

ВЯЗКОСТЬ РАСТВОРОВ ИНУЛИНА

Е. С. Гасанова, В. В. Котов, К. К. Полянский, Г. А. Нетесова

Воронежский государственный аграрный университет им. императора Петра I

Поступила в редакцию 13.04.2011 г.

Аннотация. Методами вискозиметрии и гель-хроматографии установлено, что связь характеристической вязкости растворов ряда образцов инулина с их молекулярной массой описывается уравнением Марка — Куна — Хаувинка с величинами $\alpha=0.94$ и $K=6.8 \cdot 10^{-4}$ в пределах молекулярных масс от 4500 до 6500 Da.

Ключевые слова: инулин, вискозиметрия, гель-хроматография, характеристическая вязкость, молекулярная масса.

Abstract. The relation between characteristic viscosity of solutions samples of alant starch with their molecular mass has described equation of Mark — Kun — Hauvink and values $\alpha=0.94$, $K=6.8 \cdot 10^{-4}$ in limit molecular mass from 4500 to 6500 Da.

Keywords: alant starch, viscosimetry, gel chromatography, characteristic viscosity, molecular mass.

ВВЕДЕНИЕ

Инулин представляет собой полисахарид, молекулы которого построены из элементарных звеньев — остатков β -D-фруктофуранозы с концевыми группами — остатками α -D-глюкопиранозы [1]. Он содержится в ряде растительных объектов — клубнях топинамбура, яконе, цикории и некоторых других. Молекулярная масса инулина колеблется в пределах 4000—7000 Da, что находится в пограничной области между олигомерами и высокополимерами [2]. В работе [3] показано, что инулин, выделенный из топинамбура, имеет молекулярную массу 5200 Da, то есть содержит 32 элементарных звена в молекуле.

Инулин является биологически активным веществом и используется в качестве пищевой добавки при изготовлении продуктов лечебно-профилактического питания, а также входит в состав некоторых лекарственных препаратов. При этом предпочтительным является использование высокомолекулярного инулина, который, например, эффективно стабилизирует майонезную эмульсию [4] или способствует нормализации процессов метаболизма в пищеварительной системе человека [5]. Поэтому сведения о молекулярной массе конкретных образцов инулина являются необходимыми для прогнозирования его практического применения.

Одним из основных методов определения молекулярной массы полимеров является вискозиме-

трия, по данным которой из значения характеристической вязкости $[\eta]$ в соответствии с уравнением Марка — Куна — Хаувинка:

$$[\eta] = K \cdot M^{\alpha}, \quad (1)$$

где K и α — коэффициенты, рассчитывается молекулярная масса M [6].

Вискозиметрия имеет преимущество перед другими методами определения молекулярной массы вследствие использования более простой аппаратуры и несложности проводимых измерений. Однако для гомологического ряда фруктозанов, к которым относится инулин, величины K и α неизвестны, что не позволяет использовать уравнение (1) для определения величины M . Поэтому для их установления необходимы сведения о молекулярных массах различных образцов инулина.

Целью работы было выявление закономерностей вязкого истечения растворов ряда образцов инулина, установление их молекулярных масс, а также функциональной зависимости характеристической вязкости от средней молекулярной массы.

МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТА

Объектами исследования был инулин, выделенный по стандартной методике [7] из клубней топинамбура сорта «Интерес», выращенного на черноземе выщелоченном с применением различных вариантов агротехнического воздействия.

Вязкость растворов инулина с концентрацией 0.67—2.00% определялась методом падающего шарика на вискозиметре Геплера, снабженном рубашкой, через которую для создания изотермических условий циркулировала вода, подаваемая

© Гасанова Е. С., Котов В. В., Полянский К. К., Нетесова Г. А., 2011

Таблица 1

Характеристическая вязкость $[\eta]$ растворов различных образцов инулина

№ образца	1	2	3	4
$[\eta]$	2.40	2.00	2.16	2.56

из ультратермостата. Измерения проводились при температуре 293 К, параллельно ареометром определялась плотность растворов. Динамическая вязкость рассчитывалась по формуле:

$$\eta = \eta_0 \frac{\tau \rho}{\tau_0 \rho_0}, \quad (2)$$

где τ и τ_0 — время падения шарика в вискозиметре соответственно в растворе и воде, ρ и ρ_0 — плотности растворов и воды, η_0 — динамическая вязкость воды, взятая из справочных данных [8].

Далее в соответствии с [6] рассчитывались значения удельной и приведенной вязкости, и строилась зависимость приведенной вязкости от концентрации растворов, выраженной в основных молях [9]. Экстраполяцией полученных зависимостей на ось ординат определялась характеристическая вязкость.

Молекулярная масса образцов инулина определялась методом гель-хроматографии на колонке диаметром 1 см, заполненной набухшим сорбентом Сефадекс-50, высотой 12 см. Анализировались 3% растворы инулина. Проба раствора объемом 1 см³ помещалась в верхнюю часть колонки, после чего проводилось элюирование дистиллированной водой со скоростью $3 \cdot 10^{-2}$ см/с. Вытекающие из колонки растворы детектировались на рефрактометре ИРФ-454 Б2М. По показаниям рефрактометра строились зависимости показателя преломления n от объема вытекающей жидкости V . Предварительно строилась зависимость n — V по образцам полиэтиленгликоля PGC 3000 и PGC 6000 (средние молекулярные массы соответственно 3000 и 6000 Da), определялись объемы выхода и с их использованием рассчитывалась молекулярная масса инулина.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

На рис. 1 показаны типичные зависимости динамической вязкости раствора инулина от его концентрации. Кривые имеют линейный вид, что указывает на незначительное взаимодействие между молекулами инулина. Это, по-видимому, связано с достаточно низкой молекулярной массой полимера в разбавленных растворах. Различные значения динамической вязкости при одной и той же концентрации, а также разный наклон начальных участков кривых позволяет предположить отличия в значениях характеристической вязкости. Рассчитанные ее величины показаны в таблице 1.

На рис. 2 приведены кривые элюирования инулина из хроматографической колонки. Из полученных данных следует, что наиболее однороден об-

разец инулина № 1, выходная кривая которого по ширине и симметричности соответствует данным для индивидуального вещества [10]. Остальные кривые отражают большую неоднородность образцов инулина, в которых содержатся более высокомолекулярные (образцы № 2 и 3) и низкомолекулярные (образец № 4) фракции фруктанов. Точки максимумов на кривых отражают средние величины молекулярных масс. Молекулярные массы полученных образцов инулина составили: № 1 — 5900; № 2 — 4870; № 3 — 5100; № 4 — 6200 Da.

На рис. 3 показана билогарифмическая зависимость характеристической вязкости растворов инулина от средней молекулярной массы его образцов. Зависимость имеет линейный характер:

$$\lg[\eta] = \lg K + \alpha \lg M \quad (3)$$

с достаточно высоким коэффициентом корреляции ($R^2=0.98$), а тангенс угла наклона прямой, то есть величина α в уравнении (1), равен 0.94. Потенцирование величины $\lg K$ дает $K=6.8 \cdot 10^{-4}$, что по порядку совпадает с данными для других систем [9].

Таким образом, связь характеристической вязкости растворов инулина с его молекулярной массой в пределах M от 4500 до 6500 Da выражается уравнением:

$$[\eta] = 6.8 \cdot 10^{-4} M^{0.94} \quad (4)$$

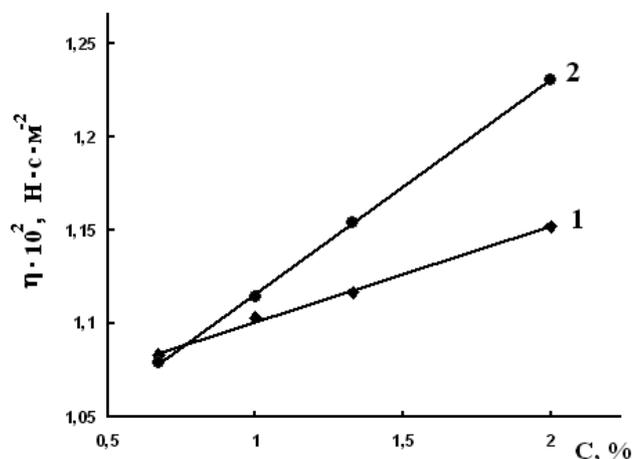


Рис. 1. Зависимость динамической вязкости раствора инулина (η) от его концентрации (C). 1, 2 — образцы инулина

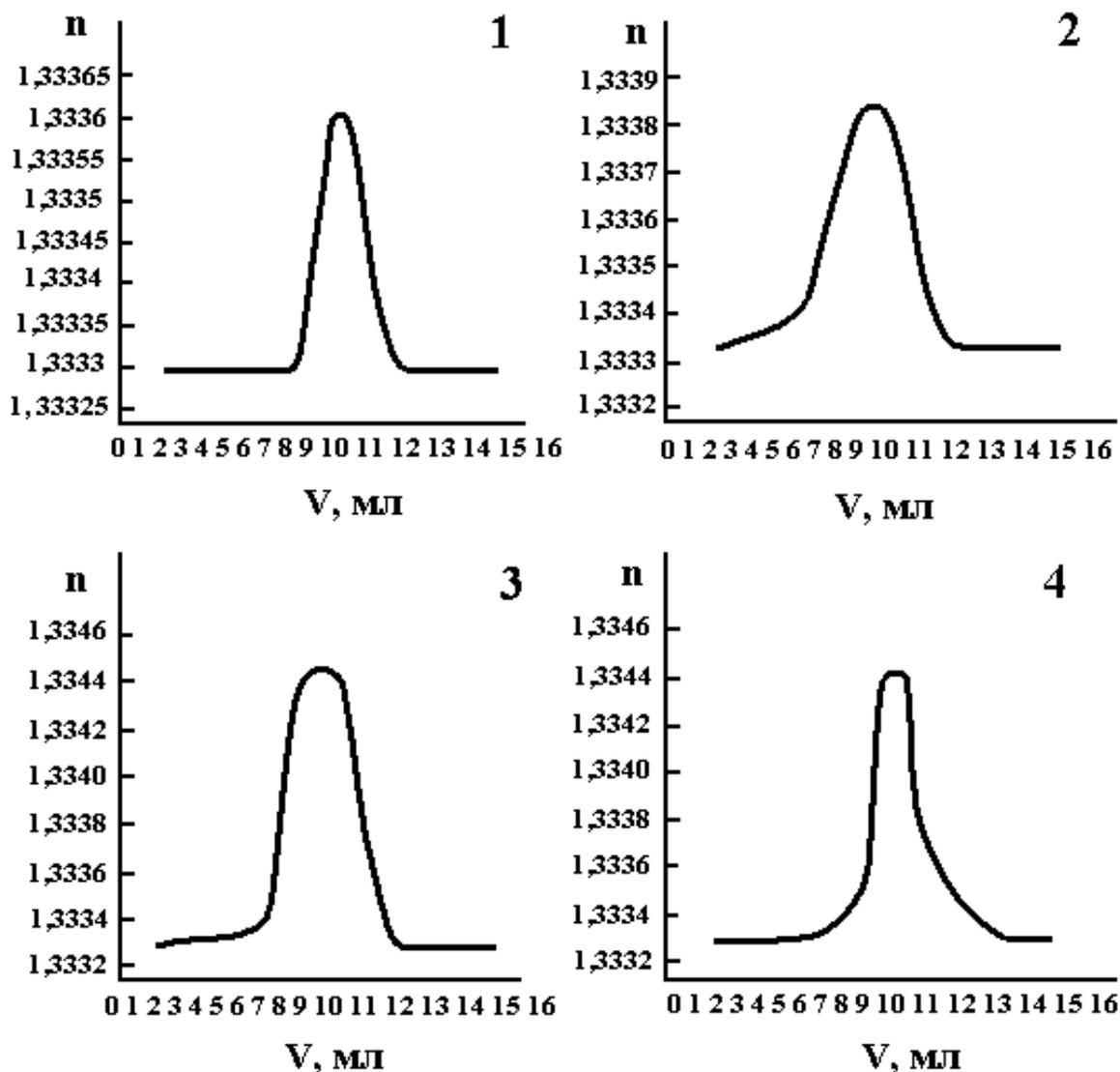


Рис. 2. Кривые элюирования инулина из хроматографической колонки. 1—4 — образцы инулина, n — коэффициент преломления элюата, V — его объем

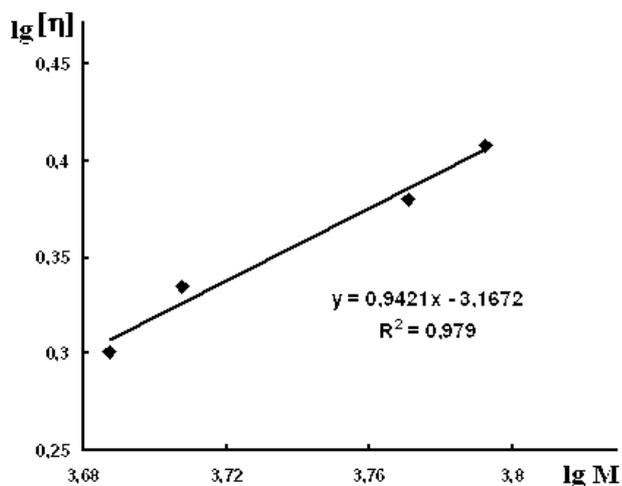


Рис. 3. Билогарифмическая зависимость характеристической вязкости $[\eta]$ растворов инулина от средней молекулярной массы M его образцов

Согласно [9] величина a в этом уравнении для «хорошего» растворителя должна быть близка к единице. Действительно, хорошее взаимодействие инулина с водой за счет гидратации функциональных групп его молекулы согласуется с полученными нами результатами. Уравнение (4) может быть использовано для определения молекулярной массы инулина из вискозиметрических исследований его растворов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследована концентрационная зависимость вязкости различных образцов инулина и выявлено линейное возрастание вязкости с повышением концентрации раствора. Методом гель-хроматографии определены молекулярные массы ряда образцов инулина.

Установлено, что зависимость характеристической вязкости растворов инулина от молекулярной массы полимера описывается уравнением Марка — Куна — Хаувинка с величиной $\alpha=0.94$ и $K=6.8 \cdot 10^{-4}$ в пределах молекулярных масс 4500—6500 Да.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Химический энциклопедический словарь. — М.: Советская энциклопедия, 1983. — 792 с.
 2. Котов В. В. Высокомолекулярные соединения. Ионообменные и мембранные процессы / В. В. Котов, Л. Ф. Науменко. — Воронеж, 2007. — 151 с.
 3. Исследование продуктов комплексной переработки топинамбура методом гелепроникающей и тонкослойной хроматографии / О. Б. Рудаков и [др.] // Сорбционные и хроматографические процессы. — 2010. — Т. 10, вып. 6. — С. 916—922.
 4. Майонезы для здорового питания, содержащие инулин. / А. П. Нечаев и [др.] // Масложировая промышленность. — 2005. — №4. — С. 33—35.
 5. Отчет о клиническом исследовании препарата «Астролин», содержащий инулин. // Самарский военно-медицинский институт. — 2007. — 13 с.
 6. Фролов Ю. Г. Курс коллоидной химии / Ю. Г. Фролов. — М.: Химия, 1982. — 400 с.
 7. Пат 2148588 РФ, МКИ 7 С 08 В 37/00, 37/18. Способ получения инулина из клубней топинамбура. / В. В. Манешин, В. Д. Артемьев, Ю. П. Васильева. — № 98115947/04; заявлено 20.08.1998; опубл. 10.05.2000. Бюл. № 13. — 4 с.
 8. Краткий справочник химика. — М.: Химия. — 1964. — 620 с.
 9. Воюцкий С. С. Курс коллоидной химии / С. С. Воюцкий. — М.: Химия. — 1964. — 576 с.
 10. Детерман Г. Гель-хроматография. / Г. Детерман. — М.: Мир. — 1970. — 252 с.
-
- Гасанова Елена Сергеевна — доцент кафедры почвоведения Воронежского государственного аграрного университета им. императора Петра I; тел. (473) 253-7678, e-mail: chem@agrochem.vsau.ru
- Котов Владимир Васильевич — профессор кафедры химии Воронежского государственного аграрного университета им. императора Петра I, тел. (473) 253-7678, e-mail: chem@agrochem.vsau.ru
- Полянский Константин Константинович — профессор кафедры технологии производства и переработки продукции животноводства Воронежского государственного аграрного университета им. императора Петра I; e-mail: chem@agrochem.vsau.ru
- Нетесова Галина Александровна — доцент кафедры химии Воронежского государственного аграрного университета им. императора Петра I; тел. (473) 253-7678, e-mail: galanet@mail.ru
- Gasanova E. S. — assistant professor Department of edaphology Voronezh State Agricultural University; tel. (473) 253-7678, e-mail: chem@agrochem.vsau.ru
- Kotov V. V. — professor Department of Chemistry Voronezh State Agricultural University; tel. (473) 253-7678, e-mail: chem@agrochem.vsau.ru
- Polyanskiy K. K. — professor Department of technology production and processing produce cattle breeding Voronezh State Agricultural University; tel. (473) 253-7678, e-mail: chem@agrochem.vsau.ru
- Netesova G. A. — assistant professor Department of Chemistry Voronezh State Agricultural University; tel. (473) 253-7678, e-mail: galanet@mail.ru