

введения или в определенных условиях среды, что в итоге повысит эффективность терапии и снизит риск побочных эффектов.

Литература

1. Brant D., Buliga G. *Chemical Structure and macromolecular conformation of polysaccharides in the aqueous environment // Biotechnology of marine polysaccharides / ed. Colwell E. Washington—New York—London, 1985. P. 29–73.*
2. Chapman V.J., Chapman D.J. *Seaweeds and their uses. London—New York: Chapman and Hall, 1980. 334 p.*
3. Cicala C., Morello S., Alfieri A. et al. *Haemostatic imbalance following carrageenan-induced rat paw oedema // Eur. J. Pharmacol. 2007. Vol. 577. P. 156–161.*
4. Coimbra M., Kuijpers S.A., van Seters S.P. et al. *Targeted delivery of anti-inflammatory agents to tumors // Curr. Pharm. Des. 2009. Vol. 15. P. 1825–1843.*
5. Mohamadnia Z., Zohuriaan-Mehr M.J., Kabiri K. et al. *pH-Sensitive IPN Hydrogel Beads of Carrageenan-Alginate for Controlled Drug Delivery // J. Bioact. Compatible Polymers. 2007. Vol. 22. P. 342–356.*
6. Panlasigui L.N., Baello O.Q., Dimatungal J.M., Dumelod B.D. *Blood cholesterol and lipid-lowering effects of carrageenan on human volunteers // Asia Pac. J. Clin. Nutr. 2003. Vol. 12. P. 209–214.*
7. Santo V.E., Frias A.M., Carida M., et al. *Carrageenan-Based Hydrogels for the Controlled Delivery of PDGF-BB in Bone Tissue Engineering Applications // Biomacromolecules. 2009. Vol. 10. P. 1392–1401*
8. Volesky B. *Sorption and biosorption. Quebec: BV-Sorbex Inc., St. Lambert, 2004. 316 p.*
9. Volesky B., Naja G. *Biosorption technology: Starting up an enterprise // Int. J. Technology Transfer & Commercialization. 2007. Vol. 6. P. 196–211.*
10. Wagner A.D., Moehler M. *Development of targeted therapies in advanced gastric cancer: promising exploratory steps in a new era // Curr. Opin. Oncol. 2009. Vol. 21. P. 381–385.*
11. Yermak I.M., Khotimchenko Y.S. *Chemical properties, biological activities and applications of carrageenans from red algae // Recent Advan. Mar. Biotechnol. 2003. Vol. 9. P. 207–255.*
12. Yoshikawa Y., Hirayasu H., Tsuzuki S., Fushiki T. *Carrageenan inhibits granzyme A-induced detachment of and interleukin-8 release from alveolar epithelial A549 cells // Cytotechnology. 2008. Vol. 58. P. 63–67.*
13. Zhou G., Sheng W., Yao W., Wang C. *Effect of low molecular lambda-carrageenan from Chondrus ocellatus on antitumor H-22 activity of 5-Fu // Pharmacol. Res. 2006. Vol. 53. P. 129–134.*

Поступила в редакцию 22.01.2010.

ESTIMATING PROBABLE APPLICATION OF CARRAGEENANS FOR RECIPIENT-ORIENTED DELIVERY OF ANTI-CANCER DRUGS

M.Yu. Khotimchenko¹, O.A. Shokur², N.E. Lamash³

¹Vladivostok State Medical University (2 Ostryakova Av., Vladivostok, 690950, Russia), ²Far-Eastern State Medical University (35 Muravieva-Amurskogo St. Khabarovsk 680000 Russia), ³Institute of Marine Biology named after A.V. Zhirmundsky, FEB RAS (17 Palchevskogo Street, Vladivostok, 690041, Russia)

Summary – The authors estimate binding ability of λ -carrageenan with respect to anti-tumor drugs — cyclophosphamide and dacarbazine. The carrageenan selectively bind and retain molecules of dacarbazine in the polysaccharidic gel medium structure due to chemical adsorption processes that can be used to create new all-inclusive drugs for recipient-oriented delivery of drug substances with controlled release of an active compound.

Key words: carrageenans, sorption, dacarbazine, cyclophosphamide.

Pacific Medical Journal, 2010, No. 2, p. 59–62.

УДК 577.114. 083-547.458.88

В.В. Ковалев¹, Е.А. Коленченко¹, К.Е. Макарова²

¹ Институт биологии моря им. А.В. Жирмунского ДВО РАН (690041 г. Владивосток, ул. Пальчевского, 17),

² Владивостокский государственный медицинский университет (690950 г. Владивосток, пр-т Острякова, 2)

ИССЛЕДОВАНИЕ КИСЛОТНОГО ГИДРОЛИЗА ВЫСОКОЭТЕРИФИЦИРОВАННОГО И НИЗКОЭТЕРИФИЦИРОВАННОГО ПЕКТИНОВ

Ключевые слова: пектин, кислотный гидролиз, ангидрогалактурановая кислота.

Исследован процесс кислотного гидролиза высоко- и низкоэтерифицированного пектинов в 0,5М HCl при 90°C. Кислотный гидролиз высокоэтерифицированного пектина сопровождался снижением степени этерификации с образованием низкоэтерифицированного пектина. При гидролизе низкоэтерифицированного пектина скорость процесса в первые 1,5 часа быстро уменьшалась, затем оставалась практически постоянной. При этом на первом этапе образовывались продукты, обогащенные нейтральными сахарами, а на втором — полигалактурановой кислотой. Молекулярная масса, при которой возможен фазовый переход продуктов гидролиза из геля в раствор, составляла около 10 кДа. Установлена зависимость фракционного состава продуктов от времени гидролиза.

Пектины относятся к гликаногалактуронам, кислым растительным полисахаридам, главную углевод-

ную цепь которых составляют 1,4-связанные остатки α -D-галактурановой кислоты. Пектины содержатся во всех высших цветковых растениях, где они входят в состав клеточных стенок и срединных пластинок [2].

Низкомолекулярные пектины являются перспективными соединениями для разработки новых лекарственных средств благодаря их способности оказывать резорбтивное действие, обусловленное их абсорбцией в кишечнике. Ранее было показано, что низкомолекулярные пектиновые соединения ускоряют выведение тяжелых металлов с мочой [8]. Помимо этого, благодаря низкой степени полимеризации, модифицированные пектины проявляют противоопухолевую активность в отношении рака толстого кишечника, рака молочной железы, мелкоклеточной миеломы и гемангиосаркомы [5, 9, 10, 12, 13, 15]. Обнаруженная эффективность обусловлена наличием в молекуле пектина большого количества β -галактозы,

Коленченко Елена Алексеевна — канд. биол. наук, научный сотрудник лаборатории фармакологии ИБМ ДВО РАН; тел.: 8 (4232) 55-52-09; e-mail: eakolenchenko@mail.ru.

которая обладает связывающей активностью в отношении белка галектина-3 [11], ответственного за рост и метастазирование опухолей.

Низкомолекулярные полисахариды обычно получают из соответствующих природных высокомолекулярных соединений, используя методы химической или ферментативной деградации. Универсальным методом получения низкомолекулярных полисахаридов и олигосахаридов является кислотный гидролиз, который проводится обычно с применением сильных минеральных кислот.

В данной работе были исследованы процессы кислотного гидролиза высоко- и низкоэтерифицированных пектинов. Проведена оценка изменения скорости процесса и состава образующихся продуктов в зависимости от времени гидролиза, определены условия для получения пектинов с различной молекулярной массой.

Материал и методы. В качестве исходного образца был использован высокоэтерифицированный цитрусовый пектин со степенью этерификации 58% и содержанием ангидрогалактуроновой кислоты (АГК) 74,3% (Herbstreith & Fox KG, Германия). Низкоэтерифицированный пектин в форме пектовой кислоты получали из высокоэтерифицированного пектина путем щелочной деэтерификации по известной методике [6]. Степень этерификации полученного продукта составляла 1,3%, содержание АГК – 78,8%.

Степень этерификации и содержание АГК определяли титриметрическим методом [1]. Из растворов пектин предварительно осаждали двойным объемом этанола. Гидролиз всех образцов проводили в одинаковых условиях при постоянной температуре $90 \pm 0,5^\circ\text{C}$, концентрации гидролизующего агента – 0,5М HCl и постоянном перемешивании реакционной среды. Концентрация высокоэтерифицированного пектина в реакционной среде составляла 1%, низкоэтерифицированного пектина (в виде суспензии) – 5%. Объем раствора/суспензии пектина составлял 300 мл.

Через определенные промежутки времени из реакционной среды отбирали пробы гидролизата для анализов. Объем отбираемых проб составлял 5–15 мл. Остановку (замедление) гидролиза осуществляли путем охлаждения проб до 0°C в водяной бане со льдом. Жидкую фазу гидролизата отделяли от осадка пектина центрифугированием при 4000 об./мин в течение 30 мин. Для удаления из осадка пектина растворимых продуктов гидролиза его промывали 0,5М HCl: трижды суспензировали в 10-кратном количестве раствора кислоты с последующим центрифугированием и удалением жидкой фазы.

Оценку изменения состава продуктов в зависимости от времени процесса проводили методом поэтапного гидролиза. Для этого использовали 30 мл 5% суспензии пектина. Время каждой стадии составляло 30 мин, после чего гидролиз останавливали, отделяли жидкую фазу и определяли в ней содержание

нейтральных сахаридов и АГК. Осадок промывали, ресуспензировали в 30 мл 0,5М HCl и проводили следующую стадию гидролиза.

Для исследования второго этапа гидролиза низкоэтерифицированного пектина предварительно проводили первый этап гидролиза в течение 1,5 часа. Затем остаток пектина отмывали от растворимых продуктов, ресуспензировали в исходном объеме (300 мл) 0,5М HCl и проводили второй этап гидролиза. Фракционный состав жидкой фазы определяли с помощью ультрафильтрационных мембран. Перед гидролизом фиксировали концентрацию пектина в суспензии. Для этого от пробы отделяли осадок пектина и сушили его при 100°C до постоянной массы. Содержание АГК в растворах определяли по реакции с м-гидроксидифенилом, используя в качестве стандарта *D*-галактуроновую кислоту [4].

Общее содержание углеводов вычисляли по фенол-сернокислотному методу, используя *D*-галактозу в качестве стандарта [7]. Для определения содержания нейтральных сахаридов в присутствии АГК из установленного общего содержания углеводов вычиталось содержание АГК, определенное по реакции с м-гидроксидифенилом.

Молекулярно-массовое распределение в гидролизатах оценивали по их фракционному составу, который определяли с помощью ультрафильтрационных мембран с разными пределами пропускания. Для этого из пробы отбирали 10 мл жидкой фазы, добавляли в нее 1,0 мл 0,2М раствора цитрата натрия и проводили нейтрализацию (до pH 4) 5М раствором NaOH, затем объем раствора доводили до 50 мл дистиллированной водой. Подготовленный раствор гидролизата подвергали фракционированию на ультрафильтрационных мембранах из регенерированной целлюлозы с пределами пропускания 10, 3 и 1 кДа при давлении 0,25–0,3 МПа.

В исходном гидролизате и полученном фильтрате определяли содержание АГК. По разнице ее концентраций оценивали содержание в гидролизате соответствующих фракций полигалактуроновой кислоты.

Фракционный состав пектина в осадке определяли аналогичным образом. Для этого 15 мл пробы центрифугировали, осадок промывали и суспензировали в 100 мл дистиллированной воды, добавляли 8,0 мл 0,2М раствора цитрата натрия и проводили нейтрализацию (до pH 4) 5М раствором NaOH, затем объем раствора доводили до 400 мл дистиллированной водой.

Результаты исследования. При гидролизе высокоэтерифицированного пектина одновременно с гидролизом гликозидных связей между остатками *D*-галактуроновой кислоты происходил также гидролиз сложноэфирных связей в остатках, этерифицированных метиловым спиртом. В результате наблюдалось быстрое снижение степени этерификации пектина – с 58 до 25–27% за первые 20 мин гидролиза (рис. 1).

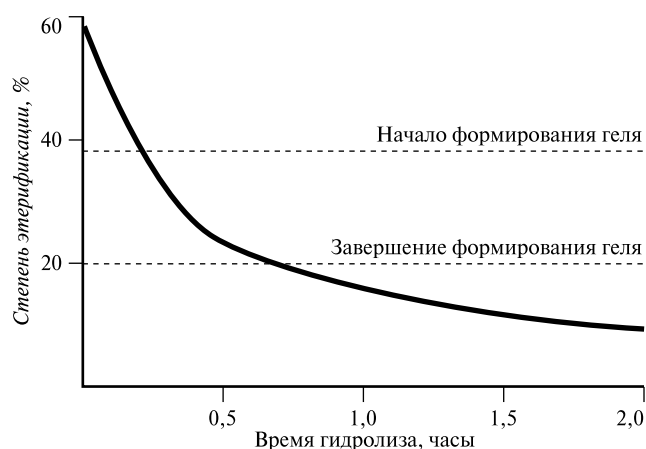


Рис. 1. Зависимость степени этерификации пектина от времени гидролиза. Условия гидролиза: концентрация высокоэтерифицированного пектина — 1%, концентрация HCl — 0,5M, температура — $90 \pm 0,5^\circ\text{C}$.

По мере снижения степени этерификации наблюдалось уменьшение растворимости пектина в кислой среде. При снижении степени этерификации до 40–35%, которое происходило примерно через 15 мин от начала реакции, начиналось формирование нерастворимых частиц геля низкоэтерифицированного пектина. Процесс формирования геля протекал в течение 15–25 мин и заканчивался к 30–40 мин гидролиза, когда степень этерификации опускалась до 20%. При этом весь высокомолекулярный пектин выпадал в виде объемного осадка и процесс гидролиза дальше уже протекал в гетерофазной системе, а в жидкой фазе присутствовали только низкомолекулярные продукты. С этого момента гидролиз высокоэтерифицированного пектина фактически переходил в гидролиз низкоэтерифицированного пектина.

Низкоэтерифицированный пектин в отличие от высокоэтерифицированного в кислой среде сразу образовывал плотный гель с содержанием сухих веществ 25–28%, и процесс кислотного гидролиза от начала до конца протекал в гетерофазной системе — «гель высокомолекулярного пектина — раствор кислоты». При этом продукты гидролиза при достижении определенной молекулярной массы начинали переходить из геля в раствор.

Была проведена оценка величины молекулярной массы, при которой может осуществляться данный переход. Для моделирования различных условий использовались образцы пектина с разной степенью деградации: исходный низкоэтерифицированный пектин и его образцы, подвергнутые предварительному гидролизу различной продолжительности, из которых затем путем отмывки в 0,5M HCl были удалены растворимые продукты. Время гидролиза образцов не превышало 20 мин чтобы уменьшить возможную деградацию и снижение молекулярной массы пектиновых молекул, перешедших в раствор. Было установлено, что доля молекул с массой менее 10 кДа в жидкой фазе составляла от 66–72% для исходного об-

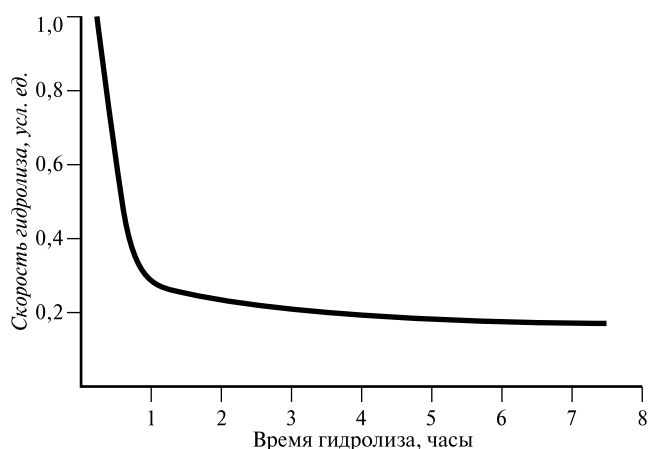


Рис. 2. Зависимость скорости гидролиза низкоэтерифицированного пектина от времени. Условия гидролиза: концентрация суспензии пектина — 5%, концентрация HCl — 0,5M, температура — $90 \pm 0,5^\circ\text{C}$.

разца низкоэтерифицированного пектина до 75–78% для образца, подвергнутого предварительному гидролизу в течение 10 часов. В то же время доля таких молекул в гелевой фазе составляла для данных образцов 2,5 и 4,6% соответственно.

Скорость гидролиза оценивали по накоплению низкомолекулярных продуктов в жидкой фазе при гидролизе 5% суспензии низкоэтерифицированного пектина. Для этого через равные промежутки времени в жидкой фазе определялось содержание АГК и по изменению ее концентрации строился график скорости гидролиза в относительных единицах (рис. 2). При этом значение скорости, равное 1, соответствовало величине максимального изменения концентрации АГК за фиксированный промежуток времени.

Процесс гидролиза пектина можно условно разделить на два этапа. В самом начале скорость гидролиза была максимальна, происходило относительно быстрое накопление в жидкой фазе низкомолекулярных продуктов, содержащих АГК. В течение первых 40–50 мин наблюдалось резкое уменьшение скорости процесса, примерно в три раза. Затем, на втором этапе, на протяжении всего оставшегося времени гидролиза скорость изменялась менее значительно: за 6 часов — со 2-го по 8-й час реакции — на 25%.

Методом постадийного гидролиза было исследовано изменение состава продуктов в жидкой фазе. В начале процесса относительное содержание АГК в жидкой фазе постепенно увеличивалось с 37,2% на 1-й до 94,4% на 4-й стадии и затем оставалось практически постоянным. Относительное содержание нейтральных сахаридов в жидкой фазе соответственно уменьшалось с 62,8% на 1-й стадии до 5,6% на 4-й, т.е. гидролиз основной массы нейтральных сахаридов происходил в первые 1,5 часа процесса — с 1-й по 3-ю стадию.

Таким образом, на начальном этапе, в течение первых 1,5 часа, происходил гидролиз участков пектина, содержащих основное количество нейтральных моносахаридов и легкогидролизуемую часть АГК.

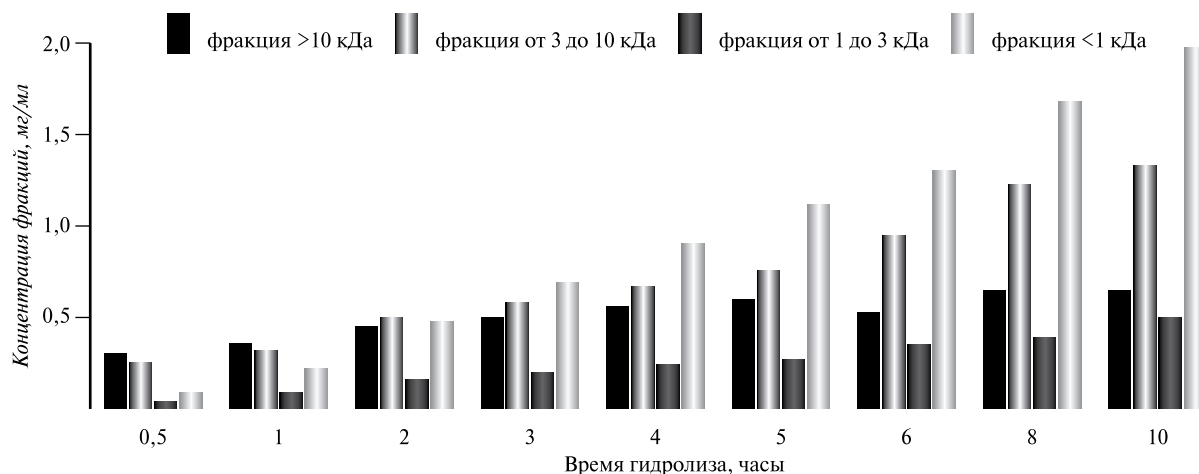


Рис. 3. Концентрация молекулярных фракций полигалактуроновой кислоты в гидролизате в зависимости от времени гидролиза. Условия гидролиза: концентрация суспензии низкоэтерифицированного пектина – 3,84%, концентрация HCl – 0,5М, температура – $90 \pm 0,5^\circ\text{C}$.

За это время общее количество низкомолекулярных продуктов, перешедших в жидкую фазу, составило 23,3% от исходной массы пектина. Из них на долю нейтральных сахаридов приходилось 17,1% (80,5% от их первоначального содержания в пектине), а доля АГК составила, соответственно, 6,2% (7,8% от ее первоначального содержания).

Второй этап гидролиза был исследован отдельно, на образце низкоэтерифицированного пектина, прошедшего 1-й (1,5 часа) этап гидролиза. Условия реакции не менялись, поэтому за счет гидролиза части пектина на первом этапе его концентрация в суспензии уменьшилась с 5 до 3,84%.

На втором этапе происходил гидролиз практически чистой полигалактуроновой кислоты с небольшим содержанием (5,6%) нейтральных сахаридов. Процесс протекал с относительно стабильной скоростью.

В ходе непрерывного 10-часового гидролиза происходил достаточно равномерный, близкий к линейному рост всех фракций, кроме самой высокомолекулярной – более 10 кДа. Содержание данной фракции в первые полчаса реакции составляло 0,305 мг/мл, затем за 4,5 часа увеличивалось вдвое (до 0,60 мг/мл), а в следующие 5 часов – только на 8% (до 0,65 мг/мл). Рост содержания других фракций с 1-го по 10-й час гидролиза составлял: 3–10 кДа – в 4,15 раза (с 0,32 до 1,33 мг/мл), 1–3 кДа – в 5,4 раза (с 0,093 до 0,50 мг/мл), менее 1 кДа – в 9 раз (с 0,22 до 1,98 мг/мл). Динамика изменений соотношения между фракциями в ходе гидролиза выглядела следующим образом: относительное содержание фракций – более 10 кДа, 3–10 кДа, 1–3 кДа и менее 1 кДа составляло в процентах за первые полчаса процесса – 44,0:37,0:6,3:12,7; за 2 часа – 28,5:31,5:10,0:30,0; за 10 часов – 14,5:30,5:10,5:44,5 соответственно (рис. 3).

Обсуждение полученных данных. По своему строению пектины являются достаточно сложно организованными гетерополисахаридами. В их структуре присутствуют и линейные участки галактуронана,

состоящие только из *D*-галактуроновой кислоты, и разветвленные участки рамногалактуронана, содержащие большое количество нейтральных моносахаридов [2]. Входящие в состав пектина моносахариды связаны между собой гликозидными связями, имеющими разную устойчивость к действию кислот. Это объясняет значительные различия в скорости гидролиза и составе образующихся продуктов на разных этапах. Процесс начинается с разрушения наиболее лабильных связей, образованных преимущественно нейтральными моносахаридами. Отношение содержания нейтральных моносахаридов и АГК в низкомолекулярных продуктах за первые 1,5 часа гидролиза составляет 2,76 : 1, что хорошо согласуется с классической схемой строения рамногалактуронана [14]. Оставшаяся после первого этапа трудногидролизуемая часть пектина почти полностью состоит из АГК и, по-видимому, является высокомолекулярной полигалактуроновой кислотой (гомогалактуронаном). Из литературы известно о высокой устойчивости к кислотному гидролизу гликозидных связей, образованных уронавыми кислотами [3]. Соотношение фракций в гидролизате на втором этапе процесса равномерно сдвигается в сторону низкомолекулярных соединений. Регулируя время гидролиза можно получать продукты, обогащенные определенной молекулярной фракцией полигалактуроновой кислоты.

Таким образом, методом кислотного гидролиза пектина можно получать низкомолекулярные фракции, обогащенные нейтральными сахаридами и фракции, содержащие только АГК. Использование низкоэтерифицированного пектина позволяет повысить скорость гидролиза путем увеличения концентрации пектина и упростить разделение высоко- и низкомолекулярных – менее 10 кДа – продуктов за счет естественного фазового перехода «гель – раствор».

Работа выполнена в рамках проекта РФФИ 09-03-98512-р_восток_а.

Литература

1. Афанасьев С.П., Чирва В.Ю., Кацева Г.Н. и др. Модификация титриметрических методов анализа пектиновых веществ // *Химия природных соединений*. 1984. № 4. С. 428–431.
2. Оводов Ю.С. Современные представления о пектиновых веществах // *Биорг. химия*. 2009. Т. 35, № 3. С. 293–310.
3. Уистлер Р.Л., Вольфрам М.Л. Методы химии углеводов / пер. с англ. под ред. Кочеткова Н.К. М.: Мир, 1967. 512 с.
4. Blumenkrantz N., Asboe-Hansen G. New method for quantitative determination of uronic acids // *Anal. Biochem*. 1973. Vol. 54. P. 484–489.
5. Chauhan D., Li G., Podar K. et al. A novel carbohydrate-based therapeutic GCS-100 overcomes bortezomib resistance and enhances dexamethasone-induced apoptosis in multiple myeloma cells // *Cancer Res*. 2005. Vol. 65. P. 8350–8358.
6. Dongowski G., Lorenz A. Unsaturated oligogalacturonic acids are generated by *in vitro* treatment of pectin with human faecal flora // *Carbohydr. Res*. 1998. Vol. 314. P. 237–244.
7. Dubois M., Gilles K.A., Hamilton J.K. et al. Colorimetric method for determination of sugars and related substances // *Anal. Chem*. 1956. Vol. 28, No. 3. P. 350–356.
8. Eliaz I, Hotchkiss A.T, Fishman M.L, Rode D. The effect of modified citrus pectin on urinary excretion of toxic elements // *Phytother Res*. 2006. Vol. 20. P. 859–864.
9. Glinskii O.V., Huxley V.H., Glinsky G.V. et al. Mechanical entrapment is insufficient and intercellular adhesion is essential for metastatic cell arrest in distant organs // *Neoplasia*. 2005. Vol. 7. P. 522–527.
10. Hayashi A., Gillen A.C., Lott J.R. Effects of daily oral administration of quercetin chalcone and modified citrus pectin on implanted colon-25 tumor growth in Balb-c mice // *Altern. Med. Rev*. 2000. Vol. 5. P. 546–552.
11. Inohara H., Raz A. Effects of natural complex carbohydrate (citrus pectin) on murine melanoma cell properties related to galectin-3 functions // *Glycoconj. J*. 1994. Vol. 11. P. 527–532.
12. Johnson K.D., Glinskii O.V., Mossine V.V. et al. Galectin-3 as a potential therapeutic target in tumors arising from malignant endothelium // *Neoplasia*. 2007. Vol. 9. P. 662–670.
13. Nangia-Makker P., Hogan V., Honjo Y. et al. Inhibition of human cancer cell growth and metastasis in nude mice by oral intake of modified citrus pectin // *J. Natl. Cancer Inst*. 2002. Vol. 94. P. 1854–1862.
14. Oosterveld A., Beldman G., Schols H.A. Voragen A.G.J. Arabino- and ferulic acid rich pectic polysaccharides extracted from sugar beet pulp // *Carbohydr. Res*. 1996. Vol. 288. P. 143–153.
15. Sathisha U.V., Jayaram S., Harish Nayaka M.A., Dharmesh S.M. Inhibition of galectin-3 mediated cellular interactions by pectic polysaccharides from dietary sources // *Glycoconj. J*. 2007. Vol. 24. P. 497–507.

Поступила в редакцию 07.01.2010.

STUDYING ACID HYDROLYSIS OF HIGH-ETHERIFIED AND LOW-ETHERIFIED PECTINS

V.V. Kovalev¹, E.A. Kolenchenko¹, K.E. Makarova²

¹ Institute of Marine Biology named after A.V. Zhirmundsky, FEB RAS (17 Palchevskogo St. Vladivostok 690041 Russia),

² Vladivostok State Medical University (2 Ostryakova Av., Vladivostok 690950 Russia)

Summary – The paper studies acid hydrolysis of high-etherified and low-etherified pectins in 0.5M HCl at 90°C. The acid hydrolysis of high-etherified pectin is characterized by decreasing extent of etherification and production of low-etherified pectin. In case of low-etherified pectin hydrolysis, the rate rapidly decreases during the first 1.5 hours, and then remains almost unchanged. The first stage includes production of elements enriched in neutral saccharides; the second stage – that in polygalacturonic acid. The molecular mass is likely to cause phase conversion of hydrolysis products from gel into solution is about 10 kDa. There is dependence between fraction composition and duration of the hydrolysis.

Key words: pectin, acid hydrolysis, hydrogalacturonic acid.

Pacific Medical Journal, 2010, No. 2, p. 62–66.

УДК

А.Ю. Маняхин, С.П. Зорикова, О.Г. Зорикова

Межведомственный научно-образовательный центр «Растительные ресурсы»: Горнотаежная станция ДВО РАН (602533 п. Горнотаежное Уссурийского р-на Приморского края, ул. Солнечная, 2), Владивостокский государственный университет экономики и сервиса (690014 г. Владивосток, ул. Гоголя, 41)

БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ СУХОГО ЭКСТРАКТА ШЛЕМНИКА БАЙКАЛЬСКОГО

Ключевые слова: шлемник байкальский интродуцированный, эксперимент, поведенческие реакции, антиоксидантная активность.

В эксперименте на лабораторных животных (мыши и крысы) оценена биологическая активность сухого экстракта шлемника байкальского, полученного из сырья, интродуцированного в Приморском крае. Препарат нормализовал паттерн поведенческих реакций, измененных действием техногенных ксенобиотиков, оказывал антиоксидантное действие, способствуя стабилизации мембран гепатоцитов на модели этанольного гепатита.

Одним из путей решения проблемы устойчивости организма к воздействию стрессовых ситуаций, в частности при нахождении в зоне техногенного загрязнения, является разработка препаратов оздоровительно-

профилактического действия, содержащих природные комплексы биологически активных веществ. Известны многочисленные данные, свидетельствующие о широком спектре биологической активности флавоноидов, распространенных в растительном мире. Шлемник байкальский (*Scutellaria baicalensis*) – растение, чье сырье в настоящее время активно востребовано в различных сферах хозяйственной деятельности. При этом шлемник байкальский относится к «уязвимым» видам, риск исчезновения которых в природе высок, вследствие сокращающегося ареала произрастания в результате деятельности человека. Этим объясняется необходимость создания устойчивой сырьевой базы на основе интродукции и введения

Маняхин Артем Юрьевич – аспирант Горнотаежной станции ДВО РАН; тел. 8 (924) 240-92-87, e-mail: mau84@mail.ru.