

ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ. ХИМИЧЕСКАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

УДК 66

**С. Н. РЯГИН
В. А. ОВСЯННИКОВА**Омский государственный
технический университет

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ИМБИРЯ НА ПРОЦЕСС СКВАШИВАНИЯ В ПРОИЗВОДСТВЕ МОЛОЧНЫХ БЕЛКОВЫХ ПРОДУКТОВ

В ходе научно-исследовательской работы были получены следующие результаты. Теоретически обоснована и экспериментально подтверждена возможность использования такой пряности, как имбирь, в технологии молочных белковых продуктов для повышения пищевой ценности и хранимостепособности продукта. Изучены консервирующие действия имбиря. Показано, что внесение в молочные продукты имбирного пюре или имбирного порошка приводит к значительному повышению содержания витаминов (особенно А, С и РР), минеральных веществ (калий, магний, железо) и придает конечному продукту оригинальный специфический пряный привкус.

Ключевые слова: молочно-белковый продукт, имбирь, сквашивание, сроки хранения.

Важнейшей стратегической задачей пищевой и перерабатывающей промышленности Омской области в современных условиях является удовлетворение потребностей всех категорий населения в высококачественных, биологически полноценных и безопасных продуктах питания.

Ухудшение экологической обстановки, проявляющееся в накоплении в продуктах питания разнообразных токсичных и мутагенных веществ; применение при производстве продуктов питания пищевых

добавок, улучшающих органолептические и технологические свойства продукции, но неблагоприятно действующих на организм человека; использование продуктов промышленного производства, в которых в результате проведения жесткой технологической обработки полностью или частично отсутствуют природные биологически активные вещества — витамины, минеральные элементы, фосфолипиды, фитостерины и другие биорегуляторы обмена веществ, гормональной деятельности, иммунитета и функций

Биологическая и пищевая ценность имбиря
(в 100 граммах молотого имбиря содержится)

Питательные вещества (г)	Минеральные вещества (мг)	Витамины (мг)
Белки — 9,2 Жиры — 5,9 Углеводы — 70,9 Клетчатка — 5,9	Кальций — 116 Железо — 11,52 Магний — 184 Фосфор — 148 Калий — 1,34 Натрий — 32 Цинк — 4,73	С — 12 В ₁ — 0,046 В ₂ — 0,19 Ниацин — 5,2 А — 0,015

отдельных органов и систем организма; рост потребления ряда лекарственных средств без учета их действия на желудочно-кишечный тракт и населяющую его микрофлору, деятельность которой необходима для здоровья человека, — все это приводит к необходимости создания молочно-белковых продуктов функционального назначения, обогащенных биологически активными веществами и добавками [1].

По своему предназначению они относятся к продуктам массового потребления, т.е. имеют вид традиционной пищи и предназначены для питания в составе обычного рациона основных групп населения, но содержат физиологически ценные природные ингредиенты, которые восполняют дефицит эссенциальных пищевых веществ и оказывают биологически значимое позитивное воздействие [1].

Потребление таких молочно белковых продуктов способствует защите от желудочно-кишечных инфекций, улучшению функционирования иммунной системы, снижению содержания холестерина в крови и даже защите от онкологических заболеваний, предупреждению появления атеросклероза, восстановлению нитратов в нитриты. При употреблении молочно-белковых продуктов целевого назначения происходит улучшение обменных процессов в организме, восстанавливаются силы, снижается усталость [2].

Современная тенденция к увеличению срока годности продуктов выдвигает проблему сохранения качества его текстуры в процессе длительного хранения. Поиск путей, обеспечивающих высококачественную консистенцию, устойчивую к различным неблагоприятным воздействиям и стабильную в процессе длительного хранения, является насущной задачей.

Большинство же современных технологий ориентировано на производство продуктов с гарантированно повышенным сроком хранения. Для этого во многих технологиях используют режимы высокотемпературной обработки сырья или использование консервантов химического происхождения, что не всегда является безопасным.

В связи с этим в настоящее время при разработке специализированных продуктов сбалансированного состава, обладающих лечебно-профилактическими свойствами, являются актуальными исследования по замене консервантов химического происхождения на натуральные вещества, обладающие консервирующими свойствами, с целью сохранения свойств продуктов в процессе хранения.

В ходе научно-исследовательской работы были получены следующие результаты:

— теоретически обоснована и экспериментально подтверждена возможность использования такой пряности, как имбирь, в технологии молочно-белковых продуктов для повышения пищевой ценности и хранимоспособности продукта;

— изучены консервирующие действия имбиря.

Показано, что внесение в молочные продукты имбирного порока или имбирного порошка приводит к значительному повышению содержания витаминов (особенно А, С и РР), минеральных веществ (калий, магний, железо) и придает конечному продукту оригинальный специфический пряный привкус.

Обоснование использования имбиря в качестве пряной добавки. Имбирь — культурное многолетнее теплолюбивое растение семейства имбирных [3].

Содержание эфирного масла в сухих корневищах составляет 1,5–3 %, главным его компонентом является цингиберен (зингиберен) — до 70 %, крахмал — 4 %, гингерол — 1,5 %, камфен, линалоол, гингерин, фелландрен, бисаболен, борнеол, цитраль, цинеол, сахар и жир. Также имбирь содержит витамины С, В₁, В₂, А и незаменимые аминокислоты [4, 5].

Корень этого растения улучшает кровообращение и является прекрасным противовоспалительным средством. Имбирь давно используется в восточной медицине при лечении нарушений опорно-двигательного аппарата, в том числе ревматизма и остеоартрита. Пряный, терпкий аромат имбиря обусловлен содержащимся в нем эфирным маслом (1,2–3 %), а его жгучий вкус зависит от наличия фенолоподобного вещества гингерола. Имбирь (*Zingiber officinale*), как и другие лекарственные растения, содержит очень сложную смесь фармакологически активных компонентов, среди них гингеролы, бета-каротин, капсаицин, кофеиновая кислота, куркумин. Кроме этого имбирь содержит в себе все незаменимые аминокислоты, включая триптофан, треонин, лизин, метионин, фениланин, валин и др. [4].

Имбирь богат солями магния, кальция и фосфора, а также витаминами С, В₁, В₂ и А. Помимо этого в имбире содержится железо, цинк, калий и натрий.

Повышенный интерес к имбирю в последнее время вызван также его применением в качестве натурального средства, способствующего похудению. Это связано с тем, что имбирь улучшает ток крови, что способствует сжиганию жировой клетчатки. Корень имбиря создает также **термогенетический эффект**, то есть увеличивает выработку тепла и ускоряет клеточный обмен. Это его свойство, в частности, используется в современных термогенетических препаратах для похудения, таких как Slim Formula [5].

Особый терпкий и пряный аромат имбирного корня ощущается из-за содержания в нем 1–3 % эфирного масла, которое сосредоточено преимущественно в корневище (табл. 1).

Жгучий вкус имбирному корню придает фенолоподобное вещество гингерол. Также имбирь содержит все незаменимые аминокислоты, включая треонин, триптофан, лейзин, фениланин, метионин, валин и другие

Имбирь обладает высоким лечебным эффектом, благодаря содержащимся в нем эфирным маслам и богатому спектру флавоноидов, которые придают

многим из них яркие насыщенные цвета и одновременно являются сильными антиоксидантами. Так, имбирь уничтожает злокачественные клетки при раке яичников, а вещество, обеспечивающее острый вкус жгучего перца, способно привести к сокращению раковых опухолей поджелудочной железы, как полагают авторы двух работ, недавно представленных на конференции Американской ассоциации по исследованию рака.

Острый, пряный вкус имбиря помогает пищеварению, стимулирует образование желудочного сока и улучшает аппетит.

Имбирь употребляется для производства желудочных и горьких ликеров, например, бенедиктина, фруктовых соков и пуншей, а в Англии — популярного имбирного пива.

Добавляют имбирь в тесто для печенья, в пудинги, различные сладости, компоты из груш и в консервированные тыкву, огурцы, при изготовлении мармелада, желе и засахаренных фруктов.

Имбирь придает тонкий привкус супам, в смеси с солью употребляется для сдобривания сыров, изделий из мяса, рыбы, вареной курицы, жареного мяса и овощей [4].

Таким образом, такая пряность, как имбирь, в качестве добавки к молочно-белковому продукту позволяет подчеркнуть специфические свойства продукта, придавая соответствующий аромат, усилить сохраняемость молочно-белкового продукта и повысить пищевую ценность.

Основой экспериментального продукта является творог, свойства которого необходимо рассмотреть для составления общей оценки пищевой и энергетической ценности нового продукта.

В состав творога входит 14–17 % белков, до 18 % жира, 2,4–2,8 % молочного сахара. Он богат кальцием, фосфором, железом, магнием — веществами, необходимыми для роста и правильного развития молодого организма. Творог и изделия из него очень питательны, так как содержат много белков и жира. Белки творога частично связаны с солями фосфора и кальция. Это способствует лучшему их перевариванию в желудке и кишечнике. Поэтому творог хорошо усваивается организмом [6].

Творог рекомендуется больным туберкулезом и страдающим малокровием. Он полезен при заболеваниях сердца и почек, сопровождающихся отеками, так как кальций способствует выведению жидкости из организма. Обезжиренный творог рекомендуется при ожирении, болезнях печени, атеросклерозе, гипертонической болезни, инфаркте миокарда. При подагре и других заболеваниях, когда белки мяса и рыбы противопоказаны, их заменяют белком творога.

Специфическими достоинствами творог, как продукт лечебного и детского питания, обязан наличию сравнительно большого количества белков, благоприятному сочетанию минеральных веществ и микроэлементов, а также незаменимой аминокислоте — метионину. По содержанию метионина (495 мг%) нежирный творог уступает только соевой муке. Весьма богат также творог холином (73,5 мг%), есть в нем и лецитин (2,0 мг%). Все это позволяет широко использовать творог, особенно нежирный и средней жирности, для профилактики и лечения атеросклероза, ожирения печени. Удачное сочетание метионина с другой незаменимой аминокислотой — триптофаном придает творогу свойства, полезные для поддержания должных функций систем дыхания, кровообращения, пищеварения и нервной системы [7].

Жиры и белки творога усваиваются сравнительно быстро и полно. По некоторым данным, суспензия творога организмом человека утилизируется быстрее яичного альбумина.

Творог — это благоприятная питательная среда для размножения некоторых болезнетворных микроорганизмов. Например, вирус — возбудитель полиомиелита сохраняет жизнеспособность в твороге до 120 суток. Плюс ко всему творог — продукт скоропортящийся. Поэтому при его изготовлении, хранении и транспортировке неукоснительно должны соблюдаться санитарно-гигиенические требования [7].

Учитывая вышеизложенное, можно сделать вывод, что для сохранения творога часто используются консерванты химического происхождения, в дальнейшем эксперименте исследовались консервирующие свойства имбиря.

Основой для разработки технологии производства молочно-белкового продукта была выбрана классическая технология производства творога кислотным способом. Для эксперимента была определена следующая последовательность операций: пастеризация молока при температуре 82–85 градусов Цельсия, охлаждение до температуры сквашивания 28–30 градусов Цельсия, внесение закваски в количестве 5 % к массе сырья, внесение имбиря, перемешивание, сквашивание при температуре 30 градусов Цельсия, определение титруемой кислотности, через определённые промежутки времени 2, 4, 6, 18, 20 часов, определение органолептических показателей, обработка результатов.

Для приготовления творожного продукта с пряным наполнителем в качестве закваски была выбрана закваска «Наринэ», которая представляет собой живую микробную массу культуры ацидофильных палочек штамма 317/402 КОЕ/г $1,0 \cdot 10^9$ естественного происхождения.

Имбирь в виде порошка, как консервант, добавлялся после сквашивания в готовый творог для снижения нарастания кислотности.

Исследование влияния имбиря на процесс сквашивания молочной основы. Возможность изменения и регулирования нарастания кислотности в кисломолочных белковых продуктах имеет большое значение в формировании их технологических и потребительских свойств. При этом особенно ценно, когда компонент обеспечивает выполнение нескольких функций, например, обогатителя и консервирующего компонента.

Теоретически обосновано, что использование имбиря при производстве комбинированных молочных продуктов не только повышает пищевую и биологическую ценность продуктов, но и оказывает угнетающее влияние на развитие микроорганизмов закваски. Поэтому на этапе эксперимента были проведены исследования влияния имбиря на процесс сквашивания молочной основы.

Влияние имбиря на процесс сквашивания молочной основы изучали на трех опытных образцах, где имбирь был добавлен в разных количествах в пастеризованное молоко, заквашенное закваской «Наринэ», в количестве 5 % от массы сырья.

Опытный образец № 1 содержал 0,01 % имбиря от массы основного сырья, образец № 2 — 0,015 %, образец № 3 — 0,02 %.

При исследовании влияния имбиря на процесс сквашивания молочной основы измеряли титруемую кислотность через 2 часа после добавления закваски и имбиря, далее через 4, 6, 18, 20 часов (табл. 2).

Таблица 2
Влияние дозы имбиря на нарастание кислотности кисломолочного продукта

Опытные образцы	Титруемая кислотность, градус Тернера				
	2 часа	4 часа	6 часов	18 часов	20 часов
№ 1	32	59	85	112	114
№ 2	30	46	78	93	95
№ 3	33	56	81	92	102

Таблица 3
Влияние дозы имбиря на органолептические показатели кисломолочного продукта

Доза пряности, %	Органолептические оценки					
	Консистенция	Баллы	Вкус и запах	Баллы	Цвет	Баллы
0,01	В меру плотная, слегка жидковатая	4,5	Кисломолочный, хорошо выраженный	3,5	Молочно-кремовый	5
0,015	Плотная, без отделения сыворотки	5,0	Кисломолочный, с небольшим привкусом имбиря	5	Молочно-кремовый	5
0,02	Плотная без отделения сыворотки	4,8	Кисломолочный, с характерным привкусом имбиря	4,5	Молочно-кремовый	5

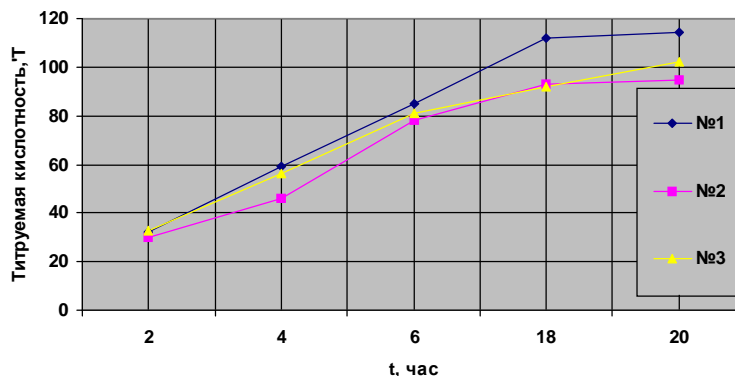


Рис. 1. Влияние имбиря на процесс сквашивания молочной основы

По данным табл. 2 был построен график, показанный на рис. 1, на котором наглядно видно, что в опыте № 2 с содержанием имбиря 0,015 % задерживается нарастание кислотности.

Таким образом, имбирь в количестве 0,015 % оказывает консервирующее действие в молочном продукте.

В процессе производства кисломолочного продукта имеет важное значение качество образовавшегося сгустка. Для этого применяли оценку образовавшегося сгустка по органолептическим показателям. Оценка производилась по пятибалльной шкале (табл. 3).

Анализ влияния дозы имбиря на консистенцию продукта показывает: наиболее высокие органолептические показатели имеют продукты с содержанием пряности 0,015 % (рис. 1).

Проанализировав все полученные данные можно сделать вывод, что имбирь в качестве добавки к молочному-белковому продукту выполняет несколько функций:

— обогащает его множеством полезных веществ, основными из них являются: аспарагин, алюминий, кальций, каприловая кислота, хром, холин, жиры, волокно, железо, германий, линолевая кислота, мар-

ганец, магний, олеиновая кислота, никотиновая кислота, фосфор, кремний, калий, натрий, витамин С; — обогащает вкусовыми качествами;

— является консервантом.

Таким образом, имбирь в количестве 0,015 % в виде порошка будет применяться после сквашивания, для предотвращения нарастания излишней кислотности.

Результаты полученных исследований будут использованы для разработки нормативно-технической документации на новый молочный-белковый продукт с целью внедрения его в производство.

Библиографический список

1. Борзунова, Ю. В. Обоснование и разработка биотехнологии молочного-белкового продукта с натуральными наполнителями : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.18.07 / Ю. В. Борзунова. — Владивосток : Тихоокеан. гос. экон. ун-т, 2009. — С. 4.
2. Петров Д. А. Разработка состава и технологии углеводно-белкового сквашенного напитка для спортивного питания : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.18.04 / Д. А. Петров. — СПб. : Санкт-Петербургский гос. ун-т низкотемпературных и пищ. технологий, 2009. — С. 6.

3. Товароведение и экспертиза потребительских товаров : учебник / Под ред. проф. В. В. Шевченко. — М. : ИНФРА-М, 2012. — 544 с.

4. Беркетова Л. В. Лекарственные растения как один из основных компонентов БАД и источник пищевых волокон / Л. В. Беркетова // Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования : V Междунар. симп. — М., 2003. — Т. 1. — С. 116–118.

5. Гаврилова, Н. Б. Технология молока и молочных продуктов: традиции и инновации / Н. Б. Гаврилова, М. П. Щетинин. — М. : КолосС, 2012. — 544 с.

6. Бредихин, С. А. Технология и техника переработки молока / С. А. Бредихин, Ю. В. Космодемьянский, В. Н. Юрий. — М. : Колос, 2008. — С. 67.

7. Технология молока и молочных продуктов / Г. В. Твердохлеб [и др.]. — М. : Агропромиздат, 1991. — С. 89.

РЯГИН Сергей Николаевич, доктор педагогических наук, профессор кафедры химии.

Адрес для переписки: ryagin_sn@mail.ru

ОВСЯННИКОВА Вера Анатольевна, кандидат технических наук, доцент (Казахстан), инженер-технолог.

Статья поступила в редакцию 30.06.2014 г.

© С. Н. Рягин, В. А. Овсянникова

УДК 541.183

**С. О. ПОДГОРНЫЙ
О. Т. ПОДГОРНАЯ
Е. Д. СКУТИН
И. В. МОЗГОВОЙ**

Омский государственный
технический университет

КИСЛОТНО-ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА КОМПОНЕНТОВ СИСТЕМЫ ZnSe—CdTe

Исследованы кислотно-основные свойства ZnSe, CdTe а также твердых растворов на их основе. Выявлен слабокислый характер поверхности изученных материалов. Показана возможность предварительной оценки адсорбционной чувствительности компонентов системы ZnSe—CdTe.

Ключевые слова: полупроводники, твердый раствор, кислотно-основные свойства.

Одним из перспективных направлений поиска материалов для новой техники, нанотехники, сенсорной электроники, а также адсорбентов и катализаторов является получение и исследование многокомпонентных систем на основе алмазоподобных полупроводников [1].

Работа продолжает цикл исследования физико-химических свойств поверхности компонентов одной из таких систем — ZnSe—CdTe [2–5] и посвящена исследованию ее кислотно-основных свойств.

Объекты исследования представляли собой порошки компонентной системы ZnSe—CdTe, длительное время экспонированные на воздухе и в атмосфере монооксида углерода (24 часа). Кислотно-основные свойства поверхности изучали методами гидролитической адсорбции (определение рН изоэлектрического состояния) и механохимии [6].

Значения $pH_{\text{изо}}$ для всех образцов, длительное время хранившихся на воздухе, меньше 7, что указывает на превалирование на поверхности кислотных центров (рис. 1). Ответственными за данные активные центры, как и на других алмазоподобных полупроводниках [1], должны выступать преимущественно координационно-ненасыщенные атомы Zn и Cd (центры Льюиса), адсорбированные молекулы воды и группы OH (центры Бренстеда).

Что касается концентрационной зависимости $pH_{\text{изо}}$, с увеличением мольной доли ZnSe в ряду $CdTe_x(ZnSe)_{1-x}$ значение водородного показателя изоэлектрического состояния изменяется

от 5,99 до 6,67, проходя через минимум, отвечающий твердому раствору состава $(ZnSe)_{0,05}(CdTe)_{0,95}$

В целях выяснения возможности предварительной оценки поверхностной чувствительности компонентов системы ZnSe—CdTe по отношению к оксиду углерода (II) по кислотно-основным свойствам было исследовано поведение водородного показателя изоэлектрического состояния поверхности после экспонирования в атмосфере угарного газа.

Как видно из представленных данных, выдержка образцов в СО приводит к смещению $pH_{\text{изо}}$ в щелочную область (рис. 1, 2). При этом характер концентрационной зависимости водородного показателя в целом сохраняется (рис. 1). Наблюдаемое явление, как и в работе [1], можно объяснить на основе представлений о двойственной функции и электронной структуры молекулы оксида углерода. Вследствие избыточной электронной плотности, обусловленной наличием неподеленных электронных пар атомов кислорода и углерода, а также за счет образования двойных связей между ними, молекула угарного газа может выступать в роли основания Льюиса — донора электронных пар.

Взаимодействие свободных орбиталей координационно-ненасыщенных атомов Zn и Cd и неподеленных электронных пар СО приводит к частичному гашению льюисовских кислотных центров поверхности полупроводников, что, вероятно, обуславливает смещение водородного показателя изоэлектрического состояния в щелочную область.

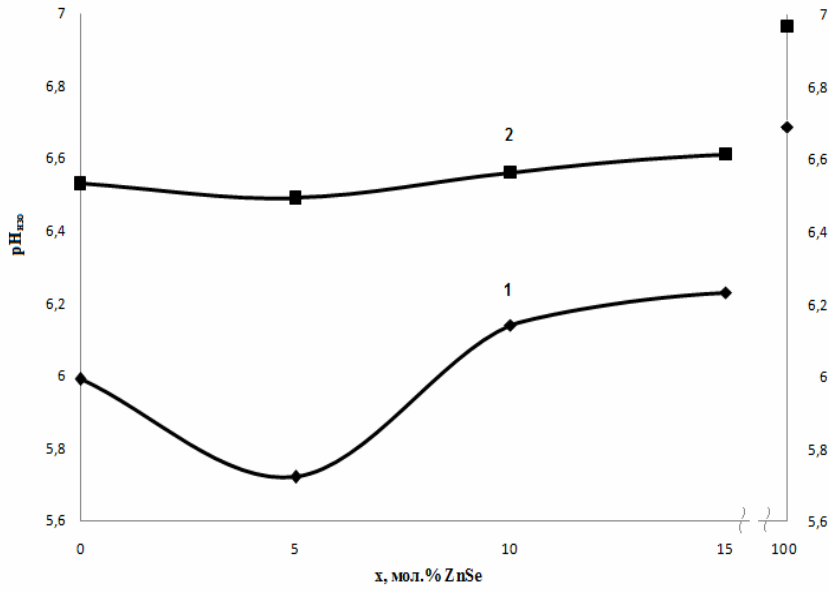


Рис. 1. Концентрационные зависимости $pH_{изв}$ поверхности компонентов системы ZnSe–CdTe, экспонированных на воздухе (1) и в CO (2)

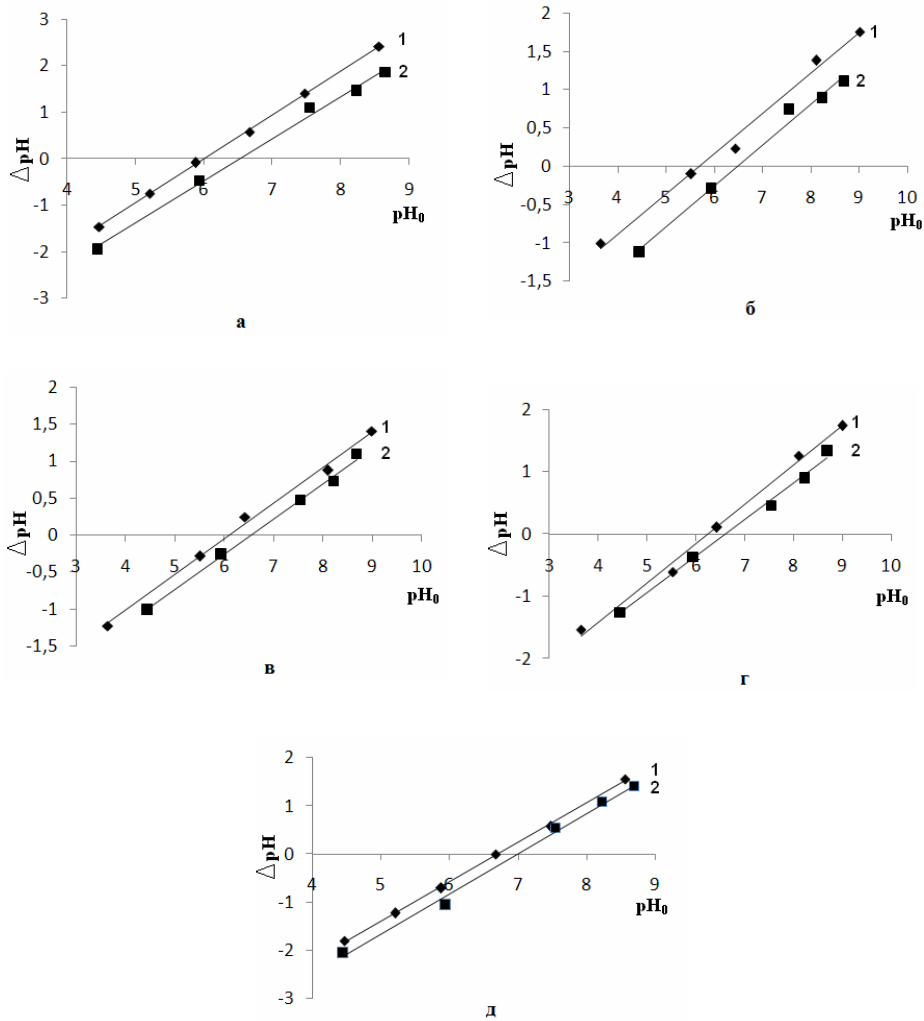


Рис. 2. Зависимости $\Delta pH = f(pH_0)$ для твердых растворов системы ZnSe–CdTe, содержащих 0(а), 5(б), 10(в), 15(г) и 100(д) мол. % ZnSe, экспонированных на воздухе (1) и в CO (2)

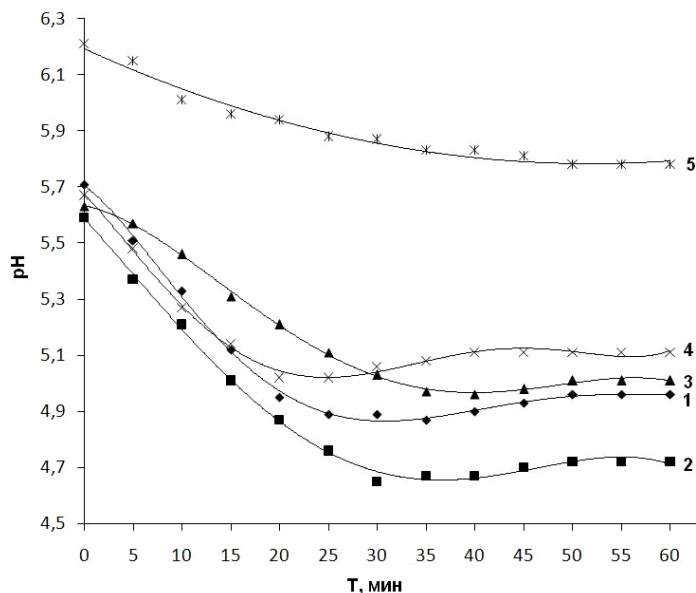


Рис. 3. Кинетические изотермы диспергирования в воде порошков компонентов системы ZnSe–CdTe, содержащих 0 (1), 5 (2), 10 (3), 15 (4) и 100 (5) мол. % ZnSe

Индивидуальные значения $\text{DpH}_{\text{изо}}$ для всех адсорбентов после экспонирования в атмосфере CO (с максимумом $\text{DpH}_{\text{изо}} = 0,77$ для твердого раствора состава $(\text{ZnSe})_{0,05}(\text{CdTe})_{0,95}$) логично связать с различной чувствительностью поверхности по отношению к выбранному адсорбату. Полученные данные указывают на возможность предварительной оценки поверхностной чувствительности компонентов системы ZnSe–CdTe, как и ей подобных [1], необходимой при разработке адсорбционных сенсоров-датчиков.

Активность координационно-ненасыщенных атомов подтверждают результаты механохимических исследований (рис. 3). Диспергирование в дистиллированной воде крупнодисперсных порошков образцов изучаемой системы, экспонированных на воздухе, приводит к подкислению среды вследствие образования кислот H_2SeO_4 и H_2TeO_4 . Последние являются продуктами взаимодействия координационно-ненасыщенных атомов Se и Te с активными частицами H^+ и O^- , образующихся в результате десорбции воды [1].

По увеличению абсолютного значения DpH среды компоненты системы ZnSe–CdTe располагаются в ряд: ZnSe (0,43), $(\text{ZnSe})_{0,15}(\text{CdTe})_{0,85}$ (0,56), $(\text{ZnSe})_{0,10}(\text{CdTe})_{0,90}$ (0,62), CdTe (0,75), $(\text{ZnSe})_{0,05}(\text{CdTe})_{0,95}$ (0,87). Соответственно, в аналогичной последовательности изменяется и сила кислотно-основных центров.

Незначительное повышение pH в конце механохимического воздействия, наблюдаемое в случае диспергирования CdTe и твердых растворов изучаемой системы, вероятно, как и в работе [1], связано с гидролизом кислотных остатков слабой кислоты — ионов TeO_4^{2-} .

Заключение. Методами гидролитической адсорбции (определение pH изoeлектрического состояния) и механохимии исследованы кислотно-основные свойства компонентов системы ZnSe–CdTe. Выявлен слабокислый характер поверхности изученных материалов. Показана возможность предварительной оценки адсорбционной чувствительности компонентов системы ZnSe–CdTe.

Библиографический список

1. Кировская, И. А. Твердые растворы бинарных и многокомпонентных полупроводниковых систем : монография / И. А. Кировская. — Омск : ОмГТУ, 2010. — 400 с.
2. Кировская, И. А. Адсорбция газов на бинарных и многокомпонентных полупроводниках системы ZnSe–CdTe / И. А. Кировская, С. О. Подгорный // Журнал физической химии. — 2011. — Т. 85, № 11. — С. 2012–2018.
3. Кировская, И. А. Новые катализаторы окисления монооксида углерода / И. А. Кировская, С. О. Подгорный // Журнал физической химии. — 2012. — Т. 86, № 1. — С. 18–22.
4. Наноматериалы для сенсоров-датчиков на основе системы ZnSe–CdTe. Адсорбционные и электрофизические исследования / И. А. Кировская, С. О. Подгорный [и др.] // Омский научный вестник. — 2012. — № 2 (110). — С. 52–56.
5. Адсорбционные свойства компонентов системы ZnSe–CdTe. Размерные эффекты / С. О. Подгорный [и др.] // Омский научный вестник. — 2013. — № 3 (123). — С. 50–52.
6. Кировская, И. А. Кинетика химических реакций. Химическое равновесие : учебное пособие / И. А. Кировская. — Омск : ОмГТУ, 2006. — 208 с.

ПОДГОРНЫЙ Станислав Олегович, кандидат химических наук, доцент кафедры «Химическая технология и биотехнология».

ПОДГОРНАЯ Оксана Тарасовна, кандидат химических наук, доцент кафедры «Химическая технология и биотехнология».

СКУТИН Евгений Дмитриевич, кандидат физико-математических наук, доцент (Россия), доцент кафедры «Химическая технология и биотехнология».

МОЗГОВОЙ Иван Васильевич, доктор технических наук, профессор (Россия), профессор кафедры «Химическая технология и биотехнология».

Адрес для переписки: pso711@mail.ru

Статья поступила в редакцию 30.06.2014 г.

© С. О. Подгорный, О. Т. Подгорная, Е. Д. Скутин, И. В. Мозговой