



УДК 579.842.14'124.5

© 1990 г.

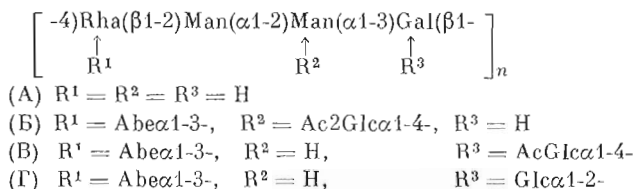
Т. Н. Дружнина, О. В. Сизова, В. Н. Шибанов

ХИМИКО-ФЕРМЕНТАТИВНЫЙ СИНТЕЗ РАЗВЕТВЛЕННЫХ О-СПЕЦИФИЧЕСКИХ ПОЛИСАХАРИДОВ САЛМОНЕЛЛ СЕРОГРУПП C₂ И C₃

Институт органической химии им. Н. Д. Зелинского АН СССР, Москва

Показана возможность химико-ферментативного синтеза разветвленных полисахаридов, аналогов О-специфических полисахаридов салмонелл серогрупп C₂ и C₃, исходя из синтетических полипренилпирофосфатолигосахаридов. Установлено, что специфичность ферментов, участвующих в сборке повторяющихся олигосахаридных звеньев полимера и их поликонденсации, позволяет получать полисахариды, в которых находящиеся в разветвлениях остатки глюкозы связаны с остатками галактозы основной цепи α1-2-, β1-2-, α1-4- или β1-4-связями.

Основная цепь О-специфических полисахаридов салмонелл серогрупп C₂ и C₃ построена из тетрасахаридных повторяющихся звеньев [1] (см. структуру А), в разветвлениях находятся остатки α-D-глюкозы и α-абеквотозы, являющиеся носителями серологической специфичности.



Для О-специфического полисахарида из *Salmonella newport* (серогруппа C₂) остаток абеквотозы в разветвлении соединен α 1-3-связью с остатком рамнозы главной цепи, а остаток глюкозы — α1-4-связью с первым остатком маннозы (см. структуру Б). О-Специфический полисахарид из *S. kentucky* (серогруппа C₃) отличается от такового *S. newport* положением остатка глюкозы. По данным шведских исследователей [2], он присоединен α1-4-связью к остатку галактозы основной цепи (формула В). Проведенное в нашей лаборатории [3] исследование структуры этого полимера для штамма, использованного в настоящей работе, указывает на структуру (Г) с α1-2-связью между остатками глюкозы и галактозы.

Ранее в нашей лаборатории было показано [4], что ферментативный синтез линейного полимера (А) в системе биосинтеза *S. newport* и *S. kentucky* протекает по блочному механизму с промежуточным образованием полипренилпирофосфатолигосахаридов. В этой же работе было продемонстрировано образование полипренилпирофосфатолигосахаридов Gal-PPMpr, Man-Gal-PPMpr, Man-Man-Gal-PPMpr и Rha-Man-Man-Gal-PPMpr, а также производных разветвленных олигосахаридов Man-Man-(Glc)Gal-PPMpr и Rha-Man-Man-(Glc)Gal-PPMpr при инкубации «препарата растворимых гликозилтрансфераз» из *S. newport* или *S. kentucky* с соответствующими нуклеотидсахарами — донорами моносахаридных остатков и морапренилфосфатом (MprP, растительный C₅₅-препол, заменяющий бактериальный ундекапрепол в реакциях in vitro). Непосредственным донором остатка глюкозы при этом служит полипренилмонофосфатглюкоза, образующаяся из UDP-Glc по следующей реакции:



Однако ферментативное гликозилирование, приводящее к производному разветвленного пентасахарида, протекает незначительно и не позволяет получить полимеры, в которых остаток глюкозы входит в состав всех повторяющихся олигосахаридных звеньев.

В работе [5] нами была показана возможность получения ряда аналогов линейного полисахарида (А) с введением модифицированных моносахаридных остатков в главную цепь. Настоящая работа продолжает серию публикаций о возможностях химико-ферментативного синтеза О-специфических полисахаридов. В задачу данной работы входило исследование возможности получения природных и модифицированных разветвленных полисахаридов с помощью синтетических полипренилпирофосфатолигосахаридов, содержащих остатки глюкозы.

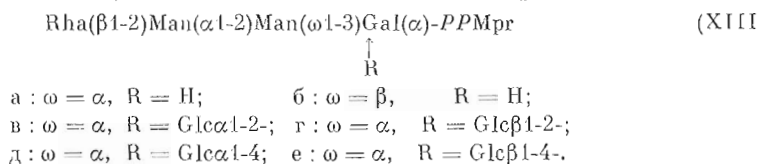
Недавно в нашей лаборатории В. И. Торговым с сотр. [6—9] был проведен синтез морапренилпирофосфатных производных ди-(I, II), три-(V, VI) и тетрасахаридов (IX), отвечающих фрагментам полимеров структуры (B) и (Г), а также их аналогов, содержащих остаток β -D-глюкозы (III, IV, VII, VIII и X). В настоящей работе были изучены свойства этих соединений как акцепторов гликозильных остатков при реакциях биосинтеза О-специфических полисахаридов салмонелл серогрупп S_2 и S_3 . Одновременно было проведено сравнительное исследование субстратных свойств производного трисахарида (XI), соответствующего структуре предшественника полимера (А), и его модифицированного производного (XII), отличающегося аномерной конфигурацией субтерминального остатка маннозы. Часть материала настоящей работы была описана в предварительном сообщении [9].

- (I) Glc(α 1-4)Gal(α)-PPMpr
- (II) Glc(α 1-2)Gal(α)-PP-Mpr
- (III) Glc(β 1-4)Gal(α)-PPMpr
- (IV) Glc(β 1-2)Gal(α)-PPMpr
- (V) Man(α 1-3)[Glc(α 1-4)]Gal(α)-PPMpr
- (VI) Man(α 1-3)[Glc(α 1-2)]Gal(α)-PPMpr
- (VII) Man(α 1-3)[Glc(β 1-4)]Gal(α)-PPMpr
- (VIII) Man(α 1-3)[Glc(β 1-2)]Gal(α)-PPMpr
- (IX) Man(α 1-2)Man(α 1-3)[Glc(α 1-4)]Gal(α)-PPMpr
- (X) Man(α 1-2)Man(α 1-3)[Glc(β 1-4)]Gal(α)-PPMpr
- (XI) Man(α 1-2)Man(α 1-3)Gal(α)-PPMpr
- (XII) Man(α 1-2)Man(β 1-3)Gal(α)-PPMpr

1. Гликозилирование полипренилпирофосфатолигосахаридов

Использование набора синтетических производных позволило оценить, влияет ли тип связи и конфигурация у аномерного центра остатка глюкозы в боковой цепи на ферментативные реакции гликозилирования при сборке повторяющегося звена полисахарида и на реакцию поликонденсации.

Для перехода от используемых дисахаридных производных (I—IV) к продуктам, соответствующим повторяющемуся звену (см. обобщенную формулу XIII), должны быть проведены три ферментативные реакции гликозилирования, катализируемые двумя маннозилтрансферазами и рамнозилтрансферазой. В случае соединений (V—VIII) синтез продукта (XIII) достигается в результате двух ферментативных реакций, а для производных (IX—XII) — только за счет реакции рамнозилирования.



Об акцепторных свойствах дисахаридных производных (I—IV) судили по переносу остатка [^{14}C]маннозы от GDP-[^{14}C]Man на липидное произ-

**Образование [^{14}C]Ман-содержащих морепренилпирофосфатолigosахаридов
из синтетических дисахаридных производных (I—IV) в присутствии
маннозилтрансфераз сальмонелл**

Шифр соединения	Акцептор ($\text{R}=\text{PPMpr}$)	Концентрация, мкМ	Радиоактивность органической фазы, имп/мин	
			<i>S. newport</i>	<i>S. kentucky</i>
I	$\text{Glc}(\alpha 1-4)\text{Gal}(\alpha)\text{-R}$	100	1 300	1 930
		200	1 610	2 420
		500	2 260	3 180
II	$\text{Glc}(\alpha 1-2)\text{Gal}(\alpha)\text{-R}$	50	2 900	3 590
		100	5 800	7 100
		200	Не исслед.	9 880
III	$\text{Glc}(\beta 1-4)\text{Gal}(\alpha)\text{-R}$	50	1 420	2 350
		100	1 920	3 170
		200	2 090	3 350
		500	10 000	6 900
IV	$\text{Glc}(\beta 1-2)\text{Gal}(\alpha)\text{-R}$	50	3 790	3 720
		100	5 490	6 450
		200	9 400	11 340
		100	101 000	103 900
	$\text{Gal}(\alpha)\text{-P}$		800	750
	Контроль, без субстрата			

водное, которое извлекали из реакционной смеси путем экстракции органическим растворителем после инкубации с «препаратом растворимых гликозилтрансфераз».

Было обнаружено, что все использованные дисахаридные производные (I—IV) (см. табл. 1) могут служить субстратами для маннозилтрансфераз из *S. newport* и *S. kentucky*. Эффективность ферментативного маннозилирования для этих соединений намного ниже, чем для полипренилпирофосфатгалактозы, но сам факт протекания ферментативной реакции не вызывает сомнений.

Анализ олигосахаридной фракции продуктов маннозилирования соединений (I) и (III) с помощью хроматографии на бумаге в системе *n*-бутанол — пиридин — вода (6 : 4 : 3) показал образование основного радиоактивного продукта с $R_{\text{Gal}} = 0,37$, что соответствует ожидаемой подвижности тетрасахарида $[\text{}^{14}\text{C}]\text{Man}-[\text{}^{14}\text{C}]\text{Man}(\text{Glc})\text{Gal}$ (для трисахарида $[\text{}^{14}\text{C}]\text{Man}-\text{Man}-\text{Gal}$ $R_{\text{Gal}} = 0,42$; для тетрасахарида $\text{Rha}-[\text{}^{14}\text{C}]\text{Man}-[\text{}^{14}\text{C}]\text{Man}-\text{Gal}$ $R_{\text{Gal}} = 0,32$).

Из данных табл. 1 следует, что соединение (II), в котором остаток глюкозы в боковой цепи соединен $\alpha 1-2$ -связью с остатком галактозы, является более эффективным акцептором для маннозилтрансфераз из *S. kentucky*, чем аналогичное производное (I) с $\alpha 1-4$ -связью. В то же время конфигурация при C-1 остатка глюкозы мало сказывается на акцепторных свойствах полипренилпирофосфатдисахаридов, содержащих 1-2-связанную глюкозу, а для 1-4-связанных соединений β -аномеры обладали даже большей субстратной эффективностью.

Несмотря на низкую по сравнению с природным предшественником эффективность маннозилирования дисахаридных производных, важно отметить принципиальную возможность получения разветвленных олигосахаридных производных с различными типами связи между остатком галактозы основной цепи и остатком глюкозы в разветвлении с использованием простейших синтетических производных — полипренилпирофосфатдисахаридов.

Интересно, что дисахаридные производные (I—IV) могут служить субстратом и для маннозилтрансфераз из *S. newport*, хотя в природном О-специфическом полисахариде остаток глюкозы соединен $\alpha 1-4$ -связью не с остатком галактозы, а с остатком маннозы основной цепи.

Использование синтетических трисахаридных глюкозилированных производных морепренилпирофосфата (V—VIII) позволило оценить влияние удаленности узла разветвления от места гликозилирования на эффектив-

Маннозилрование разветвленных мореприенилпирофосфатолигосахаридов (V—VIII) с использованием маннозилтрансфераз II сальмонелл

Синтетический акцептор маннозилтрансферазы II, R=PPMrg	Концентрация, мкМ	Радиоактивность органической фазы, имп/мин	
		<i>S. newport</i>	<i>S. kentucky</i>
Man(α 1-3)Gal(α)-R (V)	100	Не исслед.	2 540
4 Glc(α)1	200	2 900	4 700
Man(α 1-3)Gal(α)-R (VI)	50	2 170	1 800
2 Glc α 1	100	2 860	1 640
	200	2 860	2 830
	100	Не исслед.	1 980
Man(α 1-3)Gal(α)-R (VII)	200	2 800	2 600
4 Glc β 1			
Man(α 1-3)Gal(α)-R (VIII)	100	3 120	4 330
2 Glc β 1			
Man(α 1-3)Gal(α)-R	200	57 000	45 000
Контроль, без субстрата		800	750

ность ферментативных реакций. Субстратные свойства трисахаридных производных (V—VIII) оценивали по переносу [14 C]маннозы с GDP-[14 C]Man в реакции, катализируемой маннозилтрансферазой II.

Разветвленные трисахаридные производные полипренилпирофосфата могут служить субстратами для маннозилтрансфераз II из *S. newport* и *S. kentucky* (табл. 2). Проведенные эксперименты показывают, что маннозилтрансфераза II из обоих штаммов микроорганизмов, так же как и маннозилтрансфераза I (см. табл. 1), довольно чувствительна к наличию заместителя при остатке галактозы, а природа связи остатка глюкозы и остатка галактозы имеет относительно малое значение.

Об акцепторных свойствах производных (IX—XII) судили по переносу радиоактивного остатка [14 C]рамнозы от dTDP-[14 C]Rha на липидное производное. Исследование субстратных свойств полипренилпирофосфатолигосахаридов показало, что изменение аномерной конфигурации остатка глюкозы, находящегося в разветвлении, не оказывает заметного влияния на процесс ферментативного рамнозилрования (табл. 3). Более того, рамнозилтрансферазы гораздо менее чувствительны к наличию узла разветвления, чем рассматривавшиеся ранее маннозилтрансферазы.

Анализ олигосахаридной фракции продуктов рамнозилрования соединений (IX) и (X) (т. е. XIIIд и XIIIе) с помощью хроматографии на бумаге показал образование радиоактивных продуктов с R_{Gal} 0,25, что соответствует ожидаемой подвижности пентасахарида [14 C]Rha-Man-Man-(Glc)Gal.

При инкубации производного (XII) с препаратом растворимых гликозилтрансфераз из *S. newport* и *S. kentucky* было найдено, что изменение конфигурации субтерминального остатка маннозы основной цепи приводит к резкому ухудшению субстратных свойств соединения (XII) (табл. 3).

Полученные данные о влиянии остатка глюкозы в боковой цепи на эффективность реакций, катализируемых маннозил- и рамнозилтрансферазами, позволяют предполагать, что при образовании обнаруженных ранее полипренилпирофосфатных производных разветвленных олигосахаридов [4] введение остатка глюкозы в боковую цепь протекает после формирования линейного трисахаридного предшественника повторяющегося звена: в противном случае сборка основной цепи была бы оборвана

Рамнозилирование морапренилпирофосфатолигосахаридов (IX–XII)
с использованием рамнозилтрансфераз салмонелл

Субстрат рамнозилирования, R=PPMpr	Концентрация, мкМ	Радиоактивность органической фазы, имп/мин	
		<i>S. newport</i>	<i>S. kentucky</i>
Man(α1-2)Man(α1-3)Gal(α)-R (IX)	50	2240	Не исслед.
4	100	Не исслед.	2020
	200	»	2340
Glcα1			
Man(α1-2)Man(α1-3)Gal(α)-R (X)	50	1280	Не исслед.
4	100	Не исслед.	2080
	200	»	2340
Glcβ1			
Man(α1-2)Man(α1-3)Gal(α)-R (XI)	100	4370	5060
Man(α1-2)Man(β1-3)Gal(α)-R (XII)	100	1210	1210
Контроль, без субстрата		800	750

Таблица 4

Получение разветвленных О-специфических полисахаридов с использованием
мембранных препаратов салмонелл

Структура повторяющегося звена (R=PPMpr)	Выход полисахарида, %		Структура повторяющегося звена (R=PPMpr)	Выход полисахарида, %	
	<i>S. newport</i>	<i>S. kentucky</i>		<i>S. newport</i>	<i>S. kentucky</i>
Rha-Man-Man-Gal-R (XIIId)	56	72	Rha-Man-Man-Gal-R (XIIIf)	75	69
4			2		
Glcα1			Glcα1		
Rha-Man-Man-Gal-R (XIIIf)	71	74	Rha-Man-Man-Gal-R (XIIIr)	54	46
4			2		
Glcβ1			Glcβ1		
			Rha-Man-Man-Gal-R (XIIIa)	80	77

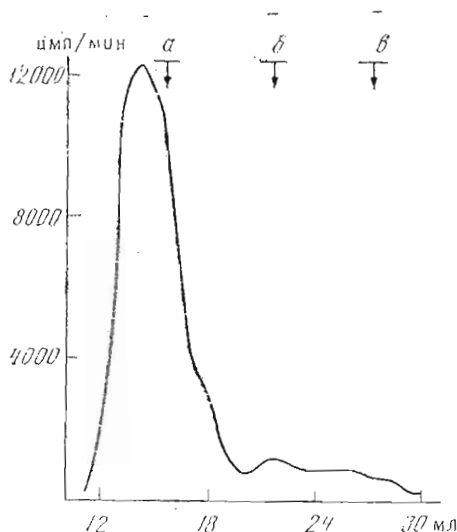
на более ранних стадиях из-за малой скорости реакции ферментативного маннозилирования разветвленных субстратов.

Таким образом, мы показали, что синтетические морапренилпирофосфатные производные разветвленных олигосахаридов с различным типом связи и конфигурацией остатка глюкозы в боковой цепи могут быть использованы в качестве субстратов для получения пентасахаридных повторяющихся звеньев (XIIIf–e). Возможность химико-ферментативного синтеза таких производных открывает путь для получения соответствующих разветвленных О-специфических полисахаридов.

2. Превращение полипренилпирофосфатолигосахаридов в полисахариды

Исследование ферментативной поликонденсации, ведущей к образованию полисахаридов, было проведено с использованием препарата мембран из *S. newport* или *S. kentucky*. Субстратами реакции служили полипренилпирофосфатолигосахариды (XIIIa, в–е), полученные химико-ферментативным синтезом и выделенные из инкубационной смеси экстракцией органическими растворителями. После инкубации (2 ч, 37° С) этих соединений с мембранными препаратами, отщепления липидного акцептора и анализа водорастворимых соединений гель-фильтрацией на сефадексе G-15 удалось зафиксировать образование полимерных продуктов (см. рисунок и табл. 4). Линейный полисахарид на основе синтетического

Распределение радиоактивности при гель-фильтрации на G-15 углеводного фрагмента продуктов ферментативной полимеризации $[^{14}\text{C}]\text{Rha}(\beta 1-2)\text{Man}(\alpha 1-2)\text{Man}(\alpha 1-3)-[\text{Glc}(\beta 1-2)]-\text{Gal}(\alpha)-\text{PPMrg}$ для *S. kentucky*. Стрелками отмечены объемы выхода стандартов (а — декстран, б — раффиноза, в — глюкоза)



предшественника (XI) образуется с выходом 77% (в случае *S. kentucky*) и 80% (в случае *S. newport*).

Выход разветвленных полисахаридов колеблется от 50 до 75% (табл. 4). При этом наиболее эффективными субстратами для полимераз из обоих штаммов микроорганизмов являются соединения, отвечающие структурам (XIIIв) и (XIIIе). Ферментативная поликонденсация соединения (XIIIд) при использовании мембранного препарата из *S. newport* протекает значительно медленнее, чем в случае *S. kentucky*. Полипренилпирофосфатное производное с $\beta 1-2$ -связью, соответствующее структуре (XIIIг), оказалось менее эффективным субстратом для полимераз из *S. newport* и *S. kentucky*.

Полученные разветвленные полисахариды с повторяющимся звеном типа (XIIIд) и (XIIIе) в условиях мягкого кислотного гидролиза (0,1 н. HCl, 15 мин, 95° C) в качестве главного продукта дают пентасахариды типа $[^{14}\text{C}]\text{Man-Man}(\text{Glc})\text{Gal-Rha}$ ($R_{\text{Gal}} = 0,25$). После ферментативного гидролиза α -маннозидазой был обнаружен единственный радиоактивный продукт, соответствующий по подвижности маннозе. Напротив, изомерный пентасахарид $\text{Rha}-[^{14}\text{C}]\text{Man-Man}(\text{Glc})\text{Gal}$, соответствующий повторяющемуся звену, с $R_{\text{Gal}} = 0,25$ не изменяется под действием α -маннозидазы вследствие того, что остаток маннозы экранирован остатком рамнозы.

Суммируя полученные данные, можно сделать вывод, что на основе синтетических полипренилпирофосфатолигосахаридов удастся осуществить химико-ферментативный синтез полностью глюкозилированных полисахаридов с различным типом связей между остатками галактозы главной цепи и остатками глюкозы в разветвлении.

3. Получение абеквозилированных О-специфических полисахаридов

Вторым разветвлением в О-специфических полисахаридах салмонелл серогрупп C_2 и C_3 является иммунодоминантный остаток абеквоты в боковой цепи, соединенный $\alpha 1-3$ -связью с остатком рамнозы основной цепи [10] (см. структуры (Б)—(Г)). Ранее нами была продемонстрирована абеквозилтрансферазная активность при биосинтезе О-специфических полисахаридов салмонелл серогрупп C_2 и C_3 [11] с использованием нуклеозидифосфатсахаров или соответствующего природному предшественнику полипренилпирофосфаттрисахарид (XI) в качестве субстратов.

Мы исследовали далее возможность протекания реакций абеквозилирования полипренилпирофосфатных производных разветвленных олигосахаридов (XIIIд, е) (а также соединения XIIIб), производного линейного трисахарид с измененной конфигурацией при С-1 субтерминального остатка маннозы) и последующей поликонденсации олигосахаридных повторяющихся звеньев.

Таблица 5

Биосинтез абеквозилированных олиго- и полисахаридов
с ферментами из сальмонелл серогрупп C₂ и C₃

Акцептор (10 нмоль)	Выход полисахарида, %	
	<i>S. newport</i>	<i>S. kentucky</i>
(IX)	67	79
(X)	62	75
(XI)	60	79
(XII)	54	62

Вследствие чрезвычайно высокой лабильности абеквозилтрансфераз из обоих штаммов микроорганизмов использовали препараты бактериальных мембран, содержащие кроме гликозилтрансфераз и полимеразу. При инкубации препарата мембран с синтетическими полипренилпирофосфат-олигосахаридами (IX—XII), dTDP-Rha и CDP-[¹⁴C]Abe имеют место три ферментативные реакции: рамнозилирование, абеквозилирование и поликонденсация. Об образовании абеквозилированных продуктов судили по включению радиоактивного остатка [¹⁴C]абеквозы из донора CDP-[¹⁴C]Abe.

Исследование акцепторных свойств соединений (IX—XII) показало, что все они могут служить исходными субстратами для получения абеквозилированных продуктов. Выход абеквозилированных продуктов колеблется в пределах 50—80% (табл. 5). Наличие заместителя в боковой цепи, равно как и его конфигурация, не оказывает значительного влияния на процесс ферментативного абеквозилирования.

При исследовании специфичности рамнозилтрансфераз из *S. newport* и *S. kentucky* мы отмечали, что рамнозилирование соединения (XII) (см. выше) протекает крайне медленно. Это отражается и на реакции ферментативного абеквозилирования; полипренилпирофосфатное производное (XII) с β-конфигурацией субтерминального остатка маннозы дает значительно меньше абеквозилированных продуктов.

Таким образом, было показано, что синтетические полипренилпирофосфатолигосахариды могут служить субстратами для абеквозилтрансфераз из *S. newport* и *S. kentucky*, и использование разветвленных акцепторов может быть положено в основу получения О-специфических полисахаридов, несущих оба разветвления.

Экспериментальная часть

В работе использовали 18-часовые (37° C) культуры штаммов *S. newport* (0 : 6,8, Н : e, h, 1,2) и *S. kentucky* (0 : 8, Н : 1, z₆; штамм 725 из ГИСК им. Л. А. Тарасевича (98/39)). Получение препаратов мембран и «растворимых гликозилтрансфераз», а также определение радиоактивных веществ проводили так, как описано ранее [12].

Использовали препараты GDP-[¹⁴C]Man (10 мКи/ммоль; Amersham, Англия), dTDP-[¹⁴C]Rha (10 мКи/ммоль) получена из dTDP-[¹⁴C]Glc биосинтетически по методу [13], CDP-[¹⁴C]Abe — по методике [14] из CDP-[¹⁴C]Glc.

Олигосахаридные фракции хроматографировали на бумаге Whatman 1 в системе *n*-бутанол — пиридин — вода (6 : 4 : 3).

Общая методика проведения ферментативных реакций с синтетическими производными моранпренилфосфата была аналогична описанной ранее в работах [5, 11].

Мягкий кислотный гидролиз и гидролиз с помощью α-маннозидазы (из конских бобов, Sigma, США) осуществляли как описано в работе [5].

Содержание полисахарида в смеси определяли после гель-фильтрации на колонке с сефадексом G-15 (1,5 × 40 см) или TSK HW 40 (1 × 50 см; Toyo Soda Co, Japan) в воде как долю радиоактивности в зоне полимера

от суммарной радиоактивности, элюируемой с колонки в области полимер + олигосахариды (в качестве стандартов использовали декстран Т-10, гексасахарид (Man-Rha-Gal)₂ и раффинозу).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шибает В. Н. // Успехи биол. химии. 1982. Т. 23. С. 61—101.
2. Hellerqvist C. C., Hoffman G., Lindberg B., Svensson S. // Acta. chem. stand. 1972. V. 26. № 8. P. 3282—3286.
3. Торгов В. И., Шибает В. Н., Шапков А. С., Рожнова С. Ш. // Биоорган. химия. 1989. Т. 15. № 12. С. 1664—1672.
4. Shibaev V. N., Druzhinina T. N., Popova A. V., Rozhnova S. S., Kileso V. A. // Eur. J. Biochem. 1979. V. 101. № 2. P. 309—316.
5. Дружинина Т. Н., Гоголашвили Л. М., Сизова О. В., Шибает В. Н. // Биоорган. химия. 1986. Т. 12. № 12. С. 1589—1596.
6. Торгов В. И., Паносян К. А., Шибает В. Н. // Биоорган. химия. 1986. Т. 12. № 4. С. 559—561.
7. Торгов В. И., Паносян К. А., Смелянский А. Т., Шибает В. Н. // Биоорган. химия. 1985. Т. 11. № 1. С. 83—90.
8. Торгов В. И., Паносян К. А., Шибает В. Н. // Биоорган. химия. 1986. Т. 12. № 4. С. 562—564.
9. Нечаев О. А., Сизова О. В., Дружинина Т. Н., Торгов В. И., Шибает В. Н. // Биоорган. химия. 1988. Т. 14. № 9. С. 1290—1292.
10. Jann K., Westphal O. // The antigens. V. 3 / Ed. Sela M. N. Y.: Acad. Press., 1975. P. 1—125.
11. Дружинина Т. Н., Сизова О. В., Шибает В. Н., Рожнова С. Ш. // Биоорган. химия. 1988. Т. 14. № 10. С. 1419—1427.
12. Шибает В. Н., Кусов Ю. Ю., Дружинина Т. Н., Калинин Н. А., Кочетков Н. К., Килессо В. А., Рожнова С. Ш. // Биоорган. химия. 1978. Т. 4. № 1. С. 47—56.
13. Шибает В. Н., Кусов Ю. Ю., Петренко В. А., Дружинина Т. Н., Кочетков Н. К. // Биоорган. химия. 1978. Т. 4. № 2. С. 249—256.
14. Osborn M. J., Cynkin N. A., Gilbert J. M., Müller L., Singh M. // Meth. Enzymol. 1972. V. 28. P. 583—601.

Поступила в редакцию
6.X.1989

T. N. DRUZHININA, O. V. SIZOVA, V. N. SHIBAEV

THE CHEMICAL-ENZYMATIC SYNTHESIS OF BRANCHED O-SPECIFIC POLYSACCHARIDES OF SALMONELLA SEROGROUPS C₂ AND C₃

N. D. Zelinsky Institute of Organic Chemistry, Academy of Sciences
of the USSR, Moscow

The possibility of chemical-enzymatic synthesis of branched polysaccharides was demonstrated with the enzymes from *Salmonella newport* and *S. kentucky* using synthetic polyprenyl pyrophosphate oligosaccharides. Formation of polymers with α 1-2-, β 1-2-, α 1-4- and β 1-4-linkages between glucose residues in the branch and galactose residues of the main chain was shown.