

**ХРАНЕНИЕ** НАУЧНО-ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ  
Ж У Р Н А Л  
**И ПЕРЕРАБОТКА**  
**сельхозсырья**

**Storage and Processing of Farm Products**

**1·2018**

Учредитель



ФГБОУ  
ВО «МГУПП»

Издатель



ИЗДАТЕЛЬСТВО  
ПИЩЕВАЯ  
ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

Член Ассоциации отраслевых союзов  
АПК России (АССАГРОС)

## НАУЧНО-ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

Основан в 1993 г.

Журнал зарегистрирован Роскомнадзором.  
Свидетельство о регистрации СМИ  
ПИ №ФС77-71128

Журнал включен в Международную  
реферативную базу данных AGRIS,  
в систему РИНЦ, в Перечень ВАК.

### Главный редактор

О.П. ПРЕСНЯКОВА,  
канд. техн. наук

### Адрес издательства:

Россия, 107140, Москва,  
3-й Красносельский пер., д. 21, стр. 1.  
www.foodprom.ru

### Телефоны, e-mail:

секретариат:  
+7 (916) 969-61-36  
foodprom@ropnet.ru  
Шакирова Елена

реклама:  
+7 (916) 538-34-60  
rekl-otd@foodprom.ru

выставки:  
+7 (916) 650-86-19  
rekl@foodprom.ru

реклама, сайт:  
es8@mail.ru

рекламные модули:  
reklama@foodprom.ru

реализация (подписка):  
+7 (915) 470-04-97  
podpiska@foodprom.ru

бухгалтерия:  
+7 (916) 496-84-60

### Научный редактор

В.В. Тарасова

### Компьютерная верстка

А.В. Замараев

Подписано в печать 22.03.18 г.

Бумага офсетная.

Формат 60×84 1/8.

Печать офсетная.

Отпечатано

в ООО «Печатный салон ШАНС»

© «Пищевая промышленность»

# ХРАНЕНИЕ И ПЕРЕРАБОТКА СЕЛЬХОЗСЫРЬЯ

1 • 2018

## СОДЕРЖАНИЕ

### ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ХРАНЕНИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ СЕЛЬХОЗПРОДУКЦИИ

Кравченко С.Н., Миллер Е.С., Плотникова И.О., Попов А.М.

Совершенствование процесса экстрагирования  
в производстве быстрорастворимых напитков .....5

### ФИЗИЧЕСКИЕ И ХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПЕРЕРАБОТКИ СЕЛЬХОЗПРОДУКЦИИ

Коптелова Е.К., Кузьмина Л.Г., Лукин Н.Д.

Влияние влаготермической и экструзионной обработки  
кукурузного крахмала на его резистентность .....11

Скобельская З.Г., Бутин С.А., Любенина И.А.

Хранение мармелада функционального назначения,  
содержащего льняное масло .....16

Осадченко И.М., Горлов И.Ф., Сивков А.И., Николаев Д.В., Мосолова Н.И.

Инновационный подход к электрообработке кисломолочных напитков .....20

### ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ВЕЩЕСТВ И ПРОДУКЦИИ АПК

Черепанов И.С.

К вопросу о возможности связывания биоактивных ариламинов  
продуктами термодеструкции углеводов .....23

Зобкова З.С., Фурсова Т.П., Зенина Д.В.

Комплексное применение гидроколлоидов и трансглутаминазы  
с целью совершенствования технологии кисломолочных продуктов .....28

Гаджиева А.А.

Углеводы плодов *Acca sellowiana* (O. Berg) .....34

Костылева Е.В., Середа А.С., Цурикова Н.В., Великорецкая И.А.,  
Айсина А.М., Михайличенко Е.А.

Исследование эффективности ферментного препарата на основе нового  
мутантного штамма *Trichoderma reesei* при гидролизе зерновых смесей .....38

### БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ И МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ

Арифиллина Л.Р., Волкова Г.С.

Консорциум бактерий как основа создания пробиотических добавок  
для животноводства .....41

Агафонов Г.В., Кульнева Н.Г., Путилина Л.Н.

О технологическом качестве сахарной свеклы,  
пораженной сосудистым бактериозом .....46

### КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА И БЕЗОПАСНОСТИ ПРОДУКЦИИ АПК

Пугачев И.О., Соловатова Э.Т., Воложанинова С.Ю., Рубан Н.В., Суворов О.А.

Применение электрохимически активированных водных растворов  
для сохранения качества и продления сроков годности свежей рыбы .....51

### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВТОРИЧНЫХ РЕСУРСОВ И НОВЫХ ВИДОВ СЫРЬЯ

Лукина С.И., Пономарева Е.И., Пешкина И.П., Боташева Х.Ю.

Применение нетрадиционного сырья в производстве  
бисквитно-сбивного печенья .....56

### ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ, МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ

Шевцов А.А., Бунин Е.С., Ткач В.В., Сердюкова Н.А., Фофонов Д.И.

Эффективное внедрение парокompрессионного теплового насоса  
в линию комплексной переработки семян масличных культур .....60

Желудков А.Г., Белецкий С.Л., Потрахов Н.Н.

Автоматизация рентгенографического метода анализа качества семян  
и товарного зерна злаковых культур .....65

### ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ХРАНЕНИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ СЕЛЬХОЗПРОДУКЦИИ

Кузнецова С.Н., Кузнецов В.П., Егорова А.О.

Современные логистические системы промышленных площадок .....71

# STORAGE and PROCESSING of FARM PRODUCTS

1 • 2018

## CONTENTS

### THEORETICAL ASPECTS OF FARM PRODUCTS STORAGE AND PROCESSING

**Kravchenko S.N., Miller E.S., Plotnikova I.O., Popov A.M.**  
Improvement of the Extraction Process  
in the Production of Instant Drinks.....5

### PHYSICAL AND CHEMICAL METHODS OF FARM RAW MATERIAL PROCESSING

**Koptelova E.K., Kuzmina L.G., Lukin N.D.**  
Influence of the Moisture Heat and Extrusion Heat Treatment  
of Corn Starch on Its Resistance.....11

**Skobelskaya Z.G., Butin S.A., Lubenina I.A.**  
Storage of Functional Marmalade Containing  
Flaxseed Oil.....16

**Osadchenko I.M., Gorlov I.F., Sivkov A.I., Nikolaev D.V., Mosolova N.I.**  
Innovative Approach to Electrical Processing of Dairy Drinks .....20

### RESEARCH ON TRAITS OF SUBSTANCES AND AGRIBUSINESS PRODUCTS

**Cherepanov I.S.**  
To the Problem of Possibility of Bioactive Aryl Amines Bonding  
by the Carbohydrate's Termodestruction Products .....23

**Zobkova Z.S., Fursova T.P., Zenina D.V.**  
Complex Application of Hydrocolloids and Transglutaminase for Improving  
of Fermented Dairy Products Technology .....28

**Gadzhieva A.A.**  
Carbohydrate of Fruits *Acca Sellowiana* (O. Berg).....34

**Kostyleva E.V., Sereda A.S., Tsurikova N.V., Velikoretskaya I.A.,  
Aisina A.M., Mikhailichenko E.A.**  
A Study of the Effectiveness of an Enzyme Preparation Obtained from  
a New Mutant *Trichoderma Reesei* Strain in the Cereal Mixtures Hydrolysis.....38

### BIOTECHNOLOGICAL AND MICROBIOLOGICAL ASPECTS

**Arifullina L.R., Volkova G.S.**  
Consortium of Bacteria as a Basis for Creating Probiotic Additives  
for Livestock Production .....41

**Agafonov G.V., Kulneva N.G., Putilina L.N.**  
On Technological Qualities of Sugar Beet Affected  
by Vascular Bacteriosis .....46

### CONTROL OVER QUALITY AND SAFETY OF AGRIBUSINESS PRODUCTS

**Pugachev I.O., Solovatova E.T., Volozhaninova S.Yu., Ruban N.V., Suvorov O.A.**  
Preserving the Quality and Extending the Shelf Life  
of Fresh Fish.....51

### USING SECONDARY RESOURCES AND NEW TYPES OF RAW MATERIALS

**Lukina S.I., Ponomareva E.I., Peshkina I.P., Botasheva H.Ju.**  
The Use of Non-traditional Raw Materials in the Production  
of Biscuit-chopped Biscuits .....56

### TECHNOLOGICAL PROCESSES, MACHINES AND EQUIPMENT

**Shevcov A.A., Bunin E.S., Tkach V.V., Serdjukova N.A., Fofonov D.I.**  
Effective Introduction of a Steam Compression Heat Pump Into a Line  
for Complex Processing of Oilseed Seeds .....60

**Zheludkov A.G., Beletsky S.L., Potrakhov N.N.**  
Automation of X-ray Method for Analysis of Seed Quality  
and Commercial Grain of Cereals. ....65

### ECONOMICS PROBLEMS OF STORAGE AND PROCESSING FARM PRODUCTS

**Kuznetsova S.N., Kuznetsov V.P., Egorova A.O.**  
Modern Logistic Systems of Industrial Sites .....71



Moscow State  
University  
of Food Production



PUBLISHING HOUSE  
**FOOD  
INDUSTRY**

## SCIENCE AND THEORETICAL JOURNAL

Published since 1993

The journal is registered with Roskomnadz.  
Certificate of registration of the media  
ПМ №ФС77-71128

### Editor-in-Chief

O.P. PRESNIAKOVA

### Adress:

21-1, 3 Krasnoselskiy per.,  
Moscow, 107140, Russia  
[www.foodprom.ru](http://www.foodprom.ru)

### Phone, E-mail:

*Secretary:*  
+7 (916) 969-61-36  
[foodprom@ropnet.ru](mailto:foodprom@ropnet.ru)

*Advertising:*  
+7 (916) 538-34-60  
[rekl-otd@foodprom.ru](mailto:rekl-otd@foodprom.ru)

*Exhibitions:*  
+7 (916) 650-86-19  
[rekl@foodprom.ru](mailto:rekl@foodprom.ru)

*Web, Advertising:*  
[es8@mail.ru](mailto:es8@mail.ru)

*Finished product realization:*  
+7 (915) 470-04-97  
[podpiska@foodprom.ru](mailto:podpiska@foodprom.ru)

*Accounting:*  
+7 (916) 496-84-60

УДК 577.1: 664.16

## К вопросу о возможности связывания биоактивных ариламинов продуктами термодеструкции углеводов

И. С. ЧЕРЕПАНОВ, канд. хим. наук

Удмуртский государственный университет, г. Ижевск

**Введение.** Реакции неферментативного окрашивания углеводов являются одними из наиболее важных биологически важных процессов в пищевой промышленности, изучение которых ведется уже более ста лет, при этом достигнуты существенные успехи в понимании их закономерностей в части исследования механизмов, кинетики образования и структуры формирующихся продуктов. Для производных углеводов, формирующихся в условиях «браун»-процессов, установлено наличие ряда биологически важных свойств, в частности антиоксидантных, антибактериальных, антикоагулянтных и ряда других. Кроме того, авторы [1] сообщают о проявлении продуктами реакции Майяра в системе *D*-глюкоза — глицин антимуtagenных свойств, основанных на процессах связывания ароматических аминов предположительно карбонильными группами «браун»-полимеров. С другой стороны, в последнее время в публикациях по данной проблеме все чаще встречается мнение о возможности образования токсичных ароматических аминокомпонентов в качестве продуктов самой реакции Майяра [2]. В связи с этим представляется интересным изучить взаимодействие продуктов деструкции углеводов с ароматическими аминами, поскольку большинство исследований, опубликованных к настоящему времени, посвящены изучению реакций в системах с аминокислотами в водных средах, тогда как в неводных средах реакции идут в более мягких условиях [3], облегчается выделение и очистка конечных продуктов.

Цель работы — изучение закономерностей взаимодействия продуктов «браун»-процессов в модельной этанольной системе на основе *D*-глюкозы для оценки возможности связывания ариламинов различной основности продуктами деструкции углеводов.

**Экспериментальная часть.** В работе использовались реактивы марок: чистые для анализа («ч. д. а.») и хими-

чески чистые («х. ч.»); процессы проводились термостатированием (80...90 °С) кислых этанольных растворов (96%-ный этанол (EtOH), 20 мл) *D*-глюкозы (0,002 моль) в течение 50 мин в колбах с обратным холодильником с последующим добавлением эквимольного количества ариламина и изотермической выдержкой реакционной системы в течение еще двух часов. Оптическая плотность ( $A_{420}$ ) отбираемых и предварительно разбавленных этанолом проб измерялась в кварцевых кюветах на спектрофотометре СФ-2000 через заданные временные интервалы. Выделение продуктов проводилось удалением растворителя и промывкой безводным эфиром (системы с *n*-толуидином) или щелочным этанолом (системы с *n*-аминобензойной кислотой) и высушиванием; колебательные спектры высушенных твердых веществ снимались в таблетках бромида калия на ИК-Фурье спектрометре ФСМ-2201. Дополнительно исследовалась возможность связывания ариламинов продуктом карамелизации *D*-глюкозы, выделенным после трех часов термостатирования кислого этанольного раствора, для чего 0,3 г продукта растворялось в 20 мл этанола (96%) при нагревании, затем добавлялся равный объем этанольного раствора ариламина (0,002 моль) и растворы термостатировались (90 °С) в течение трех часов; продукты выделялись, высушивались и идентифицировались, дополнительно проводился их элементный анализ (элементный анализатор «Vario MICRO Cube»).

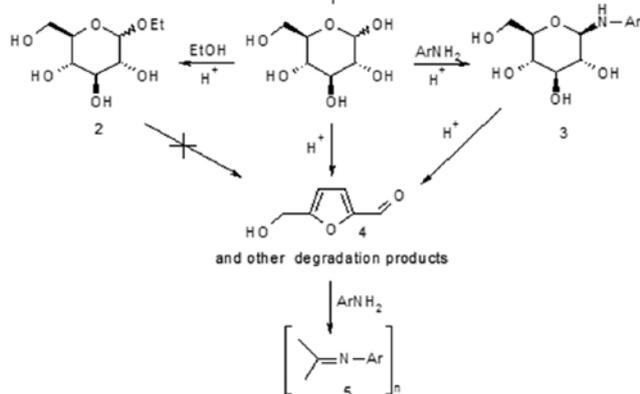
**Результаты и их обсуждение.** Формирование структуры продуктов деструкции углеводов в отсутствие амина может реализоваться по различным схемам, при этом по одним из последних данных [4] процессы карамелизации моно- и дисахаридов в кислых средах начинаются с гликозирования, за которым следуют стадии деструкции, формирующие карбонильные функции в алициклических или ароматических структурных фрагментах. Дополнительно показана возможность формирования ангидроциклов в совокупности с процессами рециклизации; кроме того, параллельно возможно образование низкомолекулярных продуктов деструкции, способных к дальнейшей конденсации, приводящей к гетероциклическим полимерам [5]. Динамика превращений углевода в кислых этанольных растворах представлена в таблице.

Данные таблицы показывают, что свободные от аминов растворы *D*-глюкозы практически не показывают образования окрашенных продуктов в начальный период, тогда как термостатирование углеводов-амин-

Изменение оптической плотности ( $A_{420}$ ) этанольных растворов *D*-глюкозы в процессе термостатирования

$\tau$ , мин	$A_{420}$		
	<i>D</i> -глюкоза	<i>D</i> -глюкоза — <i>n</i> -толуидин	<i>D</i> -глюкоза + <i>n</i> -толуидин (добавлен через 50 мин)
30	0,002	0,150	0,002
50	0,008	0,200	0,007
70	0,015	0,300	0,200
90	0,030	0,450	0,500

ных систем обнаруживает существенное увеличение оптической плотности, что свидетельствует об интенсивном протекании реакции. Деструкция углевода (1) в кислой среде протекает медленнее, чем в щелочной, при этом в этанольных растворах данный процесс еще более заторможен по причине связывания углевода в немутаротирующие *O*-этилгликозиды (1→2) [6]:



Можно предположить, что более медленный процесс деструкции глюкозы все же протекает параллельно с гликозированием (1→3), образующийся при этом гидроксиметилфурфурол (1→4) также может давать этоксипроизводные по оксиметильной группе. В дальнейшем процессы сопровождаются кислотнокаталитической конденсацией и формированием олигомерных и полимерных структур; связывание добавленного в систему амина может быть реализовано посредством формирования азометиновых структур (1→4) [7].

ИК-спектр (рис. 1) высушенного продукта, выделенного из термостатированных в течение трех часов растворов *D*-глюкозы в отсутствие амина, показывает отличие от спектров исходного углевода и близок к спектрам карамелей, формирующихся в системах на основе моносахаридов при температурах выше 100 °C [8].

В ИК-спектре отчетливо проявляется пик внеплоскостных деформационных колебаний ароматичес-

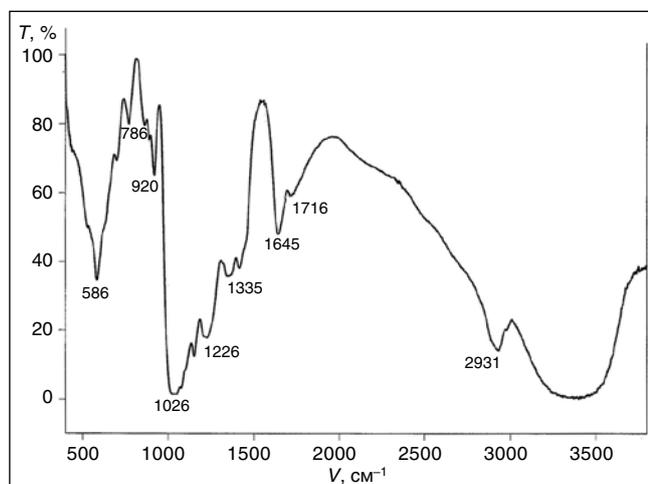


Рис. 1. ИК-спектр продукта, выделенного из кислого этанольного раствора *D*-глюкозы после трех часов термостатирования (KBr, 1:200)

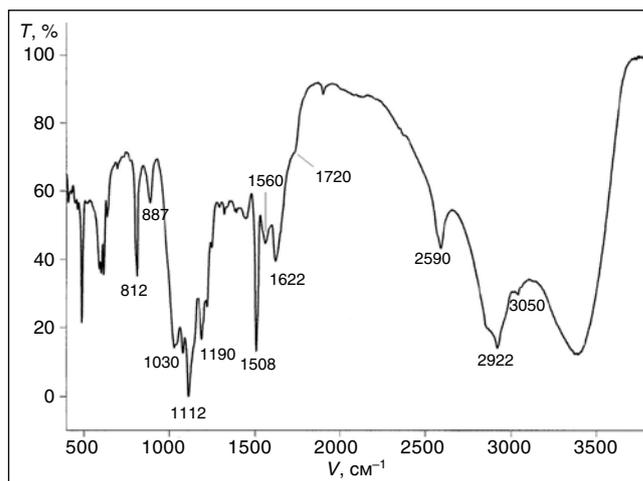


Рис. 2. ИК-спектр продукта (KBr, 1:200), выделенного из системы *D*-глюкоза — *p*-толуидин (добавлен через 50 мин)

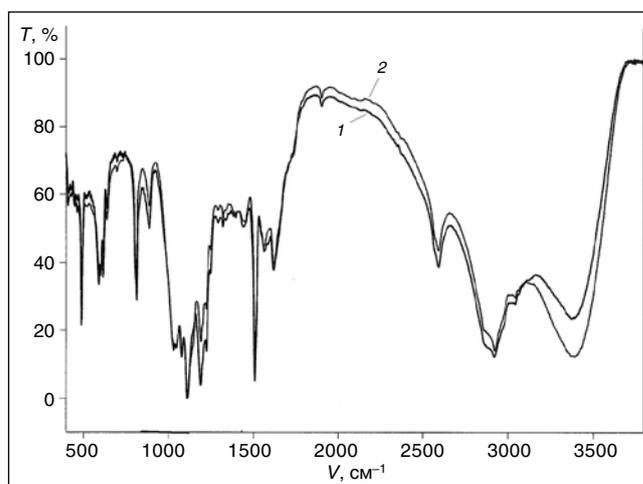


Рис. 3. ИК-спектры продуктов (KBr, 1:200), полученных в результате взаимодействия *D*-глюкозы с *p*-толуидином (1) и в процессе связывания *p*-толуидина продуктами первичной деструкции *D*-глюкозы (2)

ких протонов (769  $\text{cm}^{-1}$ ), широкая область колебаний скелета гетероциклов (1000–1250  $\text{cm}^{-1}$ ), а также эндоциклических кратных связей (1645  $\text{cm}^{-1}$ ) и карбонильных групп (1716  $\text{cm}^{-1}$ ) [9]. Отношение интенсивности полосы алифатических протонов 2930  $\text{cm}^{-1}$  ( $\nu^{\text{as}}\text{CH}_2$ ) к интенсивности полосы кратных C=C-связей, а также отношение  $\nu_{\text{C=O}}/\nu_{\text{C=C}}$  свидетельствует о преобладании в структуре гетероароматических фрагментов [8].

Введение в реакцию систему *p*-толуидина через 50 мин после термостатирования рабочего раствора глюкозы, как уже было отмечено, существенно ускоряет процесс, при этом ИК-спектры продуктов, выделенных из обеих реакционных систем после трех часов термостатирования, практически идентичны (рис. 2, 3): в структуре обоих продуктов идентифицируются фрагменты C=C (1622  $\text{cm}^{-1}$ ). Четких полос, отвечающих карбонильным группам, в спектрах не фиксируется; слабое плечо при 1720  $\text{cm}^{-1}$  можно отнести к остаточным C=O-фрагментам на фоне полимерной структуры продуктов [9, 10].

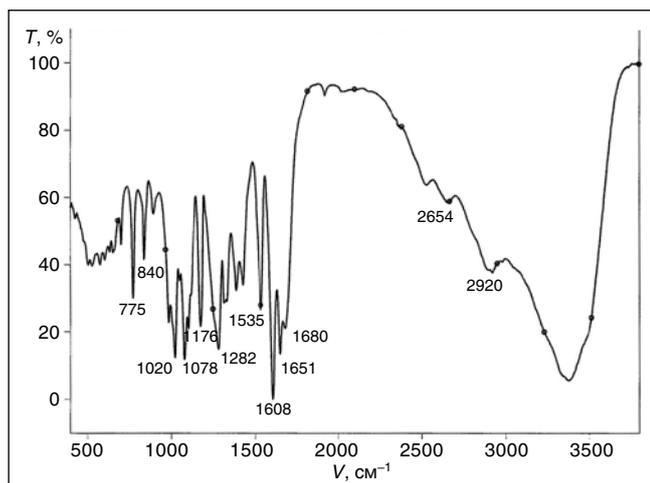


Рис. 4. ИК-спектр продукта (KBr, 1:200), выделенного из системы *D*-глюкоза — *n*-аминобензойная кислота (добавлена через 50 мин)

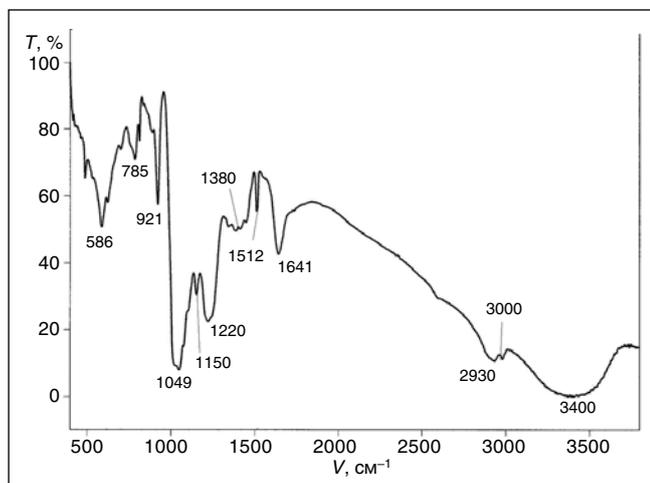


Рис. 5. ИК-спектр продукта, выделенного из системы, содержащей продукт карамелизации глюкозы и *n*-толуидин после двух часов термостатирования (KBr, 1:200)

Быстрое нарастание оптической плотности при введении ариламина в процессе термостатирования может объясняться образованием некоторого количества реакционноспособных редутонов в системе к моменту добавления амина, способных реагировать наряду с исходным углеводом, увеличивая общую скорость процесса.

В системах с *n*-аминобензойной кислотой, являющейся более слабым нуклеофилом, ИК-спектр продукта (рис. 4), выделенного из системы *D*-глюкоза — *n*-аминобензойная кислота (добавлена через 50 мин), практически аналогичен спектру *N*-*n*-карбоксифенил-*D*-глюкозиламина [3], что свидетельствует о гликозировании как преобладающем процессе. Связывание углевода в *N*-гликозиламин практически останавливает дальнейшие превращения, поскольку, как было показано ранее [3], перегруппировка Амадори в данной системе затруднена.

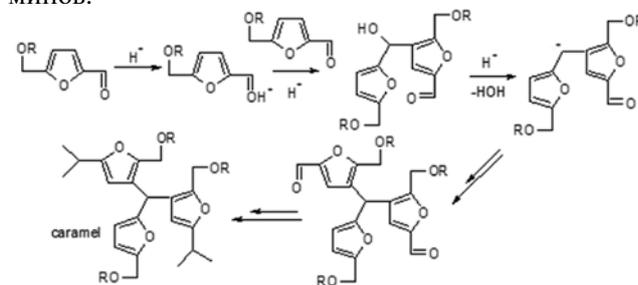
ИК-спектр продукта (рис. 5), полученного нагреванием продукта деструкции глюкозы с *n*-толуидином в этаноле в течение двух часов, показывает структуру,

близкую к продукту деструкции *D*-глюкозы в отсутствие амина.

Данные элементного анализа также показывают малое содержание азота в выделенном продукте ( $N, \%$ : 0,82), соотношение интенсивностей сигналов функциональных групп близко к таковому для продукта карамелизации глюкозы.

В системах с *n*-аминобензойной кислотой выделенный продукт имеет ИК-спектр, практически полностью аналогичный спектру продукта карамелизации (см. рис. 1) — это свидетельствует об отсутствии карбонил-аминных взаимодействий в принятых условиях, что подтверждается данными элементного анализа ( $N, \%$ : 0,13).

Анализируя полученные данные, можно заключить, что продукты карамелизации *D*-глюкозы, которые формируются в кислой среде, представляют собой структуры, включающие гетероароматические фрагменты, и содержат малое количество активных функциональных групп, способных к связыванию ариламинов:



Подобная конденсация возможна как для 5-гидрокси-метилфурфура ( $R \equiv H$ ) [10], так и для 5-этоксиметилфурфура ( $R \equiv C_2H_5$ ), образование которого имеет место в кислых этанольных средах [11].

Изучение данной проблемы будет продолжено в направлении подбора оптимального состава растворителя и кислотности среды, обеспечивающих рациональный состав продуктов в совокупности с мягкими условиями синтеза.

Перспективность исследований в данной области является очевидной, поскольку целенаправленный синтез на основе углеводного сырья продуктов, способных связывать токсичные аминоконпоненты, позволит регулировать содержание последних в сырьевых материалах.

### Выводы

1. Методами оптической спектроскопии с применением элементного анализа изучена реакционная способность продуктов термодеструкции *D*-глюкозы в кислых этанольных средах в процессах конденсации с замещенными ариламинами различной основности (*n*-толуидин, *n*-аминобензойная кислота) в условиях реакций неферментативного окрашивания.
2. Показано, что термостатирование кислых этанольных растворов глюкозы приводит к образованию неактивных в отношении аминов *O*-этилгликозидов в совокупности с низкими выходами продуктов карамелизации. Введение ариламина

в реакционную систему после термостатирования растворов углевода в течение заданного времени показывает взаимодействие с аминокомпонентом различной интенсивности. Характер связывания аналогичен закономерностям реакции Майяра в исследуемых системах, при этом скорость реакций оказывается даже несколько выше, что можно связать с образованием к моменту добавления ариламина некоторого количества реакционноспособных редуктонов.

3. Изучение взаимодействия продукта карамелизации *D*-глюкозы с ариламинами позволяет прийти к выводу о незначительной степени связывания *n*-толуидина и практически полном отсутствии взаимодействия с еще менее реакционноспособной *n*-аминобензойной кислотой, что, вероятно, связано с формированием высокомолекулярной структуры карамели с малым количеством активных карбонильных функций вследствие протекания процессов конденсации и гликозирования.

## Л и т е р а т у р а

1. Kato, H. Dismutagenicity of melanoidins against mutagenic pyrolysates / H. Kato, S.-B. Kim, F. Hayase // *Agric. Biol. Chem.* — 1985. — Vol. 49. — № 11. — P. 3093–3095.
2. Wu, M.-C. The formation of IQ type mutagens from Maillard reaction in ethanolic solution / M.-C. Wu [et al] // *Food Chem.* — 2011. — Vol. 125. — № 2. — P. 582–587.
3. Черепанов, И. С. Амино-карбонильные взаимодействия углеводов с замещенными ароматическими аминами / И. С. Черепанов, А. В. Трубачев, Г. М. Абдуллина // *Химическая физика и мезоскопия.* — 2016. — Т. 18. — № 2. — С. 310–315.
4. Golon, A. Unraveling the chemical composition of caramels / A Golon, N. Kuhnert // *J. Agric. Food Chem.* — 2012. — Vol. 60. — № 22. — P. 3266–3274.
5. Kroh, L. W. Caramelisation in food and beverages / L. W. Kroh // *Food Chem.* — 1994. — Vol. 51. — № 2. — P. 373–379.
6. Shen, S.-C. Maillard browning in ethanolic solution / S.-C. Shen, J. S.-B. Wu // *J. Food Sci.* — 2004. — Vol. 69. — № 2. — P. 273–279.
7. Rosatella, A. 5-Hydroxymethylfurfural as a building block platform: biological properties, synthesis and synthetic applications / A. Rosatella, S. Simeonov, R. Frade // *Green Chem.* — 2011. — Vol. 13. — № 5. — P. 754–793.
8. Golon, A. Characterization of «caramel-type» thermal decomposition products of selected monosaccharides including fructose, mannose, galactose, arabinose and ribose by advanced electrospray ionization mass spectrometry methods / A. Golon, N. Kuhnert // *Food & Function.* — 2013. — Vol. 4. — № 10. — P. 1040–1050.
9. Marshall, C. P. Combined micro-Fourier transform infrared (FTIR) spectroscopy and micro-Raman spectroscopy of Proterozoic acritarchs: A new approach in Palaeobiology / C. P. Marshall [et al] // *Precamb. Res.* — 2005. — Vol. 138. — № 1. — P. 208–224.
10. Setianingsih, T. The effect of caramelization and carbonization temperatures toward structural properties of mesoporous carbon from fructose with zinc borosilicate activator / T. Setianingsih, I. Kartiani // *Indo. J. Chem.* — 2014. — Vol. 14. — № 1. — P. 253–261.
11. Cutzach, I. Influence of storage conditions on the formation of some volatile compounds in white fortified wines (vins doux naturel) during the aging process / I. Cutzach, P. Chatonnet, D. Dubourdier // *J. Agric. Food Chem.* — 2000. — Vol. 48. — № 11. — P. 2340–2345.

## R e f e r e n c e s

1. Kato, H. Dismutagenicity of melanoidins against mutagenic pyrolysates / H. Kato, S.-B. Kim, F. Hayase // *Agric. Biol. Chem.*, 1985, vol. 49, no. 11. P. 3093–3095.
2. Wu, M.-C. The formation of IQ type mutagens from Maillard reaction in ethanolic solution / M.-C. Wu [et al] // *Food Chem.*, 2011, vol. 125, № 2. P. 582–587.
3. Cherepanov, I.S. Amino-karbonil'nye vzaimodejstviya uglevodov s zameshennymi aromatcheskimi aminami [Amino-carbonyl interactions of carbohydrates with substituted aromatic amines] / I.S. Cherepanov, A.V. Trubachev, G.M. Abdullina // *Himicheskaja fizika i mezoskopija*, 2016, no. 2. P. 310–315.
4. Golon, A. Unraveling the chemical composition of caramels / A Golon, N. Kuhnert // *J. Agric. Food Chem.*, 2012, vol. 60, no. 22. P. 3266–3274.
5. Kroh, L.W. Caramelisation in food and beverages / L.W. Kroh // *Food Chem.*, 1994, vol. 51, no. 2. P. 373–379.
6. Shen, S.-C. Maillard browning in ethanolic solution / S.-C. Shen, J.S.-B. Wu // *Food Sci.*, 2004, vol. 69, no. 2. P. 273–279.
7. Rosatella, A. 5-Hydroxymethylfurfural as a building block platform: biological properties, synthesis and synthetic applications / A. Rosatella, S. Simeonov, R. Frade // *Green Chem.*, 2011, vol. 13, no. 5. P. 754–793.
8. Golon, A. Characterization of «caramel-type» thermal decomposition products of selected monosaccharides including fructose, mannose, galactose, arabinose and ribose by advanced electrospray ionization mass spectrometry methods / A. Golon, N. Kuhnert // *Food & Function*, 2013, vol. 4, no. 10. P. 1040–1050.
9. Marshall, C.P. Combined micro-Fourier transform infrared (FTIR) spectroscopy and micro-Raman spectroscopy of Proterozoic acritarchs: A new approach in Palaeobiology / C.P. Marshall [et al] // *Precamb. Res.*, 2005, vol. 138, no. 1. P. 208–224.
10. Setianingsih, T. The effect of caramelization and carbonization temperatures toward structural properties of mesoporous carbon from fructose with zinc borosilicate activator / T. Setianingsih, I. Kartiani // *Indo. J. Chem.*, 2014, vol. 14, no. 1. P. 253–261.
11. Cutzach, I. Influence of storage conditions on the formation of some volatile compounds in white fortified wines (vins doux naturel) during the aging process / I. Cutzach, P. Chatonnet, D. Dubourdier // *J. Agric. Food Chem.*, 2000, vol. 48, no. 11. P. 2340–2345.

**К вопросу о возможности связывания биоактивных ариламинов продуктами термодеструкции углеводов****Ключевые слова**

*D*-глюкоза; биоактивные ариламины; карамелизация; реакции неферментативного окрашивания; спектроскопия; этанольные среды.

**Реферат**

В последние годы интенсивно изучается проблема образования в реакции Майяра азотсодержащих производных преимущественно ароматического характера, являющихся мутагенными, при этом ряд исследователей отмечают противоположные свойства «браун»-продуктов реакций неферментативного окрашивания и их способность к связыванию аминов. Противоречивость литературных данных связана с недостаточной изученностью аминокарбонильных взаимодействий в системах с ариламины. В связи с этим целью работы являлось изучение реакционной способности продуктов термодеструкции *D*-глюкозы в кислых этанольных средах в процессах конденсации с замещенными ариламины различной основности (*l*-толуидин, *l*-аминобензойная кислота) в условиях реакций неферментативного окрашивания методами спектроскопии ультрафиолетовой и видимой области, а также инфракрасной спектроскопии. Показано, что термостатирование кислых этанольных растворов глюкозы приводит к образованию неактивных в отношении аминов *O*-этилгликозидов в совокупности с низкими выходами продуктов карамелизации. Введение ариламина в реакционную систему после термостатирования растворов углевода в течение заданного времени показывает взаимодействие с аминокомпонентом различной интенсивности. Характер связывания аналогичен закономерностям реакции Майяра в исследуемых системах, при этом скорость реакций оказывается даже несколько выше, что можно связать с образованием к моменту добавления ариламина некоторого количества реакционноспособных редутонов. Изучение взаимодействия продукта карамелизации *D*-глюкозы с ариламины позволяет прийти к выводу о незначительной степени связывания *l*-толуидина и практически полном отсутствии взаимодействия с *l*-аминобензойной кислотой, что, вероятно, связано с формированием высокомолекулярной структуры карамели с малым количеством реакционноспособных карбонильных функций вследствие протекания процессов конденсации и гликозирования. Направление исследований в данной области представляется перспективным, поскольку позволит разработать методики и осуществлять целевой синтез продуктов на основе углеводного сырья, способных регулировать количество токсичных аминокомпонентов в сельскохозяйственных и пищевых сырьевых материалах.

**Автор**

Черепанов Игорь Сергеевич, канд. хим. наук  
Удмуртский государственный университет,  
426024, г. Ижевск, Университетская ул., д. 1,  
cherchem@mail.ru

**To the Problem of Possibility of Bioactive Aryl Amines Bonding by the Carbohydrate's Thermodestruction Products****Key words**

*D*-glucose; bioactive aryl amines; caramelization; non-enzymatic browning; spectroscopy; ethanolic media.

**Abstract**

In recent years, the problem of the nitrogenous aromatic compounds with mutagenic activity forming in Maillard reaction is intensively studied, at the same time some researchers note the counter characteristics of non-enzymatic browning products such as their ability to binding of mutagenic amines. The inconsistency of literature data is explained by insufficient amino-carbonyl interaction studying in systems with aryl amines. In this regard the purpose of paper was the studying a reactivity of *D*-glucose thermal degradation products in acidic ethanolic media in condensation with the substituted aryl amines of various basicity (*p*-toluidine, *p*-amino benzoic acid) in the conditions of non-enzymatic browning reaction by UV-Vis spectroscopy and infrared spectroscopy. It is shown that heating of the glucose ethanolic solutions leads to forming non-reactive *O*-ethyl glycosides with low yield of caramelization products. Adding of aryl amine to reactive system after thermostating of carbohydrate solutions during the given time shows interaction with amino component in various intensity, at the same time the nature of binding is similar to regularities of Maillard reaction in the studied systems, and the reaction rate is slightly higher in compare with Maillard browning because of reactive reductones formation. Studying of *D*-glucose caramelization product's interaction with aryl amines allows to conclusion about slight degree of toluidine binding and practically the absence of interaction with *p*-amino benzoic acid that it is probably bound to formation of high molecular weight caramel structure with a trace amount of active carbonyl functions owing to condensation and glycosylation processes. The direction of researches in present area is represented perspective as will allow to develop techniques and to carry out target synthesis of products based on carbohydrates, capable to regulate quantity of toxic amino components in agricultural and food raw materials.

**Author**

Cherepanov Igor Sergeevich, Candidate of Chemical Sciences  
Udmurt State University,  
1 Universitetskaya st., Izhevsk, 426024, Russia,  
cherchem@mail.ru