

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«КРЫМСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ В. И. ВЕРНАДСКОГО»

СБОРНИК ТЕЗИСОВ УЧАСТНИКОВ

V научно-практической конференции
профессорско-преподавательского состава,
аспирантов, студентов и молодых ученых

«ДНИ НАУКИ КФУ им. В.И. ВЕРНАДСКОГО»

Таврическая академия

(наименование структурного подразделения/филиала)

**СЕКЦИЯ: «ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ И ХИМИЯ
ПРИРОДНЫХ СОЕДИНЕНИЙ»**

г. Симферополь 2019 год

V научно-практическая конференция профессорско-преподавательского состава, аспирантов, студентов и молодых ученых «Дни науки КФУ им. В.И. Вернадского» / Сборник тезисов участников/ Секция «Органическая химия и химия природных соединений» // Симферополь, 2019

В сборник включены доклады участников V научно-практической конференции профессорско-преподавательского состава, аспирантов, студентов и молодых ученых «Дни науки КФУ им. В.И. Вернадского», отражающие достижения научных и практических изысканий в сфере естественных, гуманитарных, технических наук и информационных технологий.

Работы публикуются в редакции авторов. Ответственность за достоверность фактов, цитат, собственных имен и других сведений несут авторы.

СЕКЦИЯ «ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ И ХИМИЯ ПРИРОДНЫХ СОЕДИНЕНИЙ»

(наименование секции)

ИЗУЧЕНИЕ РЕАКЦИИ ГЛИКОЗИЛИРОВАНИЯ 2-МЕТИЛ-(1,2-ДИДЕЗОКСИ-5,6-О-ИЗОПРОПИЛИДЕН- α -D-ГЛЮКОФУРАНО)-[2,1-d]-2-ОКСАЗОЛИНА С ПОМОЩЬЮ ТРИХЛОРОЭТОКСИОКСАЗОЛИНОВОГО ГЛИКОЗИЛ-ДОНОРА

Пертель С.С.

канд. хим. наук, доцент кафедры органической и биологической химии факультета биологии и химии Таврической академии (СП) ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского»

Олигосахаридные производные аминсахаров участвуют во множестве биологических процессов и представляют большой интерес для биологических и медицинских исследований. Однако, в ряде случаев такие исследования затруднены из-за труднодоступности этих веществ, химический синтез которых остаётся сложной и нетривиальной задачей. Одним из подходов, позволяющих существенно упростить синтез олигосахаридов, является стратегия селективного гликозилирования (Smoot, J.T.; Demchenko, A.V. *Adv. Carbohydr. Chem. Biochem.*, **2009**, 62, 161-250; Koto, S.; Uchida, T.; Zen, S. *Bull. Chem. Soc. Jpn.*, **1973**, 46, 2520-2523; Nicolaou, K.C.; Caulfield, T.; Kataoka, H.; Kumazawa, T. *J. Am. Chem. Soc.*, **1988**, 110, 7910-7912; Kim, K.S.; Kim, J.H.; Lee, Y.J.; Lee, Y.J.; Park, J. *J. Am. Chem. Soc.*, **2001**, 123, 8477-8481), позволяющая осуществить гликозидный синтез в условиях, обеспечивающих сохранение уходящей группы, изначально присутствующей в молекуле гликозил-акцепторного производного. Это значительно сокращает число необходимых синтетических манипуляций и даёт возможность непосредственного использовать полученный продукт для дальнейшего наращивания олигосахаридной цепи.

Однако, применение стратегий селективного гликозилирования ограничивается из-за малого количества уходящих групп, совместимых с принципом селективной активации (Kaeothip S., Demchenko A.V. *Carbohydr. Res.*, **2011**, 346, 1371-1388).

Мы предположили, что синтез олигосахаридных производных аминсахаров может быть осуществлён с помощью этого перспективного подхода, в случае использования оксазолиновых производных углеводов в качестве как гликозил-донорных, так и гликозил-акцепторных производных. Действительно, как было показано (Pertel S.S., Kononov L.O., Zinin A.I., Chirva V.Ja., Kakayan E.S. *Carbohydr. Res.* **2012**, 356, 172-179) 2-алкоксиоксазолиновые гликозил-доноры могут быть активированы в чрезвычайно мягких условиях, в присутствии практически любых других типов уходящих и защитных групп, в частности таких как 2-метилоксазолиновая функция. С другой стороны, относительно стабильные 2-метилгликооксазолины (Stockl W. P., Weidmann H. *Journal of Carbohydrate Chemistry*, **1989**, 8(2), 169-198) удобно использовать в качестве гликозил-акцепторов, способных образовывать олигосахаридные оксазолиновые производные, которые в дальнейшем могут быть активированы для последующего гликозидного синтеза.

Для проверки этого предположения, мы изучили взаимодействие легкодоступного 2-метил-(1,2-дидезокси-5,6-О-изопропилиден- α -D-глюкофурано)-[2,1-d]-2-оксазолина **1** (Cai, Y.; Ling, C. C.; Bundle, D. R. *Org. Lett.* **2005**, 7, 4021-4024) с полученным нами ранее (Pertel S.S., Kononov L.O., Zinin A.I., Chirva V.Ja., Kakayan E.S. *Carbohydr. Res.* **2012**, 356, 172-179) 2-(2,2,2-трихлорэтокс)-(3,4,6-три-О-ацетил-1,2-дидезокси- α -D-глюкопирано)-[2,1-d]-2-оксазолином **2** в присутствии трифлата симм-коллиндиния. В результате реакции между гликозил-донором **2** и гликозил-акцептором **1** получено соединение, в HRESI масс-спектре которого присутствует сигнал молекулярного иона с m/z 1426,2625 ($M+NH_4^+$), что в два раза

превышает расчётное значение для молекулярного иона ожидаемого дисахаридного продукта (вычислено m/z : 722,1492 ($M+NH_4^+$)).

Анализ структуры полученного вещества с помощью набора одномерных и двумерных методик ЯМР-спектроскопии позволил установить, что это соединение представляет собой макроциклический псевдотетрасахарид, содержащий три N-гликозидные и одну O-гликозидную связь. Очевидно, что такой продукт образуется вследствие существенного изменения механизма реакции гликозилирования, что вызвано, по-видимому, большей нуклеофильностью оксазолиновой функции по сравнению с вторичной гидроксильной группой. Нами предложен механизм этого процесса на основе реакции чередующейся катионной полимеризации.

Таким образом, показано, что взаимодействие между гликозил-донорным и гликозил-акцепторным оксазолиновыми производными углеводов в присутствии слабых протонных кислот не может быть использовано для синтеза олигосахаридов аминсахаров с помощью стратегии селективного гликозилирования.

Установлено, что в результате этого процесса образуется необычный макроциклический тетрасахарид, строение которого было установлено с помощью методов ЯМР-спектроскопии и масс-спектрометрии высокого разрешения.

Предложен механизм реакции, позволяющий объяснить полученные результаты.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (Грант № 19-03-00791).

При подготовке работы использовано оборудование, полученное по Программе развития ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского» на 2015-2024 гг. – масс-спектрометр TSQ Quantum Access MAX (Thermo Scientific).

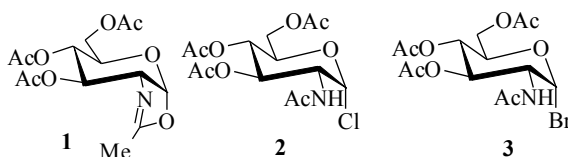
ПОЛУЧЕНИЕ 1,2-ТРАНС-ГЛИКОЗИДОВ САХАРОВ

Цикалова В.Н.¹, Гайчук В.В.²

¹доцент кафедры органической и биологической химии Таврической академии КФУ

²обучающаяся первого курса магистратуры кафедры органической и биологической химии Таврической академии КФУ

Введение. Одним из наиболее распространенных методов в синтезе 1,2-транс-гликозидной связи является оксазолиновый синтез. Оксазолин **1** получают методом Лемье и используют в качестве гликозил-донора при взаимодействии со спиртами в присутствии безводной *n*-толуолсульфокислоты в условиях кипения сухого растворителя, например дихлорэтана, до исчезновения следов гликозил-донора. Вещества выделяют колоночной хроматографией или кристаллизацией. Другим классическим вариантом получения гликозидов является метод Кенигса-Кнорра, который предполагает использование перацилированных гликозилгалогенов **2**, **3** и кислот Льюиса в качестве акцепторов галогеноводородных кислот, выделяющихся при взаимодействии гликозил-доноров со спиртами. Использование кислот Льюиса как катализаторов и активаторов активно используется в синтезе как α -, так и β -гликозидов. Среди них часто используют безводный хлорид цинка(II), свежеприготовленный высушенный оксид серебра, соли ртути.

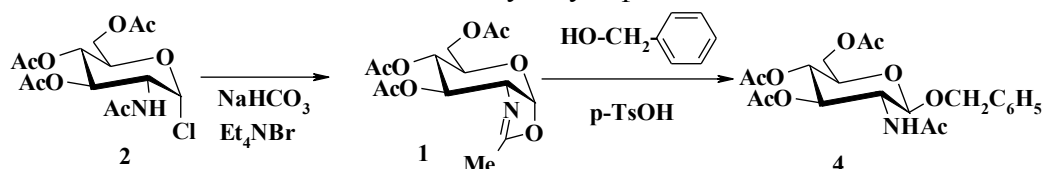


Очень эффективный метод был предложен Кумаром и сотрудниками. Он заключается в использовании для гликозилирования совместно промоторов и сопромоторов. Сотрудниками кафедры органической и биологической химии была предложена модификация этого метода, заключающаяся в изменении условий проводимой реакции, а именно при кипячении растворителя дихлорметана. Такой подход позволил быстро и стереоспецифично получить β -гликозиды.

Целью данной работы является экспериментальное сравнение синтеза перацетата β -бензил-N-ацетил-D-глюкозамина **4** из перацетата α -D-глюкозаминилхлорида тремя методами: оксазолиновым синтезом; получением в присутствии кислот Льюиса (HgI_2 и ZnCl_2) при комнатной температуре; реакцией гликозилирования в присутствии промотора ZnCl_2 и «сопромоторов» в условиях кипения растворителя.

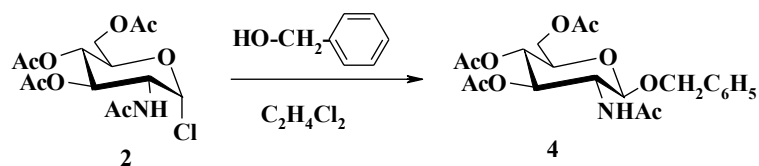
Результаты исследований.

В качестве гликозил-донора в оксазолиновом синтезе использовали оксазолин **1**, полученный в свою очередь из перацетата α -D-глюкозаминилхлорида по методу Лемье. Реакция протекала в присутствии гидрокарбоната натрия и четвертичной аммонийной соли в ацетонитриле в течение 2-х часов. После обработки полученный оксазолин использовали в эквимольном соотношении с бензиловым спиртом в условиях кипения дихлорэтана в присутствии каталитических количеств *n*-толуолсульфокислоты.

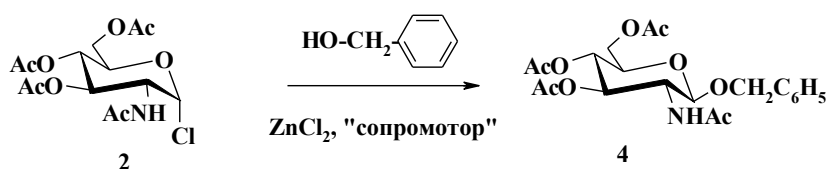


Синтез протекал 3 часа. После исчезновения гликозил-донора по данным тонкослойной хроматографии синтез обрабатывали, и конечное вещество кристаллизовали из изопропилового спирта. Выход гликозида составил 75% по отношению к массе α -D-глюкозаминилхлорид. Хотя метод представляет собой два этапа, однако он позволяет однозначно синтезировать 1,2-транс-гликозид.

Следующий подход в получении гликозида заключался во взаимодействии гликозил-донора, α -D-глюкозаминилхлорида и гликозил-акцептора (1,6:1) в растворителе дихлорэтано при комнатной температуре и перемешивании в присутствии кислот Льюиса иодида ртути(II) и хлорида цинка(II), взятых в небольшом избытке по отношению к α -хлориду (1,5:1). После обработки и кристаллизации из изопропилового спирта выходы β -бензилгликозида соответственно составили 11% и 20%. В сравнении с предыдущим методом этот вариант синтеза требует более длительного времени, а выходы уступают предыдущему результату.



Третий подход заключался в модификации метода, предложенного Кумаром, заключающаяся в изменении условий проводимой реакции, а именно при кипячении растворителя дихлорметана. Метод заключается в совместном использовании промоторов и сопромоторов. Гликозил-донор, α -D-глюкозаминилхлорид и гликозил-акцептор, бензиловый спирт брали в эквимольном соотношении. В качестве промотора в работах использовался ZnCl_2 в соотношении 1,5:1, а в качестве сопромоторов тетрабутиламмоний бромид, тритил хлорид по отдельности и совместно, а также тетрабутиламмоний иодид. Каждый из синтезов протекал порядка 2-3 часа в условиях кипения дихлорметана. В случае с тетрабутиламмоний иодидом удалось выделить лишь незначительные количества 1%, в случае тритилхлоридом выход составил 47%, и самый высокий выход получился в результате использования двух сопромоторов тритилхлорида и тетрабутиламмоний бромидом порядком 80%.



Структура полученного бензил-2-ацетамидо-3,4,6-три-О-ацетил-2-дезоксид-β-D-глюкопиранозида **4** была подтверждена методом ПМР спектроскопии. Также для идентификации бензил-2-ацетамидо-3,4,6-три-О-ацетил-2-дезоксид-β-D-глюкопиранозида был использован метод масс-спектропии, который определил молекулярную массу полученного соединения.

Заключение. Из представленных для сравнения методов синтеза бензил-2-ацетамидо-3,4,6-три-О-ацетил-2-дезоксид-β-D-глюкопиранозида наиболее эффективными оказались оксазолиновый синтез, выход в котором составил 75%, и вариант синтеза в системе промотор и сопромотор в случае использования двух сопромоторов тетрабутиламмоний бромид, тритил хлорида одновременно (80%). Не было выявлено достоверных различий в действии тритил хлорида и тетрабутиламмоний бромид, так как выходы в этих вариантах были примерно равны.

ПОЛУЧЕНИЕ ПЕРАЦЕТАТОВ О-ГЛИКОЗИДОВ N-АЦЕТИЛГЛЮКОЗАМИНА В УСЛОВИЯХ СПЛАВЛЕНИЯ

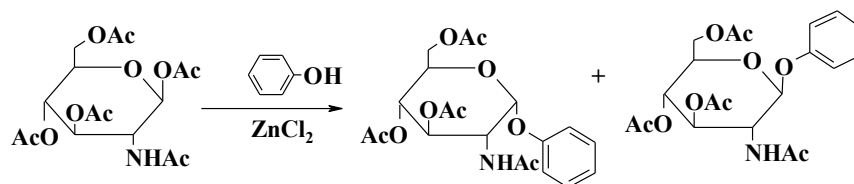
Цикалова В.Н.¹, Сабалаева Х.А.², Аблякимова С.Э.³

¹доцент кафедры органической и биологической химии Таврической академии КФУ,

²обучающаяся четвертого курса бакалавриата факультета биологии и химии Таврической академии КФУ,

³обучающаяся четвертого курса бакалавриата факультета биологии и химии Таврической академии КФУ.

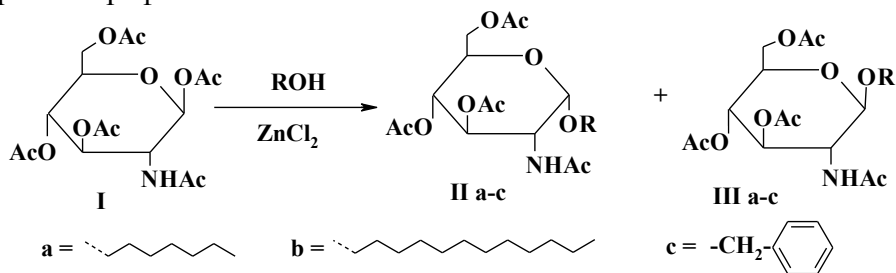
Введение. Одной из важных задач химии углеводов является разработка методов селективного образования гликозидной связи, в том числе, и для 2-аминосахаров. Если вопрос по 1,2-транс-глюкозаминидированию успешно решен как для простых, так и сложных агликонов, то проблема направленного синтеза 1,2-цис-гликозидов для аминосахаров по-прежнему остается сложной синтетической задачей. В последнее время микроволновой синтез обрел широкую популярность, его используют для достижения быстрого, чистого и более высокоэффективного взаимодействия. Сейчас микроволновое нагревание используется для повышения эффективности синтетических преобразований, ускорения открытий в медицинской химии и органическом синтезе. Кроме того, микроволновой синтез также находит применение в других областях, таких как синтез наночастиц и ПЦР. С недавних пор, органический катализ, стал основой методов для органического синтеза, и использование микроволнового реактора нашло применение в этой области органической химии. На примере углеводного синтеза в таких условиях изучаются реакции изомеризации гликозидов в соответствующие аномеры. На кафедре органической и биологической химии Таврической академии на модельной реакции получения перацетата О-α-фенилгликозида N-ацетил-D-глюкозамина в условиях сплавления пентаацетата D-глюкозамина с фенолом, было установлено оптимальное соотношение гликозил-донора к катализатору ZnCl₂ как 1:0,75. Максимальный результат был выявлен для синтезов, проведенных в течение 50 минут при температуре 150°C. Однако данное исследование не проводилось на спиртах и ряде фенолов.



Целью данной работы является получение перацетатов *O*-алкил-, *O*-алкиларил-, и *O*-арилгликозидов *N*-ацетил-*D*-глюкозамина из пентаацетата *D*-глюкозамина со спиртами различной природы и фенолами в условиях сплавления на магнитной мешалке с нагревом MAG-KGerhardt или в микроволновом реакторе «Monowave 200» при соотношении гликозил-донора к катализатору ZnCl_2 как 1:0,75 в течение 50 минут и при температуре 150° С.

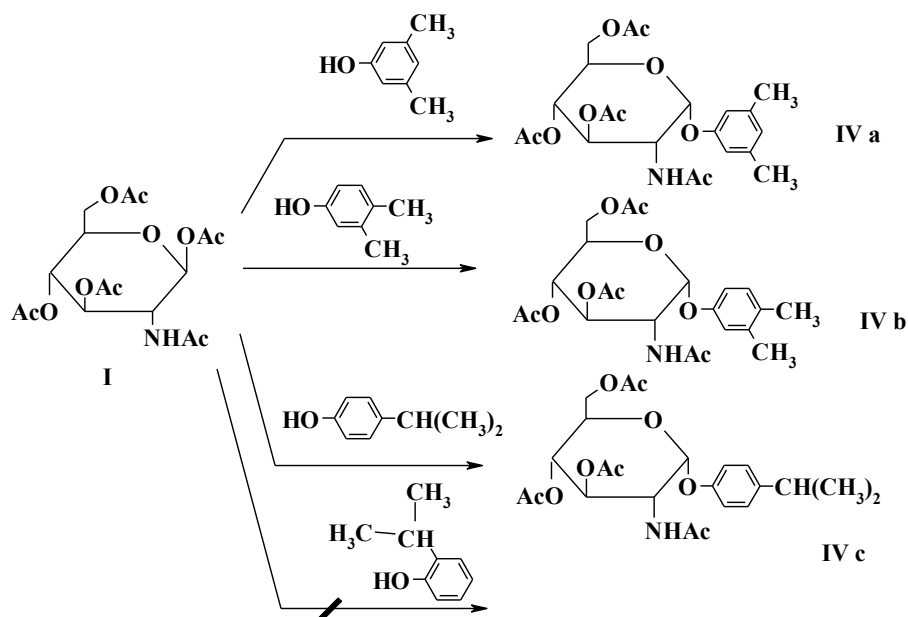
Результаты исследований.

В первой серии экспериментов в качестве гликозил-донора был использован 2-ацетамидо-1,3,4,6-тетра-*O*-ацетил-2-дезоксид- β -*D*-глюкопиранозид **I**, в качестве гликозил-акцепторов – спирты различной природы: гексан-1-ол, додекан-1-ол и бензиловый спирт. Гликозил-донор, гликозил-акцептор использовали при их постоянном соотношении 1:5, смесь нагревали без растворителя в присутствии хлорида цинка(II) при соотношении 1 к 0,75 для гликозил-донора к кислоте Льюиса. Сплавление проводили на магнитной мешалке с нагревом MAG-K Gerhardt или в микроволновом реакторе «Monowave 200». Время проведения реакции сохранялось 50 минут для всех вариантов. Температура 150°С поддерживалась также во всех экспериментах. Конечные вещества выделялись во всех экспериментах стандартно, колоночной хроматографией.



В случае гликозилирования гептанола, выходы *O*- α -гептилгликозида **IIa** и *O*- β -гептилгликозида **IIIa**, полученных на мешалке с нагревом, составили 2% и 56% соответственно, а в микроволновом реакторе «Monowave 200» – выход *O*- α -гептилгликозида **IIa** составил 12%. При гликозилировании додеканола на мешалке с нагревом, *O*- α -додецилгликозид **IIb** не образовывался, а выход *O*- β -додецилгликозида **IIIb** составили 7%. В микроволновом реакторе «Monowave 200» наблюдалось разрушение исходных веществ и продуктов реакции. В случае гликозилирования бензинового спирта на мешалке с нагревом, выходы *O*- α -бензилгликозида **IIc** и *O*- β -бензилгликозида **IIIc** составили 9% и 11% соответственно, а в микроволновом реакторе «Monowave 200» также наблюдалось разрушение исходных веществ и продуктов реакции. Эти результаты существенно отличались от выходов, на примере фенилгликозида, и требуют дальнейшего поиска оптимальных условий гликозилирования.

В следующей серии экспериментов в качестве гликозил-донора также был использован 2-ацетамидо-1,3,4,6-тетра-*O*-ацетил-2-дезоксид- β -*D*-глюкопиранозид **I**, в качестве гликозил-акцепторов – фенолы: 3,5-диметилфенол, 3,4-диметилфенол, 4-изопропилфенол и 2-изопропилфенол. Остальные условия реакции и метод выделения конечных гликозидов оставались неизменными. Только сплавление проводили исключительно в микроволновом реакторе «Monowave 200».



Выходы целевых гликозидов **IVa-IVc** после выделения колоночной хроматографией составили 6%, 9% и 14%. Гликозилирование 2-изопропилфенола не протекало и при повторном проведении синтеза. Структуры всех полученных гликозидов подтверждены ПМР-спектроскопией.

Заключение. При гликозилировании спиртов методом сплавления на мешалке с нагревом преимущественно получают 1,2-*транс*-гликозиды *N*-ацетилглюкозамина. Поскольку выходы *O*-арилгликозидов в целом были ниже по сравнению с выходом α -фенилгликозида, то этот метод синтеза подобных соединений требует дополнительных исследований.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ОКИСЛЕННОСТИ СПРЕДОВ С РАСТИТЕЛЬНЫМИ ЭКСТРАКТАМИ

Кожарский Г.Н.¹ Брановицкая Т.Ю.²

¹студент кафедры органической и биологической химии

²доцент кафедры органической и биологической химии

научный руководитель: к. с.-х. н., доцент Брановицкая Т.Ю.

investor1000000@mail.ru

Введение. В настоящее время спреды являются широко распространённым продуктом питания. Ведь люди любят спред из-за низкой стоимости и схожести со сливочным маслом по многим показателям, а также, потому что он имеет высокую биологическую и энергетическую ценность. Поэтому перед производителем стоит задача расширения ассортимента данной товарной группы, улучшения органолептических свойств, повышения пищевой ценности, увеличения продолжительности хранения, замедления микробиологических процессов, протекающих в пищевом сырье и продуктах питания при производстве и хранении.

Добавками, выполняющими все эти функции, могут выступать натуральные растительные экстракты. Они имеют большие преимущества в сравнении с традиционными присадками, а именно безопасностью для человеческого организма и биологической ценностью, благодаря наличию в них витаминов и антиоксидантов.

В работе был исследован данный класс пищевых добавок для спредов.

Цель работы: улучшение качества спредов и поиск новых вкусовых сочетаний при помощи натуральных ингредиентов.

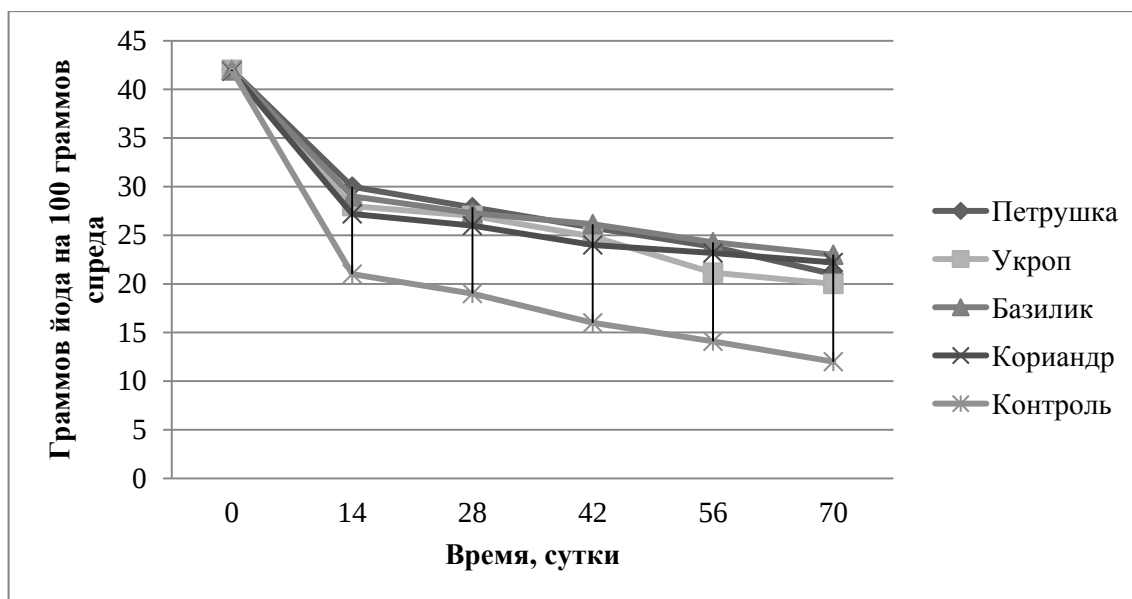
Эффективность метода тестировалась по 3 основным критериям, являющимися показателями окисленности, которые определялись титриметрическими методами по ГОСТ ISO 3960-2013.

Данные графика, данного ниже, показывают, что на первые сутки опыта йодное число во всех образцах, включая контроль, примерно равное.

Динамика йодного числа является обратно пропорциональной силе работы антиоксиданта.

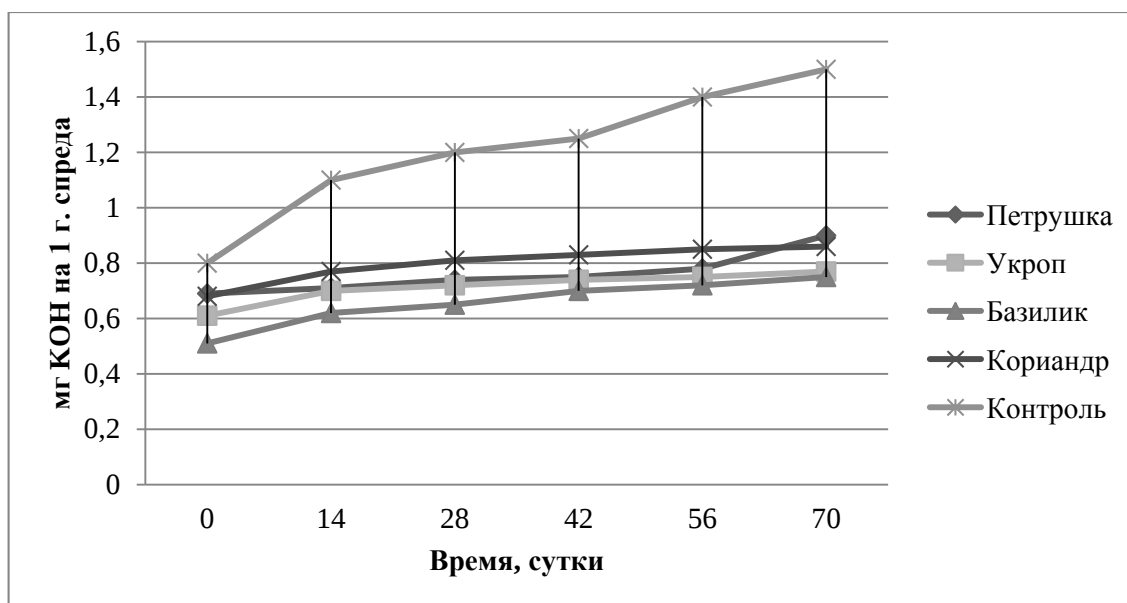
А уже на 14-е сутки разница вполне заметна. Так в образцах с антиоксидантами йодное число снизилось примерно на треть, а в контроле - на половину.

К 70-ому дню опыта йодное число в образце в сравнении с контролем, с экстрактом кориандра, петрушки, укропа, - в 1,8 раз выше, а с экстрактом базилика в 2 раза выше.



Анализируя график, расположенный ниже легко обнаружить, что в первые сутки масляный экстракт базилика обладает наибольшей антиоксидантной активностью. Значение кислотности в сравнении с контролем оказалось почти в 1,6 раз ниже.

К концу эксперимента, кислотность в образце с экстрактом базилика и укропа оказалась в 2 раза ниже в сравнении с контролем, с экстрактом кориандра, петрушки - в 1,7 раз ниже.



Вывод. В результате исследования показано, что масляные экстракты растений обладают антиоксидантной активностью и способствуют увеличению сроков хранения спредов, а также улучшению его органолептических свойств.

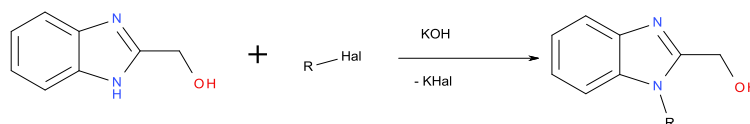
СИНТЕЗ И ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПРОИЗВОДНЫХ 1-АЛКИЛ-1Н-БЕНЗИМИДАЗОЛ-2-ИЛ КАРБАЛЬДЕГИДА

Баевский М.Ю.¹, Куренков И.А.²

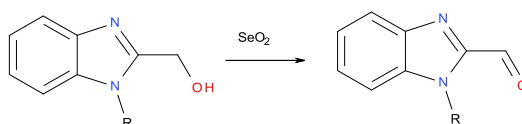
¹доцент кафедры органической и биологической химии Таврической академии КФУ

²обучающийся первого курса магистратуры кафедры органической и биологической химии Таврической академии КФУ

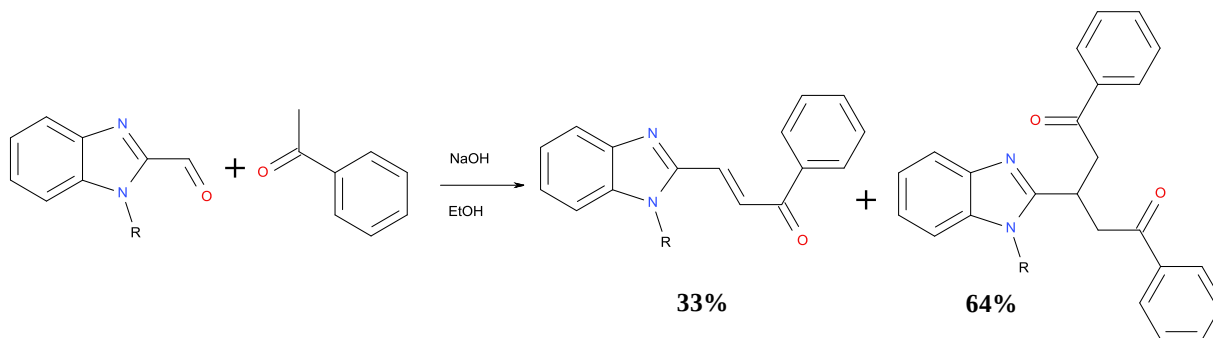
Изучен процесс алкилирования 2-гидроксиметил-1Н-бензимидазола галогеналканими в спиртовой щелочи. Показано, что наряду с N-алкилированием протекает побочная реакция О-алкилирования, с образованием соответствующего простого эфира. В процессе окисления синтезированного спирта было установлено, что соответствующие карбальдегиды образуются только в случае использования в качестве окислителя производных Se (IV). Показано, что не замещенный по первому положению 2-гидроксиметил-1Н-бензимидазол не окисляется в вышеприведенных условиях.



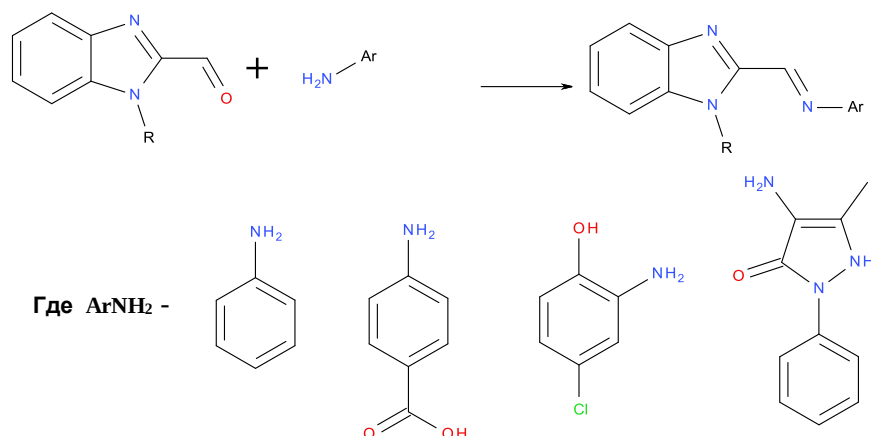
где R = Alk, AlkAr



На основе синтезированных альдегидов изучена реакция конденсации соответствующих производных с ацетофеноном в присутствии спиртовой щелочи. Показано, что в случае 1-алкилкарбальдегидов происходит реакция поликонденсации с образованием неразделяемой смеси продуктов. При конденсации 1-(4-хлорметил)-1-Н-бензимидазол-2-ил карбальдегида образуется два продукта идентифицированных по данным ПМР-спектроскопии как соответствующее производное халкона и соответствующий 1,5-дифенилкетон.



С целью изучения возможности использования производных 1-аклил-1Н-бензимидазол-2-ил карбальдегида в качестве лигандов соответствующих координационных соединений цирка был синтезирован ряд оснований Шиффа.



Строение полученных соединений подтверждено данными ПМР-спектроскопии, элементного анализа и данными масс-спектрологии.

ХИМИЧЕСКИЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ УГЛЕВОДОВ В ХОДЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА ПИВА

Афанасенко Е.В.¹, Толстенко Д. П.²

¹обучающаяся второго курса магистратуры кафедры органической и биологической химии факультета биологии и химии Таврической академии КФУ

²доцент кафедры органической и биологической химии факультета биологии и химии Таврической академии КФУ
afanasenko_katya@mail.ru

Введение. Пиво является сброженным напитком, в котором при брожении сахаров образуются спирты и другие соединения, отвечающие за аромат, вкус и питательные качества пива. В состав пива входят 3,3-3,4 % углеводов, из них: 70-80 % декстринов, 20-30 % моно- и олигосахаридов и 5-8 % пентозанов. Таким образом, углеводы являются основными нелетучими соединениями пива.

Целью работы является обзор литературных данных о химических превращениях углеводов в ходе производства пивоваренных напитков.

Пивную технологию можно разделить на две большие части: производство солода и приготовление самого пива.

К углеводам ячменя относят крахмал, целлюлозу (клетчатку), гемицеллюлозу, олиго- и моносахариды. В целом углеводы составляют примерно 75 % сухого вещества зерна. В сухом веществе пивоваренного ячменя содержание крахмала составляет обычно 60-70 %, целлюлозы – 3,5-7,0 %; гемицеллюлоза представлена главным образом пентозанами, содержание которых составляет 7-11 %. Среди моно- и дисахаридов можно отметить рафинозу (0,14-0,57 %), сахарозу (0,57-1,29 %), глюкозу (0,04-0,08 %), фруктозу (0,03-0,1 %), мальтозу (0,07-0,13 %).

В процессе производства солода главным этапом является проращивание зерна (солодоращение). Его проводят для активизации ферментов, которые превратят нерастворимые вещества зерна в растворимые. Химический состав при этом сильно изменяется. Главные превращения происходят с крахмалом: ферменты амилазы частично расщепляют его до низкомолекулярных углеводов (глюкоза, мальтоза, мальтотриоза). Это необходимо для дальнейшего брожения, так как дрожжевые клетки не в состоянии сбраживать

такие полисахариды как крахмал.

После получения солода его высушивают, дробят и смешивают с водой, при этом образуется масса, называемая затором. При затирации все водорастворимые углеводы вместе с другими ценными питательными веществами переходят в водный раствор, который затем нагревают. В процессе приготовления пивоматериалов протекает более глубокий гидролиз крахмала.

Осахаренный затор фильтруют и направляют на кипячение с хмелем. При кипячении пивного сусла углеводы подвергаются полному или частичному нерегулируемому разрушению. От глубины разрушения углеводов в сусле зависит качество пива. При этом большое влияние на аромат, цвет и вкус пива оказывает реакция Майяра (меланоидинообразования). При взаимодействии углеводов с аминокислотами происходят процессы «покоричневения» и образуются окрашенные вещества различных оттенков (от коричневатого до рубинового) с ароматом хлебной корочки. Из трёх известных групп окрашенных веществ в пищевых продуктах выделяют: продукты карамелизации углеводов, продукты кислотно-основного разложения углеводов и меланоидины; последние оказывают наибольшее влияние на органолептические свойства пива. Содержание углеводов в готовом сусле (в % на сухое вещество) следующее: глюкозы+фруктозы 9-12 %, сахарозы 0-52 %, мальтозы 46-52 %, мальтотриозы 9-12 %, мальтотетраозы 0-2,4 %.

После приготовления сусла, его охлаждают и подают на брожение. При взаимодействии дрожжей с сахарами образуются не только этанол, но и целый спектр веществ, отвечающих за вкус и аромат готового напитка – от приятных, вроде фруктовых и пряных оттенков, до неприятных, таких как ацетоновый тон. Различные виды дрожжей при разной температуре дают разные вкусы и ароматы. Анализ углеводов в готовом пиве показал, что моносахаридная фракция углеводов состоит из фруктозы и глюкозы. Ряд исследователей установили также наличие небольших количеств арабинозы, ксилозы, галактозы и рибозы. Дисахариды представлены преимущественно мальтозой, присутствуют также следы сахарозы (в зависимости от технологии производства). Также обнаружены мальтотриоза и более сложные полисахариды.

При этом установлено, что моно- и дисахаридная фракции максимально потребляются в ходе брожения, трисахариды сбраживаются более чем на 85 %, несброженными остаются трисахариды, содержащие 1,6-связи.

Данные об содержании углеводов в различных сортах готового пива свидетельствуют о значительной вариативности данных показателей (табл.1.).

Таблица 1.

Содержание углеводов в различных сортах пива

Сорт пива	Содержание углеводов, мг/л						
	Манноза	Мальтоза	Мальтотриоза	Мальтотетроза	Мальтопентоза	Мальтогексоза	Мальтогептоза
Тип брожения							
Верховое (эль)	20-600	35-2900	140-16700	170-7650	30-2550	40-3300	10-2500
Низовое (лагер)	45-1500	70-2500	550-20750	2000-6000	20-2500	20-3150	8-1550
Цвет							
Светлое	40-1100	35-2900	140-15050	1070-7550	30-2500	28-2200	12-1700
Янтарно-красное	34-1500	67-2500	216-20750	168-7650	20-2550	22-3120	8-1550
Тёмное	19-250	89-400	2550-16900	3600-4500	1590-2150	880-3300	215-2500

Выводы. Пиво представляет собой очень сложную смесь, основными компонентами которой являются вода, этанол и углеводы, включающие в себя сбраживаемые сахара (фруктозу, глюкозу, мальтозу и мальтотриозу), а также мальтоолигосахариды и арабиноксиланы.

Поэтому мониторинг углеводного состава пива может стать важным инструментом современной пивоваренной технологии, особенно при выборе сырья и штаммов дрожжей, разработке продукта и контроле качества. Количественная оценка мальтоолигосахаридов обеспечивает полезный контроль сложной ферментативной системы в пивоварении, особенно при введении изменений в технологических процедурах. В связи с этим важно контролировать не только общее количество образующихся сбраживаемых углеводов, но также относительные количества различных сахаров.

АЛФАВИТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

А

Аблякимова С.Э., 6
Афанасенко Е.В., 11

Б

Баевский М.Ю., 10
Брановицкая Т.Ю., 8

Г

Гайчук В.В., 4

К

Кожарский Г.Н., 8
Куренков И.А., 10

П

Пертель С.С., 3

С

Сабалаева Х.А., 6

Т

Толстенко Д. П., 11

Ц

Цикалова В.Н., 4, 6