

УДК664(075.8)

ИЗУЧЕНИЕ РАСТВОРИМОСТИ МАГНЕТИТА В УСЛОВИЯХ, ИМИТИРУЮЩИХ ПИЩЕВАРИТЕЛЬНЫЕ ПРОЦЕССЫ ЖЕЛУДОЧНО- КИШЕЧНОГО ТРАКТА

Вивчено розчинність ультрадисперсного порошку магнетиту – поставачальника негумового заліза - в умовах, що імітують процес травлення у шлунково-кишковому тракті, в залежності від часу розчинення та рН середовища. Наведено результати спектрофотометричного та атомно-абсорбційного методів аналізу. В результаті проведених досліджень встановлено, що у модельних середовищах ШКТ розчинність магнетиту збільшувалася із зростанням часу інкубації Fe_3O_4

Ключові слова: ультрадисперсний магнетит, розчинність, процеси травлення

Изучена растворимость ультрадисперсного порошка магнетита – поставщика негумового железа - в условиях, имитирующих пищеварительный процесс желудочно-кишечного тракта в зависимости от времени растворения и рН среды. Приведены результаты спектрофотометрического и атомно-абсорбционного методов анализа. В результате проведенных исследований установлено, что во всех модельных средах ЖКТ растворимость магнетита увеличивалась с возрастанием времени инкубации Fe_3O_4

Ключевые слова: ультрадисперсний магнетит, растворимость, процессы пищеварения

И. В. Цихановская

Кандидат химических наук, доцент*
Контактный тел.: (057) 733-79-94

А. Ю. Денисова

Мастер производственного обучения**
Контактный тел.: 066-362-90-40
E-mail: 19nastyfa4ka19@mail.ru

О. Б. Скородумова

Доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой**
Контактный тел.: (057) 733-78-18
E-mail: o_skorodumova@mail.ru

Е. Я. Левитин

Доктор фармацевтических наук, профессор, заведующий кафедрой
Кафедра неорганической химии
Национальный фармацевтический университет
ул.Блюхера,4, Харьков, Украина,61002
Контактный тел.: (057) 67-92-07
E-mail: neorganic@ukrfa.kharkov.ua

В. А. Коваленко

Доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой
Кафедра гигиены питания и микробиологии
Харьковский государственный университет питания и торговли
ул. Клочковская, 333, Харьков, Украина, 61051
Контактный тел.: (057) 349-45-80

А. В. Александров

Кандидат химических наук, доцент*
Контактный тел.: (057) 733-79-94

З. В. Барсова

Ассистент*
Контактный тел.: (057) 733-79-94 E-mail: zoya_barsova@mail.ru

*Кафедра химии, нефтеорганического синтеза и химических технологий

**Кафедра технологии пищевой промышленности
Украинская инженерно-педагогическая академия
ул. Университетская, 16, г. Харьков, Украина, 61003

1. Введение

Организм человека только в незначительной степени может регулировать поступление железа из пищи и не контролирует его расходование. При отрицательном балансе обмена железа вначале расходуется железо из «депо» (латентный дефицит железа), затем возникает тканевый дефицит железа, проявляющийся в виде нарушения ферментативной активности и дыхательной функции в тканях, после чего развивается железодефицитная анемия.

Восполнение дефицита железа в организме человека обычно выполняется комплексно, путем приема железосодержащих препаратов, а также с помощью специальной диеты. Известно, что в овощах содержится достаточно высокое количество негемового железа. Негемовое железо находится в свободной ионной форме двухвалентного (Fe II) или трехвалентного железа (Fe III). Степень его усвоения ниже, чем гемового, и зависит от целого ряда факторов. Из продуктов питания усваивается только двухвалентное негемовое железо.

В связи с вышесказанным представляется целесообразным использовать в качестве поставщика двухвалентного железа ультратонкий порошок магнетита, представляющий собой двойной оксид двух- и трехвалентного железа.

Магнетит – малотоксичное вещество, обладающее сорбционными свойствами. Частицы магнетита способны адсорбировать на своей поверхности токсины различного патогенеза. Однако при приеме магнетита во внутрь возможно частичное его растворение в желудочно-кишечном тракте (ЖКТ).

2. Цель работы

Целью исследований являлось изучение растворимости порошка магнетита в условиях, имитирующих пищеварительный процесс желудочно-кишечного тракта (ЖКТ) человека.

3. Экспериментальные исследования и обсуждение результатов

Для исследований готовили ультрадисперсный порошок магнетита методом соосаждения из растворов солей двух- и трехвалентного железа.

Параметры модельного эксперимента были выбраны с учетом условий процесса пищеварения ЖКТ человека [1]: температуры (37 °С), pH пищеварительных соков, количества и времени пребывания пищеварительных соков в определенном отделе ЖКТ (табл. 1).

Контроль pH растворов проводили с помощью стеклянного электрода ЕВЛ 61 - 03 и иономера универсального ЭВ-74.

Для моделирования условий отдела желудка получали pH среды 1,8 введением 0,2 М раствора соляной кислоты и желудочного сока, содержащего фермент пепсин.

Для моделирования отдела двенадцатиперстной кишки достигали pH 5, введением 0,2 М раствора HCl, а также введением пищеварительного сока двенадцатиперстной кишки, который готовили смешением

0,2 М HCl с 0,1 мас.% панкреатина, 0,1 мас.% желудочного сока и 0,1 мас.% желчи.

Таблица 1

Условия протекания процессов пищеварения в различных отделах ЖКТ

Отдел ЖКТ	pH пищеварительных соков	Время пребывания пищеварительных соков в отделах ЖКТ, час	Количество пищеварительных соков, мл
Желудок	1,6 - 2,0	1,0	20 - 150
Двенадцатиперстная кишка	4,5 - 5,1	0,5	30 - 70
Тонкий кишечник	7,2-7,5	4	400

Необходимый для отдела тонкого кишечника pH 7,2 обеспечивали введением 0,2М раствора гидрокарбоната натрия, а также смешением 0,2М NaHCO₃ с 0,1мас.% панкреатина, 0,1мас.% желчи и 0,1мас.% желудочного сока.

Для изучения растворимости Fe₃O₄ в исходные растворы, имитирующие различные отделы ЖКТ, добавляли при перемешивании точные навески высокодисперсного магнетита. Полученные смеси выдерживали в термостате при температуре 37 °С в течение 180 минут при постоянном перемешивании. Через каждые 30, 60, 150 и 180 минут проводили отбор проб, в которых определяли концентрацию Fe (III). Определение концентраций ионов железа (III) в исследуемых растворах проводили спектрофотометрическим методом [2] (КФК-2-УХЛ) при длине волны света $\lambda = 490$ нм.

Для определения концентрации двухвалентного железа в анализируемых пробах его переводили в Fe³⁺ кипячением в присутствии концентрированной азотной кислоты. Пробу охлаждали до комнатной температуры, нейтрализовали избыток кислоты раствором гидрокарбоната натрия и определяли Fe (III) спектрофотометрически и Fe(общ) - атомно-абсорбционной спектроскопией (спектрофотометр «Сатурн» с атомизацией в воздушно-ацетиленовом пламени [2,3], давление 0,2 МПа, температура пламени - 2250 °С., длина волны для Fe - 248,3 нм).

Результаты спектрофотометрического метода анализа приведены в таблице 2 и на рисунке. Независимо от pH среды с увеличением времени выдержки магнетита в модельных растворах наблюдается увеличение концентрации перешедших в раствор ионов железа.

Наиболее активно магнетит растворяется в кислой среде (pH 1,8, раствор соляной кислоты). При уменьшении кислотности (до pH 5) растворимость Fe₃O₄ снижается на 6,35 мас.%. По-видимому, сильно кислая среда в большей степени способствует образованию комплексных соединений железа. Однако в присутствии ферментов (пепсин, химотрипсин и др.) даже при pH 1,8 наблюдается снижение растворимости магнетита, что, возможно, связано с ингибирующим действием ферментов на процесс растворения магнетита в соляной кислоте.

Таблица 2

Определение концентрации Fe^{2+} и Fe^{3+} в модельных растворах ЖКТ спектрофотометрическим методом

Отдел ЖКТ	Время, мин	Ферменты	рН	Концентрация ионов Fe,		
				моль/л · 10 ⁻³		
				Fe ²⁺	Fe ³⁺ до окисления	Fe ³⁺ после окисления
Желудок	30	0,2М HCl	1,8	2,5	4,9	7,4
		Желудочный сок		2,1	1,0	3,1
	60	0,2М HCl		3,9	8,5	12,4
		Желудочный сок		3,5	3,9	7,4
	150	0,2М HCl		7,7	11,1	18,8
		Желудочный сок		5,3	4,4	8,7
180	0,2М HCl	10,5	13,1	23,6		
	Желудочный сок	11	24,2	35,2		
Двенадцатиперстная кишка	30	0,2М HCl	5	3,5	8,3	11,8
		Панкреатин, Желуд. сок, желчь		2,4	2,1	4,5
	60	0,2М HCl		5,1	11,5	16,6
		Панкреатин, Желуд. сок, желчь		3,0	2,5	5,5
	150	0,2М HCl		8,1	12,0	20,1
		Панкреатин, Желуд. сок, желчь		3,1	4,8	7,9
	180	0,2М HCl		12,1	14,3	26,4
		Панкреатин, Желуд. сок, желчь		3,2	6,4	9,6
Тонкий кишечник	30	0,2М NaHCO ₃	7,2	0,35	0,6	0,95
		Панкреатин, жел. сок, желчь		0,4	0,8	1,2
	60	0,2М NaHCO ₃		0,7	1,1	1,8
		Панкреатин, жел. сок, желчь		0,6	1,1	1,7
	150	0,2М NaHCO ₃		0,8	1,2	2,0
		Панкреатин, жел. сок, желчь		0,8	1,6	2,4
	180	0,2М NaHCO ₃		0,9	1,8	2,7
		Панкреатин, жел. сок, желчь		1,0	1,9	2,9

4. Выводы

В результате проведенных исследований установлено, что во всех модельных средах ЖКТ растворимость магнетита увеличивалась с возрастанием времени инкубации Fe_3O_4 : в растворе соляной кислоты (рН= 1,8) : 1,2 мас.% (30мин.) - 2,38мас.% (60мин.) - 2,51 мас.% (150мин.) - 7,45 мас.% (180мин.); в растворе соляной кислоты (рН = 5): 1,8·10⁻² мас.% (30мин.) - 3,12·10⁻² мас.% (60мин.) - 4,36·10⁻² мас.% (150мин.) - 1,1мас.% (180мин.); в желудочном соке: 0,5·10⁻² мас.% (30мин.)- 9,2·10⁻² мас.% (60мин.) - 12,3·10⁻² мас.% (150мин.) - 0,3 мас.% (180мин.); в пищеварительном соке двенадцатиперстной кишки: 3,72·10⁻² мас.% (30мин.) - 5,56·10⁻²мас.% (60мин.) - 5,83·10⁻² мас.% (150мин.) - 1,55 мас.% (180мин.); в 0,2М растворе NaHCO₃ (рН= 7,2): 0,11 мас.% (30мин.) - 0,13мас.% (60мин.) - 0,18 мас.% (150мин.) - 0,21 мас.% (180мин.); в 0,2М растворе NaHCO₃ с ферментами: (рН = 7,2) - 0,13 мас.% (30мин.) - 0,19 мас.% (60мин.) - 0,27 мас.% (150мин.) - 0,35мас.% (180мин.).

Увеличение растворимости магнетита со временем пребывания в модельных средах связано с прохождением химических реакций, приводящих к образованию растворимых аква- и гидроксокомплексов железа.

Однако общее количество растворенного железа не превышает 35 · 10⁻³ моль/л, что позволяет предложить использование ультрадисперсного магнетита в качестве пищевой добавки, обеспечивающей компенсацию железодефицита человека негемовым железом.

Литература

1. Фармакотерапия [Текст]: учебник/ под ред.Б.А.Самури. – Х.:Прапор,



Рис. 1. Зависимость концентрации Fe^{3+} от времени растворения магнетита

2. Изд-во НфаУ, 2000. – Т.1. – 672с.
3. Марченко З. Фотометрическое определение элементов [Текст] З. Марченко: пер.с пол.И.В.Матвеевой. – М.:Мир, 1971. – 502 с.
4. Прайс В. Аналитическая атомно – абсорбционная спектроскопия [Текст]/ В.Прайс: пер.с англ.Б.В.Львова. – М.: Мир, 1976. – 360с.

Abstract

The paper proposed to use magnetite as biologically active substances in food. The human body only to a small extent can control the intake of iron from food and has no control over its expenditure. With a negative balance of iron metabolism initially consumes iron, then there is tissue iron deficiency, which is manifested in the form of disruption of enzymatic activity and respiratory function in tissues, and then iron deficiency anemia develops. The solubility of ultrafine powders of magnetite has been studied under conditions simulating the processes of the gastrointestinal tract. The model parameters of the experiment were chosen in accordance with the terms of the human gastro-intestinal digestion, temperature, pH, digestive juices, as well as the time when digestive juices are in the digestive tract. It is shown that the solubility of magnetite depends on the duration of the experiment and pH medium. The results of spectrophotometric and atomic absorption spectrometry analysis are shown

Keywords: ultrafine magnetite, solubility, digestion

УДК 666.29.022:546.74

АНАЛИЗ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СПОСОБОВ ВОССТАНОВЛЕНИЯ НИКЕЛЯ ИЗ ВТОРИЧНОГО СЫРЬЯ

Розраховані термодинамічні характеристики комплексу хімічних реакцій, які складають конкретні способи видобування нікелю з вторинної сировини. Наводяться висновки, що важливі для вибору кращого способу з метою його подальшого впровадження у виробництво. Запропоновані технологічні умови проведення хімічних реакцій, які складають вибраний спосіб

Ключові слова: відновлення, нікель, уротропін

Расчитаны термодинамические характеристики комплекса химических реакций, которые составляют конкретные способы получения никеля из вторичного сырья. Приводятся выводы, которые важны для выбора лучшего способа с целью его дальнейшего внедрения в производство. Предложены технологические условия проведения химических реакций, составляющих выбранный способ

Ключевые слова: восстановление, никель, уротропин

А. А. Юрченко

Аспирант

Кафедра химической технологии неорганических веществ, катализа и экологии*

Контактный тел.: (057) 755-75-85

E-mail: Annet_new@bk.ru

А. Н. Бутенко

Доктор технических наук, профессор

Кафедра общей и неорганической химии*

Контактный тел.: (057) 707-68-20

В. А. Лобойко

Кандидат технических наук, доцент

Кафедра автоматизации химико-технологических систем и экологического мониторинга*

Контактный тел.: (057) 707-66-76

А. В. Кобзев

Кандидат технических наук, доцент

Кафедра химической технологии неорганических веществ, катализа и экологии*

Контактный тел.: (057) 707-66-97

*Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»
ул. Фрунзе, 21, г. Харьков, Украина, 61002