

流速补偿单糖外标法快速测定低聚糖的质量分布

林 慧^{1,2}, 杨新磊³, 孙彦敏¹, 王岁楼², 徐春祥^{1*}

(1. 江苏省食品药品监督检验研究, 南京 210008; 2. 中国药科大学食品质量与安全教研室, 南京 211198;
3. 安捷伦科技中国有限公司, 上海 200080)

摘要: **目的** 建立超高效液相色谱法结合蒸发光散射检测器(ultra performance liquid chromatography-evaporative light scattering detector, UPLC-ELSD)测定低聚糖不同聚合度质量分布的分析方法。**方法** 以亲水作用机制来分离不同聚合度的低聚糖, 再利用已知的不同聚合度糖标准品通过流速补偿建立蒸发光响应一致性方法, 通过选择相对易得的单糖来建立标准曲线测定其他不同聚合度低聚糖的质量, 最终得到不同聚合度低聚糖的质量分布。**结果** 利用该方法分离测定了低聚果糖和低聚半乳糖样品的质量分布。采用果糖和半乳糖建立标准曲线, 果糖在 0.05~1.0 mg/mL 范围相关系数(r^2)为 0.9972, 半乳糖在 0.05~0.5 mg/mL 范围相关系数(r^2)为 0.9994。以 0.25 mg/mL 半乳糖和果糖标准溶液连续 6 次进样考察方法重复性, 保留时间相对标准偏差(relative standard deviation, RSD)<0.1%, 峰面积 RSD<0.76%。低聚果糖的测定结果通过与蔗果三糖和蔗果四糖外标法结果的比对, 最大偏差<2.5%, 准确度较高。**结论** 该方法快速、准确、成本低, 可用于测定不同低聚糖的质量分布。

关键词: 低聚糖; 质量分布; 蒸发光散射检测器; 超高效液相色谱法

Rapid determination of the mass distribution of oligosaccharide by external standard method with flow velocity compensation calibration monosaccharide

LIN Hui^{1,2}, YANG Xin-Lei³, SUN Yan-Min¹, WANG Sui-Lou², XU Chun-Xiang^{1*}

(1. Jiangsu Institute for Food and Drug Control, Nanjing 210008, China; 2. Department of Food Quality and Safety, China Pharmaceutical University, Nanjing 211198, China; 3. Agilent Technologies China Co., Ltd., Shanghai 200080, China)

ABSTRACT: Objective To establish a method for the determination of mass distribution of the different degrees of polymerization for oligosaccharide by ultra performance liquid chromatography-evaporative light-scattering detector (UPLC-ELSD). **Methods** Oligosaccharide of different degrees of polymerization was separated by hydrophilic interaction mechanism. With the known sugar standards of different degrees of polymerization, evaporation light response uniformity was established through flow velocity compensation. Standard curves were first established by using accessible monosaccharides, then the mass distribution of the other oligosaccharide of different degrees of polymerization was determined by the standard curves. Finally, the mass distribution of oligosaccharide of different degrees of polymerization was obtained. **Results** By this method, the samples of fructooligosaccharides

基金项目: 国家食品安全标准项目(spaq-2012-74)

Fund: Supported by the National Food Safety Standard of China (spaq-2012-74)

*通讯作者: 徐春祥, 研究员级高级工程师, 主要研究方向为食品检测。E-mail: cxc70@163.com

*Corresponding author: XU Chun-Xiang, Professor, Jiangsu Institute for Food and Drug Control, Beijing West Road, No.6, Gulou District, Nanjing 210008, China. E-mail: cxc70@163.com

and galactooligosaccharides were separated and their mass distributions were determined. Through establishing standard curves by fructose and galactose, it was found that the correlation coefficient (r^2) of fructose in the range of 0.05-1.0 mg/mL was 0.9972, while the correlation coefficient (r^2) of galactose in the range of 0.05-0.5 mg/mL was 0.9994. The repetitiveness of the method was examined by 6 continuous sampling of 0.25 mg/mL standard solution of galactose and fructose, and the relative standard deviation (RSD) of retention time was <0.1% and the peak area RSD was <0.76%. The results of fructooligosaccharides were contrasted with the results of kestose and nystose determined by the external standard method, the maximum deviation was less than 2.5%, having relatively high accuracy.

Conclusion The established method is fast, accurate, and cost-efficient, which is suitable for the determination of the mass distribution of oligosaccharide of different degrees of polymerization.

KEY WORDS: oligosaccharide; mass distribution; evaporative light-scattering detector; ultra performance liquid chromatography

1 引言

低聚糖(oligosaccharide)又称寡糖,是由 2~10 个单糖以糖苷键连接形成的直链或分支结构的低聚聚合糖^[1]。低聚糖具有独特生理功能,它本身具有甜味,又不会引起龋齿和肥胖;人体摄入后能促进双歧杆菌增值,能降低血清胆固醇水平,调节血脂,提高机体免疫力等^[2]。因此低聚糖常被应用于食品及保健食品中。例如:低聚果糖(fructooligosaccharide, FOS)作为一种水溶性膳食纤维,广泛应用并存在于各类食品中。卫生部 2007 年第 12 号公告^[3]中对多聚果糖(含低聚果糖)的生产工艺进行了规定,即以菊苣为原料,用酸/碱过滤去除蛋白质和矿物质,蒸发干燥得到多聚果糖粉。卫生部 2012 年第 6 号公告^[4]中对低聚果糖的生产工艺也进行了规定,即以蔗糖为原料,用来源于米曲霉的 β -果糖基转移酶水解后,经色谱分离提纯、干燥制得。低聚半乳糖(galactooligosaccharide, GOS)是一种天然存在的功能性低聚糖,多存在于动物的乳汁和乳清中,在母乳中的含量和种类最为丰富。卫生部 2007 年第 12 号公告^[5]中批准低聚半乳糖为食品添加剂新品种,使用范围为婴儿配方食品、较大婴儿和幼儿配方食品,作为益生元类物质的来源之一,该类物质在婴幼儿配方食品、较大婴儿和幼儿配方食品中的总量不超过 64.5 g/kg。卫生部 2008 年第 20 号公告^[6]中根据《中华人民共和国食品卫生法》和《新资源食品管理办法》的规定提出批准低聚半乳糖为新资源食品用于食品生产加工,适用范围为婴幼儿食品、乳制品、饮料、焙烤食品、糖果,食用量不大于 15 g/d。国家卫生和计划生育委员会 2016 年第 8 号公告^[7]给出了乳糖来源的低聚半乳糖原料含量测定方法。国家卫生和计划生育委员会 2017 年第 8 号公告^[8]批准乳清滤出液来源的低聚半乳糖用于婴幼儿配方食品和婴幼儿谷类辅助食品,单独或混合使用,该类物质的总量不超过 64.5 g/kg。

因为具有广阔的应用前景,功能性低聚糖成为近年来的研究热点。然而关于低聚糖含量检测方法目前还存在

较多尚未解决的问题。虽然国内出台相应国家标准 GB/T 22491-2008《大豆低聚糖》^[9]、GB/T 23528-2009《低聚果糖》^[10]、GB/T 20881-2007《低聚异麦芽糖》^[11]、GB 5009.255-2016《食品中果聚糖的测定》^[12],但这些标准方法有的需要较多不同聚合度的单一组分标准品,其中部分标准品较难获取,其测定成本较高。也有一些低聚糖,例如,低聚半乳糖虽然定义为 2~10 个单糖以糖苷键连接而成,但是连接方式有多种,以此计算每种低聚糖的组分不下数十种。目前的技术手段难以获得每种单一组分的标准物质,因此通过标准物质来计算低聚半乳糖含量尚有难度。因此,本研究在前期研究基础上^[13],采用亲水作用色谱分离低聚糖原料,另一泵流速补偿,利用已知的不同聚合度糖标样建立蒸发光响应一致性方法,然后选择相对易得的单糖来建立标准曲线测定其他不同聚合度低聚糖的质量,最终得到不同聚合度低聚糖的质量分布。

2 材料与方法

2.1 仪器与试剂

Agilent 1260 Infinity II 型高效液相色谱仪,包含二元泵(G7112B)、自动进样器(G7167A)、柱温箱(G7116A)、蒸发光散射检测器(G4260B)和 OpenLAB CDS Chemstation 软件 C01.07、流速补偿泵采用另一个 Agilent 1260 Infinity II 二元泵(G7112B)、Agilent Poroshell 120 HILIC 色谱柱(3.0 mm×100 mm, 2.7 μ m)、零死体积不锈钢三通、0.2 μ m 再生纤维素滤膜(美国 Agilent 公司);XS-205DU 型电子分析天平(美国梅特勒-托利多公司)。

蔗糖、麦芽糖、麦芽三糖、麦芽四糖、麦芽五糖、麦芽六糖(纯度 \geq 99.0%)、麦芽七糖(纯度 94.0%, 美国 Sigma 公司);蔗果三糖、蔗果四糖(纯度 99.0%)、蔗果五糖(纯度 80%, 日本 Wako 公司);果糖、半乳糖(纯度 \geq 98%, 德国 DR.E 公司)。

低聚半乳糖样品(江门量子高科(中国)生物股份有限

公司); 低聚果糖样品(山东保龄宝生物科技有限公司)。

乙腈、二乙胺(色谱纯, 德国 Merck 公司), 实验室用水为 Milli-Q 超纯水。

2.2 实验方法

超高效液相色谱法 (ultra performance liquid chromatography, UPLC) 参数见表 1。补偿泵通过三通接入色谱柱和蒸发光散射检测器 (evaporative light scattering detector, ELSD) 之间的流路。

2.3 溶液配制

2.3.1 ELSD 响应校正溶液配制

校正溶液 1: 精密称取果糖、蔗糖、蔗果三糖、蔗果四糖和蔗果五糖标准品适量于 10 mL 容量瓶中, 用乙腈:水(50:50, V:V)溶液配制成质量浓度为 0.5 mg/mL 校正溶液 1, 用于 ELSD 响应校正。置于 4 °C 冰箱保存, 使用前用 0.2 μm 滤膜过滤。

校正溶液 2: 精密称取半乳糖、麦芽糖、麦芽三糖、麦芽四糖、麦芽五糖、麦芽六糖和麦芽七糖标准品适量于 10 mL 容量瓶中, 用乙腈:水(50:50, V:V)溶液配制成质量浓度为 0.5 mg/mL 校正溶液 2, 用于 ELSD 响应校正。置于 4 °C 冰箱保存, 使用前用 0.2 μm 滤膜过滤。

2.3.2 果糖和半乳糖标准溶液配制

果糖标准溶液系列: 精密称取果糖标准品适量 10 mL 容量瓶中, 用乙腈:水(50:50, V:V)溶液配制成质量浓度为 5.0 mg/mL 的果糖标准储备液, 置于 4 °C 冰箱保存, 使用前用 0.2 μm 滤膜过滤。分别吸取不同体积果糖标准储备液, 用乙腈:水(50:50, V:V)溶液逐级稀释成质量浓度为 1.0、0.5、0.25、0.1、0.05、0.025 mg/mL 的标准工作溶液, 用于绘制校准曲线。

半乳糖标准溶液系列: 精密称取半乳糖标准品适量于 10 mL 容量瓶中, 用乙腈:水(50:50, V:V)溶液配制成质量浓度为 5.0 mg/mL 的半乳糖标准储备液, 置于 4 °C 冰箱保存, 使用前用 0.2 μm 滤膜过滤。分别吸取不同体积半乳糖标准储备液, 用乙腈:水(50:50, V:V)溶液逐级稀释成质量浓度为 1.0、0.5、0.25、0.1、0.05、0.025 mg/mL 的标准工作溶液, 用于绘制校准曲线。

2.4 样品前处理

称取低聚果糖浆或糖粉样品 50.0 mg (精确至 0.1 mg) 于 10 mL 容量瓶, 用乙腈:水(50:50, V:V)溶液稀释定容, 摇匀, 即得 5.0 mg/mL 样品溶液, 该溶液过滤后用于蔗果五糖的测定。将 5.0 mg/mL 样品溶液用乙腈:水(50:50, V:V)溶液稀释成 1.0 mg/mL 样品溶液, 该溶液过滤后用于蔗果三糖和蔗果四糖的测定。

表 1 UPLC-ELSD 方法参数
Table 1 Parameters of UPLC-ELSD method

项目	参数			
色谱柱	Agilent Poroshell 120 HILIC (3.0 mm×100 mm, 2.7 μm)			
柱温	30 °C			
流动相 A	水			
流动相 B	0.05% 二乙胺乙腈溶液			
流速	0.8 mL/min			
进样量	2 μL (低聚果糖)、6 μL (低聚半乳糖)			
ELSD	雾化温度: 50 °C, 蒸发温度: 70 °C, 气流量: 1.6 SLM, 采样频率: 40 Hz, 平滑: 20, 增益: 1			
梯度	时间/min	B/%		
	0	85		
	8	70		
	9	70		
	9.1	85		
补偿泵溶液	13	85		
	乙腈:水溶液(50:50, V:V)			
	低聚果糖		低聚半乳糖	
	时间/min	流速/(mL/min)	时间/min	流速/(mL/min)
	0	0.1	0	0.19
补偿泵流速	1.49	0.1	1.78	0.19
	2.53	0.34	2.75	0.38
	3.95	0.29	4.11	0.50
	5.07	0.05	5.50	0.29
	6.05	0	6.73	0.30
			7.64	0.23
		8.39	0	

称取低聚半乳糖浆或糖粉样品 100.0 mg(精确至 0.1 mg)于 10 mL 容量瓶,用乙腈:水(50:50, V:V)溶液稀释定容,摇匀,即得 10.0 mg/mL 样品溶液,该溶液过滤后用于低聚半乳糖的测定。

3 结果与分析

3.1 流动相和梯度洗脱条件的优化

本项目组在前期研究中发现采用 Agilent Poroshell 120 HILIC (3.0 mm×100 mm, 2.7 μm)为分离色谱柱可将不同聚合度的低聚半乳糖按聚合度分段出峰,互不干扰,证明该色谱柱非常利于低聚半乳糖不同聚合度质量分布的测定^[13]。然而,以低聚麦芽糖为例,采用乙腈/水作为流动相时,随着聚合度的增加,同样质量浓度下 ELSD 响应下降明显,导致校正后的方法灵敏度损失严重。另外,当校正溶液 2 进样时发现乳糖峰有明显分叉现象,通过降低进样量未能改善,表明该分叉峰并非由溶剂效应引起,如图 1A 所示。峰分叉是由于碳水化合物在溶液中变旋导致,可通过碱性流动相来避免^[14,15]。本研究考察了在乙腈中加入 0.025%、0.05%、0.1%和 0.2%二乙胺对乳糖峰的改善,发现 0.05%二乙胺的添加量即可有效抑制乳糖峰分叉,二乙胺添加量越多 ELSD 基线噪音和漂移越大,所以最终选择乙腈中添加 0.05%二乙胺来优化其他参数。

比较图 1A 和 1B 可以发现,加入二乙胺的糖的保留明显增强,因此需要提高流动相中水的含量才能保证高聚合

度的糖的洗脱。以低聚半乳糖浆样品来优化梯度洗脱条件,最终确定表 1 中的梯度条件为分析条件,该条件可以保证样品中的高聚糖可以在较短的时间内完全洗脱,同时不同聚合度的半乳糖也能达到基线分离。

3.2 ELSD 校正溶液的选择

ELSD 作为一种通用型检测器,被广泛用于半挥发和不挥发化合物的检测。对于同一化合物其响应值受多因素影响,如流动相组成、雾化温度、漂移管温度、气流量等;对于不同化合物即使浓度相同、检测器参数相同、保留时间相同、分子量接近,其响应值还受峰宽影响。例如麦芽糖和蔗糖同为二糖,由于麦芽糖溶液具有变旋现象,导致其峰较宽,即使两者保留时间同为 2.4 min 左右,同等浓度下其响应值相差约 50%。因此,为了提高方法的通用性和准确性,本研究采用 2 种校正溶液来建立方法,一种为果糖、蔗糖、蔗果三糖、蔗果四糖和蔗果五糖(校正溶液 1)来建立非还原性(无变旋现象)糖方法,另一种为半乳糖、麦芽糖、麦芽三糖、麦芽四糖、麦芽五糖、麦芽六糖和麦芽七糖(校正溶液 2)来建立还原性糖方法。

3.3 ELSD 响应一致性校正方式的优化

通过改变进入 ELSD 流速大小来改变低聚糖的响应进而实现不同低聚糖响应一致性已经被证明是一种可行的方法^[10],但由于随着聚合度的增加,低聚糖响应下降严重,会对流速校准方法稳定性产生一定的影响。流动相乙腈中

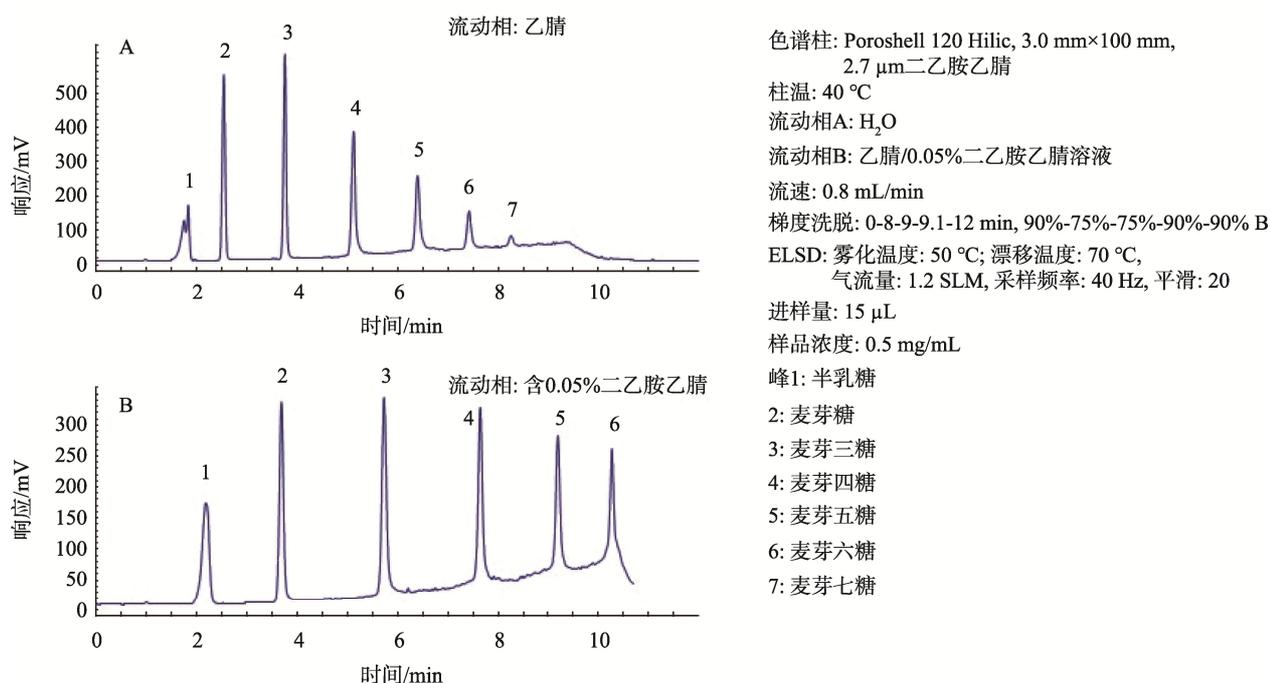


图 1 校正溶液 2 在不同流动相体系下的响应

Fig.1 The response of calibration solution 2 under different mobile phase system

二乙胺的加入大幅提高了低聚糖响应, 从根本上克服了流速校准方法带来的灵敏度下降严重的问题, 增加了流速校准方法的可操作性。如表 2 所示, 在没有校准时, 校正溶液 1 中 5 个糖在同等质量浓度下最大相差 6.0%, 校正溶液 2 中的 7 个糖最大相差 5.6%(所有峰面积和保留时间均为 6 次连续进样后的平均值)。校准流速以峰面积倍数为参考标准, 以峰面积最小的峰为基准(蔗果五糖), 以峰面积倍数差异为流速增幅来作为补偿泵流速。如校正溶液 1 中, 果糖峰面积为蔗果五糖的 1.10 倍, 流速增幅即为 $1.10-1=0.10$, 补偿泵流速就设为 0.10 mL/min, 以此类推其他糖的补偿流速。补偿泵时间按糖出峰时间确定, 例如果糖的出峰时间是 1.49 min, 补偿泵即设为 1.49 min 流速为 0.10 mL/min。详见表 2 关于补偿泵的方法描述。按校准后的方法(表 1)进样, 校正溶液 1 和 2 的色谱图见图 2。校正溶液连续 6 次进样, 百分含量取平均值见图 2 内嵌表格, 与实际含量相比, 本研究建立的校准方法误差最大值不超过 2%。

3.4 方法标准曲线、重复性和检出限

取 2.3.2 中半乳糖和果糖标准溶液, 按浓度由低到高分别进样, 每个浓度点进样三针取平均值, 以 $\log(\text{峰面积})$ 对 $\log(\text{浓度})$ 进行线性拟合。其中半乳糖 0.05~0.5 mg/mL 范围, 线性方程为 $Y=1.3859X-0.3551$, 相关系数(r^2)为 0.9994; 果糖在 0.05~1.0 mg/mL 范围, 线性方程为 $Y=1.4922X-1.0406$ 相关系数(r^2)为 0.9972。分别取 0.25 mg/mL 半乳糖和果糖标准溶液连续 6 次进样考察方法重复性, 其中半乳糖保留时间相对标准偏差为 0.1%, 峰面积相对标准

偏差为 0.76%; 果糖保留时间相对标准偏差为 0.03%, 峰面积相对标准偏差为 0.70%。以 0.025 mg/mL 果糖、蔗糖、蔗果三糖、蔗果四糖和蔗果五糖的混合溶液, 0.025 mg/mL 半乳糖、麦芽糖、麦芽三糖、麦芽四糖、麦芽五糖、麦芽六糖和麦芽七糖的混合溶液考察方法检出限, 结果见表 3, 在 0.025 mg/mL 浓度下从单糖到低聚七糖的信噪比(S/N)均大于 3。

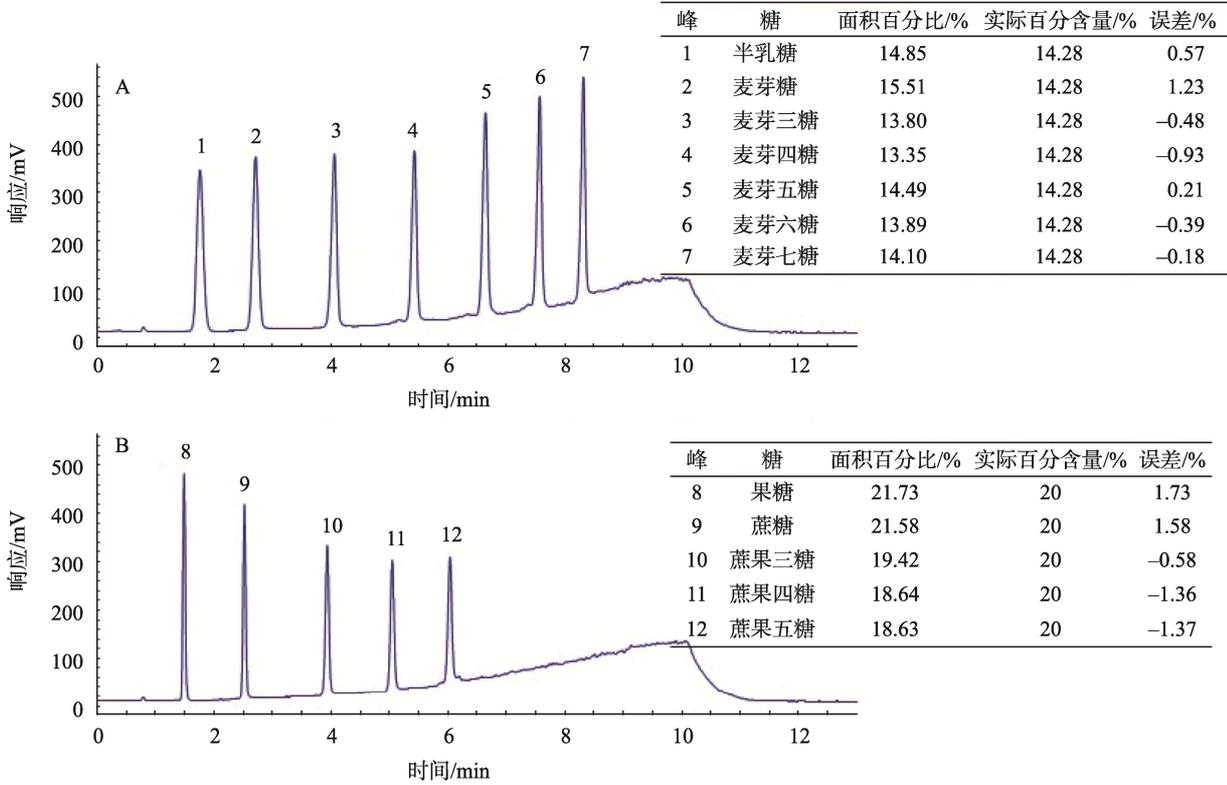
3.5 样品测定及结果准确性验证

按 2.4 方法溶解样品, 配制 3 份平行样品, 每份样品进样 2 次, 典型色谱图如图 3 所示。对于低聚半乳糖样品将不同聚合度下的所有峰面积累积作为该聚合度聚半乳糖峰面积, 取 6 次数据平均值, 代入半乳糖标准曲线计算得到不同聚合度聚半乳糖含量。其中, 如果有峰面积总和超出线性范围, 则分开计算。以半乳糖为例, 将半乳糖分成两部分积分, 再将这两部分含量之和作为总半乳糖的含量。低聚果糖样品由于同一聚合度下无异构体存在, 直接将各蔗果聚糖峰面积代入果糖标准曲线计算各聚糖含量。低聚果糖浆(粉)、低聚半乳糖浆(粉)测定结果见表 4。

通过比较蔗果三糖、蔗果四糖和蔗果五糖外标法计算含量与本研究方法所得含量验证本研究方法准确性。首先分别配制 0.05、0.1、0.25、0.5 和 1.0 mg/mL 混合标准溶液, 采用表 1 方法(不加补偿)分别进样, 得到蔗果三、四、五糖的标准曲线用于计算样品中的蔗果聚糖含量。蔗果糖浆样品中蔗果三、四、五糖的含量分别为 31.6%、20.6%和 3.0%; 蔗果糖粉样品中蔗果三、四、五糖的含量分别为 31.4%、40.4%和 8.4%, 最大误差低于 2.5%。

表 2 流速补偿表
Table 2 Flow rate compensation

校正溶液	化合物名称	保留时间/min	峰面积	峰面积倍数	流速增幅	补偿泵流速/(mL/min)
1	果糖	1.49	2973.7	1.10	0.10	0.10
	蔗糖	2.53	3624.1	1.34	0.34	0.34
	蔗果三糖	3.95	3485.7	1.29	0.29	0.29
	蔗果四糖	5.07	2842.0	1.05	0.05	0.05
	蔗果五糖	6.05	2696.1	1	0	0
2	半乳糖	1.78	3629.1	1.19	0.19	0.19
	麦芽糖	2.75	4226.3	1.38	0.38	0.38
	麦芽三糖	4.11	4582.7	1.50	0.50	0.50
	麦芽四糖	5.50	3937.4	1.29	0.29	0.29
	麦芽五糖	6.73	3976.0	1.30	0.30	0.30
	麦芽六糖	7.64	3766.6	1.23	0.23	0.23
	麦芽七糖	8.39	3052.0	1	0	0



注: A 补偿泵按低聚半乳糖程序运行; B 补偿泵按低聚果糖程序运行。

图 2 流速校正后低聚糖混合标样色谱图

Fig.2 Chromatogram of oligosaccharides mixture standard after compensation of flow rate

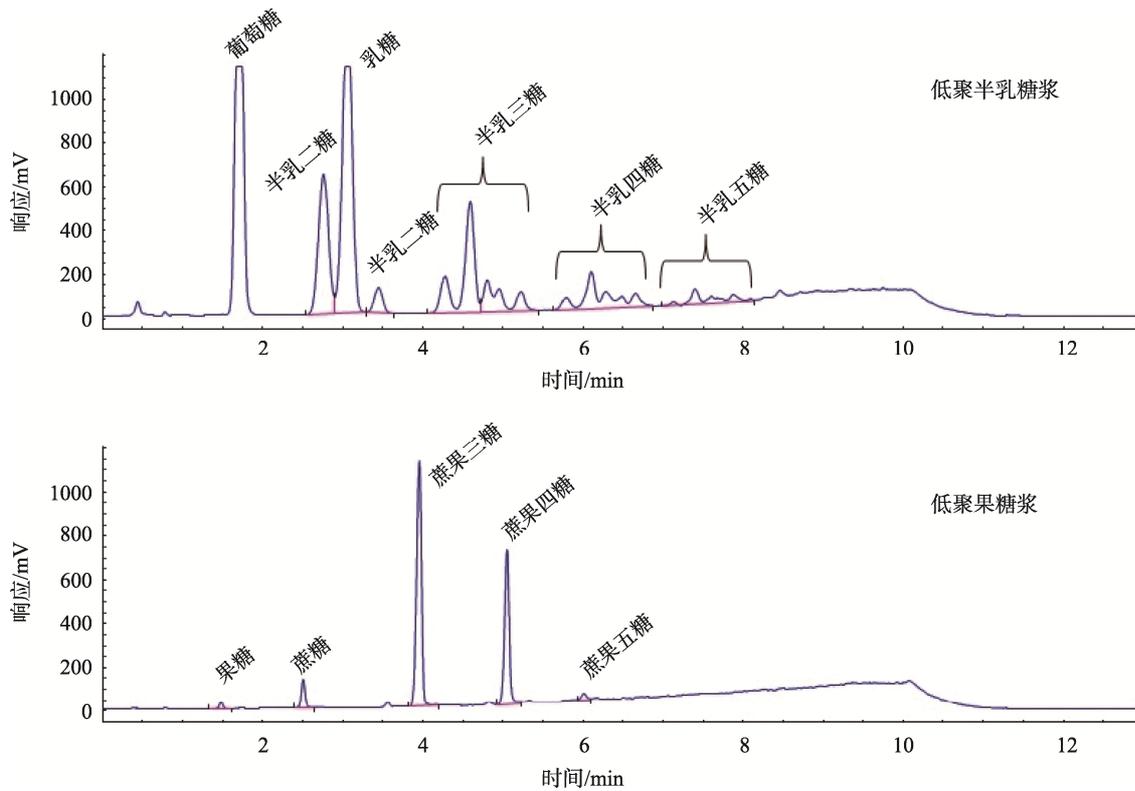


图 3 20 mg/mL 低聚半乳糖和低聚果糖浆样品按流速校正后进样所得色谱图

Fig.3 The chromatogram of 20 mg/mL GOS and FOS syrup after flow rate compensation

表 3 不同聚合度低聚糖在 0.025 mg/mL 下的信噪比
Table 3 The S/N of different DP oligosaccharides at the concentration of 0.025 mg/mL

化合物名称	浓度/(mg/mL)	信噪比
果糖	0.025	5.2
蔗糖	0.025	9.3
蔗果三糖	0.025	8.6
蔗果四糖	0.025	6.5
蔗果五糖	0.025	4.7
半乳糖	0.025	12.3
麦芽糖	0.025	5.5
麦芽三糖	0.025	6.3
麦芽四糖	0.025	5.6
麦芽五糖	0.025	8.1
麦芽六糖	0.025	6.7
麦芽七糖	0.025	6.1

表 4 低聚果糖浆(粉)和低聚半乳糖浆(粉)样品质量分布测定结果
Table 4 The mass profiling results of GOS and FOS syrup (powder) with different DPs

低聚糖	GOS 糖浆 1	GOS 糖浆 2	GOS 糖浆 3	GOS 粉 1	GOS 粉 2	FOS 糖浆	FOS 糖粉
半乳二糖	19.5%	14.7%	19.5%	18.9%	20.0%	-	-
半乳三糖	25.0%	25.4%	22.7%	32.1%	24.6%	-	-
半乳四糖	11.3%	11.4%	10.3%	15.9%	18.9%	-	-
半乳五糖	4.0%	7.7%	4.8%	5.3%	7.3%	-	-
蔗果三糖	-	-	-	-	-	34.1%	33.9%
蔗果四糖	-	-	-	-	-	21.9%	40.4%
蔗果五糖	-	-	-	-	-	2.7%	6.0%
总含量	59.8%	59.2%	57.3%	72.2%	10.8%	58.7%	80.3%

4 结 论

本研究以亲水作用机制来分离不同聚合度的低聚果糖和低聚半乳糖, 并利用已知的不同聚合度糖标准品通过流速补偿建立超高效液相色谱结合蒸发光散射检测器响应

一致性方法以测定低聚果糖和低聚半乳糖不同聚合度质量分布。通过果糖和半乳糖来建立标准曲线测定低聚果糖和低聚半乳糖的含量, 最终得到不同聚合度低聚糖的质量分布。该方法快速、准确、成本低, 可以在缺乏低聚糖相应标准品的情况下, 用于测定不同低聚糖的质量分布, 对于生产企业质量控制具有很高的参考价值。

参考文献

- [1] Gibson GR, Scott KP, Rastall RA, *et al.* Dietary prebiotics: Current status and definition [J]. *Food Sci Technol Bull Func Foods*, 2010, 7(1): 1-19.
- [2] Goyal SPA. Functional oligosaccharides: production, properties and applications [J]. *World J Microbiol Biotechnol*, 2011, 27(5): 1119-1128.
- [3] 中华人民共和国卫生部公告, 2007 年第 12 号[EB/OL]. <http://www.moh.gov.cn/mohbgt/pw10709/200804/18986.shtml>.
The 12 Announcement of National Health and Family Planning Commission of the People's Republic of China, 2007 [EB/OL]. <http://www.moh.gov.cn/mohbgt/pw10709/200804/18986.shtml>.
- [4] 中华人民共和国卫生部公告, 2012 年第 6 号[EB/OL]. <http://www.moh.gov.cn/sps/s7891/201205/70b499205c984b0b87d50c69346fea90.shtml>.
The 6 Announcement of National Health and Family Planning Commission of the People's Republic of China, 2012 [EB/OL]. <http://www.moh.gov.cn/sps/s7891/201205/70b499205c984b0b87d50c69346fea90.shtml>.
- [5] Torres DPM, Goncalves MPF, Teixeira JA, *et al.* Galacto-oligosaccharides: Production, properties, applications, and significance as prebiotics [J]. *Comprehensive Rev Food Sci Food Saf*, 2010, 9(5): 438-445.
- [6] 中华人民共和国卫生部公告, 2008 年第 20 号[EB/OL]. <http://www.moh.gov.cn/mohbgt/pw10811/200809/37919.shtml>.
The 20 Announcement of National Health and Family Planning Commission of the People's Republic of China, 2008 [EB/OL]. <http://www.moh.gov.cn/mohbgt/pw10811/200809/37919.shtml>.
- [7] 国家卫生和计划生育委员会公告, 2016 年第 8 号[EB/OL]. <http://www.nhc.gov.cn/sps/s7890/201606/125c3d8fa2034de3b7d52a82608709d2.shtml>.
The 8 Announcement of National Health Commission of the People's Republic of China, 2016 [EB/OL]. <http://www.nhc.gov.cn/sps/s7890/201606/125c3d8fa2034de3b7d52a82608709d2.shtml>.
- [8] 国家卫生和计划生育委员会公告, 2017 年第 8 号[EB/OL]. <http://www.nhc.gov.cn/zwgk/jdjd/201710/2af7ddf8624447298a5c29a3d3ef7e35.shtml>.
The 8 Announcement of National Health Commission of the People's Republic of China, 2017 [EB/OL]. <http://www.nhc.gov.cn/zwgk/jdjd/201710/2af7ddf8624447298a5c29a3d3ef7e35.shtml>.
- [9] GB/T 22491-2008 大豆低聚糖[S].
GB/T 22491-2008 Soybean oligosaccharide [S].
- [10] GB/T 23528-2009 低聚果糖[S].
GB/T 23528-2009 Fructooligosaccharide [S].
- [11] GB/T 20881-2007 低聚异麦芽糖[S].
GB/T 20881-2007 Isomaltooligosaccharide [S].
- [12] GB 5009.255-2016 食品安全国家标准 食品中果聚糖的测定[S].
GB 5009.255-2016 National standards for food safety-Determination of fructan in food [S].

- [13] 杨新磊, 陈波. 超高效液相色谱直接测定糖浆中低聚半乳糖质量分布 [J]. 食品安全质量检测学报, 2016, 7(3): 1087-1094.

Yang XL, Chen B. Direct determination of the mass profiling of galactooligosaccharides in syrup by ultra high performance liquid phase chromatography [J]. J Food Saf Qual, 2016, 7(3): 1087-1094.

- [14] Hernandez-Hernandez O, Calvillo I, Lebron-Aguilarb R, *et al.* Hydrophilic interaction liquid chromatography coupled to mass spectrometry for the characterization of prebiotic galactooligosaccharides [J]. J Chromatogr A, 2012, 1220(1): 57-67.

- [15] Brokl M, Hernández-Hernández O, Soria AC, *et al.* Evaluation of different operation modes of high performance liquid chromatography for the analysis of complex mixtures of neutral oligosaccharides [J]. J Chromatogr A, 2011, 1218(42): 7697-7703.

(责任编辑: 苏笑芳)

作者简介



林 慧, 硕士, 高级工程师, 主要研究方向为食品质量与安全。

E-mail: lh_szjy@163.com



徐春祥, 研究员级高级工程师, 主要研究方向为食品检测。

E-mail: xcx70@163.com

“淀粉及其功能化修饰与深加工”专题征稿函

淀粉是自然界最丰富的物质之一, 作为重要的可再生环境友好工业原料, 主要用于食品、纺织、造纸、水产饲料、制药、化工、机械、石油、建筑等行业, 越来越受到社会的广泛重视。对淀粉的极大需求推动了淀粉工业的发展, 因此淀粉工业也被称为黄金产业, 对国民经济具有重要作用。改革开放以来, 我国淀粉及其相关制品工业迅速发展。中国淀粉工业协会联合艾格农业发布报告称, 2017年我国淀粉产量为2720万吨, 创历史新高, 同比增幅15.4%, 淀粉深加工产品产量达到1,450万吨。其中仅玉米淀粉产量达到2,595万吨, 需求量达到2,550万吨, 增幅为13.8%。

淀粉工业领域基础研究、产品开发等各方面的发展, 有力地支撑了我国高速发展的淀粉及相关制品工业。近年来, 在淀粉科学与工程研究领域, 科研工作者不断与生物化工、营养学、医学、材料科学等多学科知识和生物技术、医疗技术、纳米技术等前沿高新技术交叉融合, 推动了淀粉基础研究与高新技术新的突破。

鉴于此, 本刊特别策划了“淀粉及其功能化修饰与深加工”专题, 由华南理工大学 陈玲 教授担任专题主编, 华南理工大学 李晓玺 教授担任专题副主编, 主要包括淀粉的生物合成与转化, 淀粉的结构与功能特性, 淀粉修饰、转化与应用, 淀粉现代分析检测与质量控制, 变性淀粉生产新工艺新技术等方面内容或您认为本领域有意义的问题进行论述。本专题计划在2019年8月出版。

鉴于您在该领域丰富的研究经历和突出的学术造诣, 学报主编吴永宁研究员、专题主编陈玲教授和专题副主编李晓玺教授特别邀请您为本专题撰写稿件, 综述、研究论文、研究简报均可, 以期进一步提升该专题的学术质量和影响力。请在**2019年6月30日**前通过网站或E-mail投稿。我们将快速处理并经审稿合格后优先发表。

同时烦请您帮忙在同行之间转发, 再次感谢您的关怀与支持!

投稿方式:

网站: www.chinafoodj.com

E-mail: jfoodsq@126.com

《食品安全质量检测学报》编辑部