 3-4]. For subsequent separation and concentration, it is possible to use sorption-chromatographic processes. One of the important exposures that pigments undergo experience and is of interest to researchers is the interaction of melanoidins with sorbents (including anion exchangers), which are used to purify the target physiologically active components. In fact, in this case, we can talk about the influence of the chemical field on the pigments.

In this study, sorption of pigments by macroporous anion exchange resin AV-17×2P (highly basic anion exchange resin with quaternary ammonium groups) was carried out under dynamic conditions. The melanoidins absorbed by the resin were successively eluted with distilled water and 0.5 M solutions of hydrochloric acid or sodium hydroxide at a rate of 15 dm³/h. Separation into individual components of the original and contained in the eluates of the pigments was realized using electrophoresis on paper (Filtrak no. 11, Germany). The substances of individual electrophoretic zones were eluted with water, and the eluates were studied by UV spectrophotometry and IR spectroscopy.

It was shown that the new colored and uncolored components formed during the interaction of melanoidins with the AV-17×2P anion exchanger differ significantly from the initial products. In this case, pigments transformations occur both on the salt and on the hydroxyl form of the anion exchange resin. However, it can be assumed that deeper transformations of melanoidins are observed on the OH-form of the anion exchanger, in the phase where the enlargement of individual components and their irreversible

absorption occurs. Therefore, under conditions of purification of sugar solutions with significant amounts of melanoidins, it is preferable to use the Cl-form of the anion exchanger.

Keywords: anion exchanger AV-17×2P, sorption, melanoidins, electrophoresis, IR spectroscopy, stretching vibrations, bending vibrations.

REFERENCES

1. Saprnov A.R., Saprnova L.A., Ermolaev S.V. Tehnologija saharnogo proizvodstva. SPb, ID «Professija», 2015. 296 p.
2. Ponomareva A.M. Prikladnaja biokhimiya i mikrobiologija. 1965. Vol. 1. No. 5, pp. 566-584.
3. Selemenev V.F., Rudakov O.B., Slavinskaja G.V., Drozdova N.V. Pigmenty pishhevyh proizvodstv (melanoidiny). Moskva, DeLi print, 2008. 246 p.
4. Selemenev V.F. Melanoidiny. Voronezh, VGU, 2004, 196 p.
5. Tarasova I.A. Sahar. 2017. Vol. 3, pp. 48-49.
6. Jamane T., Suzuki K., Takanuzawa J. Paper presented at the 13* Congress of the Commission International Technique de Sucrierie; Falsterbo, 1960, pp. 609-618.
7. Jamane T., Suzuki K. Zeitschrift fur die Zuckerindustrie, 1963, Vol. 11, pp. 629-631.
8. Jamane T., Suzuki K. Proceedings of the Research Society of Japan Sugar Refineries Technologists, 1963, Vol. 13, pp. 37-41.
9. Selemenev V.F. Diss. dokt. chem. nauk. Voronezh, 1993, 603 p.
10. Selemenev V.F. Teorija i praktika sorbcionnyh processov, 1983, Vol. 16, pp. 58-65.
11. Rudakov O.B., Vostrov I.A., Fedorov S.V., Filippov A.A., Selemenev V.F., Pridancev A.A. sputnik hromatografista. Metody zhidkostnoj hromatografii. Voronezh, Vodolej, 2004, 528 p.
12. Zagorodni A.A., Kotova D.L., Selemenev V.F. Reactive and Functional Polymers. 2002, Vol. 53, No 2-3, pp. 157-171.
13. Kazicyna L.A., Kupletskaja N.B. Primenenie UF-, IK- i JaMR- spektroskopii v organicheskoj himii. Moskva, Vysshaja shkola, 1971, 264 p.
14. Nakanisi K. Infrakrasnaja spektroskopija i stroenie organicheskikh soedinenij. Moskva, Mir, 1965. 216 p.
15. Dehant I., Danc R., Kimmer V., Shmol'ke R. Infrakrasnaja spektroskopija polimerov. Moskva, Himija, 1976, 471 p.
16. Zbinden R. Infrakrasnaja spektroskopija vysokopolimerov. Moskva, Mir, 1966, 356 p.
17. Kross. A. Vvedenie v prakticheskiju infrakrasnuju spektroskopiju. Moskva, IL, 1961, 110 p.
18. Apsite A.F., Mezhnja G.R., Ose V.P. Atlas morfologicheskikh issledovanij. Riga, Zinante, 1978, 160 p.
19. Selemenev V.F., Chikin G.A., Vajssenberga N.V., Zav'jalova T.A., Ugljanskaja V.A., Shamrickaja I.P. Saharnaja promyshlennost', 1972, Vol. 2, pp. 7-11.
20. Prey V., Andres H. Zeitschrift fur die Zuckerindustrie, 1971, Vol. 6. pp. 267-272.
21. Bellami L. Novye dannye po IK-spektram slozhnyh molekul. Moskva, IL, 1971, 318 p.
22. Cundel' G. Gidratacija i mezhmolekuljarnoe vzaimodejstvie. Moskva, Mir, 1972, 404 p.
23. Chirgadze Ju.N. Infrakrasnye spektry i struktura polipeptidov i belkov. Moskva, Nauka, 1965, 136 p.