

高效液相色谱-蒸发光散射法检测发酵乳饮料中 5种糖的含量

王 婷^{1,2}, 周欣蕊^{1,2}, 林 楠^{1,2}, 华 蕾¹, 金昱言^{1,2}, 王庆峰¹, 包 懿^{1*}

(1. 吉林省食品检验所, 长春 130103; 2. 吉林省安信食品技术服务有限责任公司, 长春 130033)

摘 要: **目的** 建立一种高效液相色谱-蒸发光散射法(high performance liquid chromatography-evaporative light scattering, HPLC-ELSD)测定发酵乳饮料中果糖、葡萄糖、蔗糖、麦芽糖和乳糖的分析方法。**方法** 样品经乙腈-水提取, 过膜后上机检测, 采用 XBridge 糖分析色谱柱(250 mm×4.6 mm, 3.5 μm)分离。以乙腈:水(75:25, V:V)作为流动相, 流速为 1.0 mL/min, 蒸发光检测器的参数为漂移管温度为 65 °C, 氮气压力 30 psi, 外标法定量。**结果** 5种糖在 0.1~1.0 mg/mL 浓度范围内线性良好, 相关系数均大于 0.999, 检出限为 0.05~0.2 g/100 g, 标准品回收率在 92.5%~97.5%之间, 相对标准偏差(relative standard deviation, RSD)均小于 2.8%(n=6)。**结论** 该方法前处理简单、灵敏度高和检测速度快, 适用于发酵乳饮料中果糖、葡萄糖、蔗糖、麦芽糖和乳糖的定量检测。

关键词: 高效液相色谱-蒸发光散射法; 发酵乳饮料; 果糖; 葡萄糖; 蔗糖; 麦芽糖; 乳糖

Determination of 5 kinds sugars in fermented milk drink by high performance liquid chromatography-evaporative light scattering

WANG Ting^{1,2}, ZHOU Xin-Rui^{1,2}, LIN Nan^{1,2}, HUA Lei¹, JIN Yu-Yan^{1,2}, WANG Qing-Feng¹, BAO Yi^{1*}

(1. Jilin Institute for Food Control, Changchun 130103, China; 2. Jilin Anxin Food Technology Services Limited Company, Changchun 130033, China)

ABSTRACT: Objective To establish a method for determination of fructose, glucose, sucrose, maltose and lactose in fermented milk drink by high performance liquid chromatography-evaporative light scattering (HPLC-ELSD). **Methods** The samples were extracted by acetonitrile-water, and detected on the machine after filtered membrane. The separation of targeted compounds was performed on a XBridge sugar analysis chromatography column (250 mm×4.6 mm, 3.5 μm) using acetonitrile-water (75:25, V:V) as mobile phase. The flow rate was 1 mL/min, the parameters of the evaporative photodetector were a drift tube temperature of 65 °C and a nitrogen pressure of 30 psi. And samples were quantified by external standard method. **Results** The 5 kinds of sugars had good linearity in the concentration range of 0.1-1.0 mg/mL, the correlation coefficient was greater than 0.999, the limit of detection was 0.05-0.2 g/100 g, and the standard recovery rate was between 92.5%-97.5%, and relative standard deviation (RSD) were less than 2.8% (n=6). **Conclusion** This method has the advantages of simple pretreatment, high sensitivity and fast detection speed, which is suitable for quantitative detection of fructose, glucose, sucrose, maltose and lactose in fermented milk beverages.

KEY WORDS: high performance liquid chromatography-evaporative light scattering; fermented milk drink;

*通讯作者: 包懿, 工程师, 博士, 主要研究方向为食品质量安全。E-mail: baoyi81@126.com

*Corresponding author: Bao Yi, Engineer, PhD, Jilin Institute for Food Control, Changchun 130103, China. E-mail: baoyi81@126.com

fructose; glucose; sucrose; maltose; lactose

1 引言

糖类(carbohydrate)是由 C、H、O 3 种元素组成的生物大分子,可分为单糖、二糖和多糖。糖类在动物生命活动过程中起着至关重要的作用。人体的一切活动,包括走路、呼吸、学习等都需要消耗能量,这些能量大部分都是由糖类提供的。当人体缺乏糖时会产生一系列的症状,例如乏力、低血糖、瘦弱等。然而,近些年来由于人们生活水平的提高,各种甜食的摄入量越来越多,导致体内血糖超标,引发了各种疾病,如龋齿、糖尿病、肥胖症等^[1-3]。因此,对食品中糖的种类和含量进行快速、灵敏、高效地测定对于食品安全和人民健康都具有重要的意义。

目前,食品中糖的检测方法主要有化学法、酶比色法、酶电极法和高效液相色谱-示差折光法等。化学法在水解过程中会将部分糊精和麦芽糖等成分水解成为葡萄糖,这样就会导致测定的结果偏高,并且不能够给出每种糖的具体含量,而且化学法在实验过程中容易受到加热的温度、煮沸时间以及滴定速率等因素的影响,导致测定结果重复性较差;酶比色法和酶电极法只能测定化合物中的单一组分,并且检测结果容易受到酶的活性以及纯度的影响^[4-8]。示差检测器是基于连续测定色谱柱流出物光折射率的变化来测定溶质浓度,通用性强,结构简单,操作便利,同时折射率对温度的变化非常敏感,也会受到流动相梯度等条件的影响,进而导致色谱图基线漂移、灵敏度偏低,大大限制其使用。蒸发光散射检测器是示差折光检测器的理想替代品,可以用来检测任何挥发性低于流动相的样品,对流动相的组成不敏感,可以梯度洗脱,检测的灵敏度也要高于示差折光检测器,检测限可低至 10^{-10} g^[9]。近年来,蒸发光散射检测法主要应用在食品分析以及中药成分检测等^[10,11],在乳饮料的检测中应用较少。

本研究采用高效液相色谱-蒸发光散射法(high performance liquid chromatography-evaporative light scattering, HPLC-ELSD)测定发酵乳饮料中的果糖、葡萄糖、蔗糖、麦芽糖和乳糖的含量,以期研究和建立一种快速、准确、直接同时测定多种糖分的方法。

2 材料与方 法

2.1 仪器与试剂

2695 型高效液相色谱系统,配 2424 型 ELSD 检测器(美国沃特世公司);BP211D 电子天平(德国赛多利斯集团);genius 3 涡旋振荡器(广州仪科实验室技术有限公司);Microfuge 20 高速台式离心机(美国贝克曼公司)。

葡萄糖标准品(99.7%)、D-果糖标准品($\geq 99.7\%$)、蔗

糖标准品($\geq 99.9\%$)、麦芽糖标准品($\geq 99.4\%$);乳糖标准品($\geq 94\%$)(德国 Dr. Ehrenstorfer GmbH 公司)。

乙腈(色谱纯,美国 Fisher 公司);0.45 μm 有机滤膜(天津津滕公司);实验室用水为 Milli-Q 超纯水系统制备。

发酵乳饮料购买于超市。

2.2 实验方法

2.2.1 溶液配制

果糖、葡萄糖、蔗糖、麦芽糖、乳糖混合标准储备液(10 mg/mL):分别准确称取 100 mg 经干燥至恒质量的果糖、葡萄糖、蔗糖、麦芽糖及乳糖标准品,用乙腈:水(25:75, V:V)溶液溶解并定容至 10 mL,储存于 4 $^{\circ}\text{C}$ 冰箱备用。

果糖、葡萄糖、蔗糖、麦芽糖、乳糖混合标准工作液:准确吸取上述混合标准储备液 0.1、0.2、0.4、0.5、1.0 mL,用乙腈:水(25:75, V:V)溶液定容至 10 mL。该标准系列质量浓度分别为 0.1、0.2、0.4、0.5、1.0 mg/mL。临用前配制。

2.2.2 样品前处理

称取 5.0 g(精确至 0.01 g)发酵乳饮料于 50 mL 容量瓶中,加入 20 mL 水溶解,涡旋混匀,室温下超声提取 20 min,冷却至室温后,加入 20 mL 乙腈沉淀蛋白,摇匀,静置 20 min,待蛋白沉淀后用水定容。样品溶液于 5000 r/min 下离心 10 min,滤纸过滤后经 0.45 μm 有机滤膜过滤,待测。

2.2.3 液相色谱-蒸发光检测器条件

1) 液相色谱条件

Waters XBridge 糖柱(250 mm \times 4.6 mm, 3.5 μm),流动相:乙腈-水(75:25, V:V),进样体积:10 μL ,柱温:35 $^{\circ}\text{C}$ 。

2) 蒸发光检测器条件

辅气:氮气;增益:200。

3 结果与分析

3.1 液相色谱条件优化

1) 流动相比 例

固定流动相流速,调整流动相比例^[12-15]。分别选择流动相I(乙腈:水=70:30, V:V),流动相II(乙腈:水=75:25, V:V),流动相III(乙腈:水=80:20, V:V);考察不同流动相配比的条件下对 5 种糖的分离效果的影响。选用浓度均为 0.5 mg/mL 的果糖、葡萄糖、蔗糖、麦芽糖和乳糖的混合标准溶液在不同比例的流动相条件下进行分离,结果见表 1。

由表 1 可以得出,随着流动相中有机相的比例增加,5 种色谱峰的保留时间延后,分离度增加;降低流动相中有机相的比例,5 种峰的分离度降低,但分离时间也随之减少,另外,色谱峰的峰宽变小。当流动相比 例为乙腈:水

=75:25(V:V)时, 5 种糖的分离效果令人满意, 目标峰峰形对称且尖锐, 并且运行时间相对来说较短。

2) 流动相流速

固定流动相比例为乙腈:水=75:25(V:V), 调整流动相流速, 分别选用高效液相色谱常用 0.8、0.9、1.0 mL/min, 考察不同流动相流速对糖分色谱行为的影响, 结果见表 2。

由表 2 中结果可以得出, 随着流动相流速的增加, 5 种糖被分离出来的时间逐渐减少, 并且都能够达到基线分离。因此, 本实验选用流速为 1.0 mL/min。

综上所述, 本研究中流动相的最优参数为乙腈:水=75:25(V:V), 流速 1.0 mL/min。

3.2 蒸发光检测器条件优化

蒸发光散射检测器由雾化器、加热漂移管和光散射池 3 部分组成。色谱流出液在雾化器的入口端被吹入的氮气部分雾化, 较大的液滴聚集下来流到下端的虹吸管中作为废液排出, 而气溶胶进入到管中。气溶胶通过蒸发管时, 其中的溶剂被蒸发掉, 剩余的样品溶质被送入检测池^[6]。

3.2.1 漂移管温度优化

本实验考察了不同的漂移管温度对检测响应值的影响。保持氮气压力为 30 psi, 调节不同的漂移管温度分别为 50、55、60、65、70 °C, 选用浓度均为 0.5 mg/mL 的混合标准溶液上机检测, 观察色谱峰峰面积的变化情况。实验结果如表 3 所示, 漂移管温度对色谱峰的影响主要体现在对基线噪声的影响。当被测样品以微雾滴形式进入漂移管时, 比表面积的大幅增加使溶剂的挥发温度远低于通常的沸点, 随着温度的升高, 目标物峰面积的变化趋缓, 噪声增加, 信噪比反而下降。漂移管温度在 50~70 °C 之间时, 峰面积呈下降趋势, 但是下降幅度不明显, 当漂移管温度大于 60 °C 时, 变化趋势变得平缓。当漂移管温度降低时, 溶剂挥发会不完全, 基线变得不稳, 因此本研究选用漂移管

温度为 65 °C。

3.2.2 氮气压力优化

本研究考察了不同的氮气压力对检测响应值的影响。固定漂移管温度为 65 °C, 调节氮气压力分别为 20、30、40、50 psi。实验结果如表 4 所示, 雾化气流量对色谱峰响应值的影响相较于漂移管温度来说更明显。将雾化气流量与实验中流动相的流速相结合, 结果说明合理的雾化气流量能够保证入口端的色谱流出液被有效的雾化成微雾滴。当氮气压力过小时, 色谱流出液雾化不充分, 当氮气压力过大时, 可能会导致目标物损失, 信号值也随之降低。当氮气压力由 20 psi 逐渐增加至 50 psi 时, 5 种糖的信噪比随着氮气压力的增加呈现抛物线形状的变化; 当氮气压力为 30 psi 时, 信噪比最高。因此, 本实验选用氮气压力为 30 psi。

3.3 方法的线性范围及检出限

果糖、葡萄糖、蔗糖、麦芽糖和乳糖的混合标准工作液浓度分别为 0.1、0.2、0.4、0.5、1.0 mg/mL, 液相色谱仪的参数为乙腈:水=75:25(V:V)、流速 1.0 mL/min; 蒸发光检测器的参数为氮气压力 30 psi, 漂移管温度为 65 °C, 增益 200, 在以上条件下进行测定。以各组分的质量浓度 (mg/mL) 的对数值 X 为横坐标, 相对应的色谱峰面积的对数值 Y 为纵坐标绘制标准曲线。结果表明, 5 种糖的质量浓度在 0.1~1.0 mg/mL 范围内有良好的线性关系 ($r^2 > 0.999$)^[17], 线性回归方程及相关系数见表 5。果糖、葡萄糖、蔗糖、麦芽糖和乳糖的检出限见表 5。5 种糖的混合标准溶液(浓度为 1.0 mg/mL)的谱图见图 1(a), 样品的谱图见图 1(b)。由图 1(a)可得, 果糖、葡萄糖、蔗糖、麦芽糖及乳糖的保留时间分别为 6.892、8.053、11.135、13.203、14.105 min。由图 1(b)可得, 果糖、葡萄糖、蔗糖、麦芽糖及乳糖的色谱峰杂质干扰小, 可以进行准确定量检测。

表 1 流动相比例对分离效果的影响

Table 1 Effect of flow comparison on separation effect

流动相种类	流动相I	流动相II	流动相III
分析时间/min	10.0	15.0	27.0
5 种糖色谱峰分离情况	麦芽糖和乳糖的色谱峰部分重叠, 未达到基线分离	5 种糖色谱峰均达到基线分离, 且分离度 $R > 1.5$	5 种糖色谱峰均达到基线分离, 分离度较流动相II更大

表 2 流动相流速对分离效果的影响

Table 2 Effect of mobile phase flow rate on separation effect

流动相流速/(mL/min)	0.8	0.9	1.0
分析时间/min	30.0	24.0	15.0
5 种糖色谱峰分离情况	5 种糖色谱峰均达到基线分离	5 种糖色谱峰均达到基线分离	5 种糖色谱峰均达到基线分离

表 3 漂移管温度对检测响应值的影响

Table 3 Effect of drift tube temperature on detection response

漂移管温度/°C	50	55	60	65	70
果糖峰面积/(μ V/S)	14727257	14725260	14725350	14725210	14725173
噪声/ μ V	1721	2372	3094	3395	5613

表4 氮气压力对检测响应值的影响

Table 4 Effect of nitrogen pressure on detection response

氮气压力/(psi)	20	30	40	50
信噪比(S/N)	9.87	17.35	13.28	12.91

3.4 回收率及精密度实验

应用上述前处理条件以及本实验优化后的仪器条件,分别在样品中添加低、中、高3种浓度的标准溶液,进行精密度和回收率实验。由表6中结果可以得出,5种糖的低、中、高3种浓度的回收率为92.5%~97.5%,平行测定6次,

其相对标准偏差(relative standard deviation, RSD)为1.2%~2.8%, RSD < 3.0%,符合 GB/T 27404-2008^[17]附录F的要求。

3.5 实际样品测定

采用实验中优化出的各项参数对所购买的市售某品牌发酵乳饮料进行测定。结果表明,所测得的发酵乳饮料中果糖含量为0.105 g/100 g,葡萄糖含量为1.74 g/100 g,蔗糖含量为1.14 g/100 g,不含有麦芽糖,乳糖含量为0.233 g/100 g,所测结果均为平行测定6次结果的平均值,RSD值分别为果糖1.3%,葡萄糖1.7%,蔗糖1.5%,乳糖0.94%。

表5 线性参数和检出限

Table 5 Linearity parameters and detection limits

组分	线性范围/(mg/mL)	线性方程	相关系数	检出限/(g/100 g)
果糖	0.1~1.0	$Y=0.289X+5.846$	0.9998	0.1
葡萄糖	0.1~1.0	$Y=0.286X+5.849$	0.9998	0.1
蔗糖	0.1~1.0	$Y=0.291X+5.848$	0.9999	0.1
麦芽糖	0.1~1.0	$Y=0.294X+5.839$	0.9998	0.05
乳糖	0.1~1.0	$Y=0.294X+5.844$	0.9997	0.2

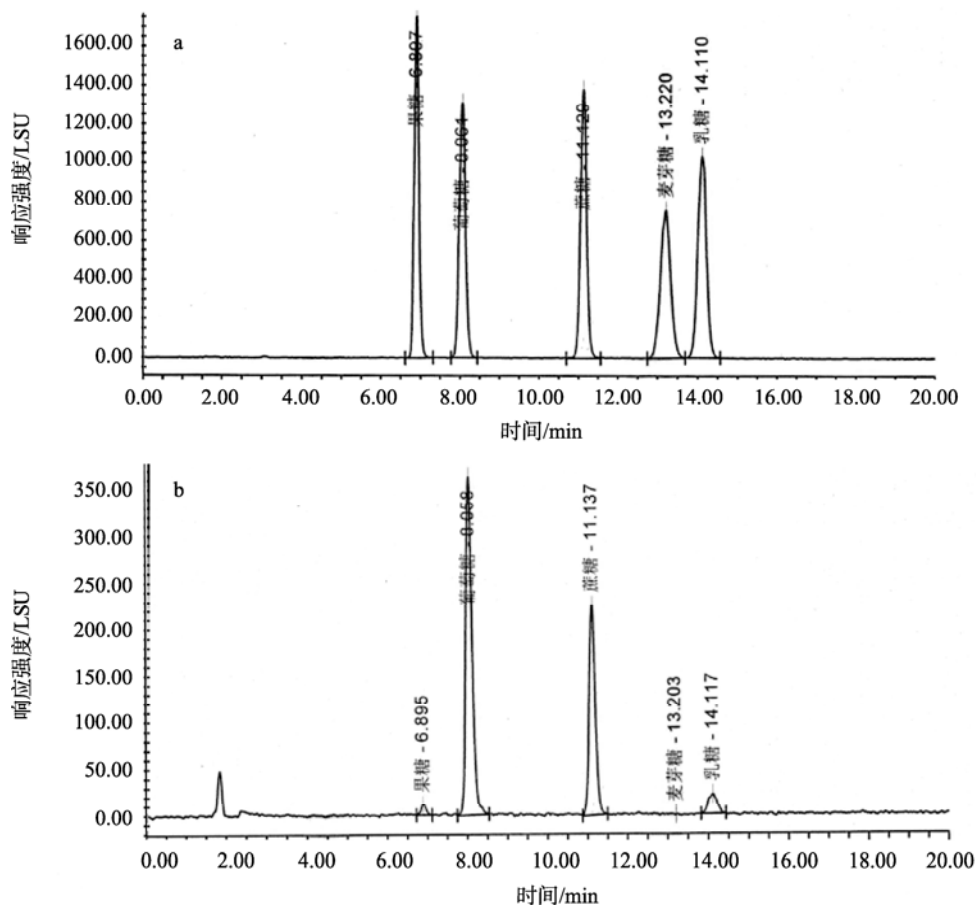


图1 5种糖的色谱图

Fig.1 Chromatogram of 5 kinds of sugars

表 6 精密度和回收率实验结果($n=6$)
Table 6 Precision and recovery rate test results ($n=6$)

组分	本底值 (g/100 g)	加标值 (g/100 g)	测定值 (g/100 g)	回收率 /%	RSD/%
果糖	0.105	0.2	0.292	93.5	2.3
		0.6	0.685	96.7	2.1
		1.0	1.080	97.5	1.5
葡萄糖	1.74	0.2	1.929	94.5	2.7
		0.6	2.315	95.8	1.9
		1.0	2.714	97.4	1.2
蔗糖	1.14	0.2	1.325	92.5	2.8
		0.6	1.723	97.2	1.4
		1.0	2.099	95.9	1.7
麦芽糖	0.00	0.2	0.187	93.5	1.9
		0.6	0.582	97.0	2.1
		1.0	0.963	96.3	1.8
乳糖	0.233	0.2	0.422	94.5	1.4
		0.6	0.804	95.2	2.6
		1.0	1.204	97.1	1.2

4 结 论

本研究建立了高效液相色谱-蒸发光散射法同时测定发酵乳饮料中的果糖、葡萄糖、蔗糖、麦芽糖和乳糖的含量。优化后的试验参数为水作为提取剂,乙腈作为沉淀剂,乙腈:水(75:25, V:V)作为流动相,流速为 1.0 mL/min, Waters XBridge 糖分析色谱柱 (250 mm×4.6 mm, 3.5 μm) 分离,蒸发光检测器参数为漂移管温度 65 °C, 氮气压力 30 psi。

本方法具有快速、准确、稳定性好、灵敏度高、精密程度良好的优点,测定结果的重复性及准确性较好,灵敏度高,检出限比示差折光检测法提高 10 倍以上,同时克服了示差折光检测器易受环境条件影响的缺点,可用于检测发酵乳中果糖、葡萄糖、蔗糖、麦芽糖及乳糖的含量。

参考文献

- [1] 耿越. 食品营养学[M]. 北京: 科学出版社, 2013.
Geng Y. Food nutrition [M]. Beijing: Scientific & Technical Publishers, 2013.
- [2] 王镜岩. 生物化学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2002.
Wang JY. Biological chemistry [M]. Beijing: Higher Education Press, 2002.
- [3] 蔡威. 食物营养学[M]. 上海: 上海交通大学出版社, 2006.
Cai W. Food and nutrition [M]. Shanghai: Shanghai University Press, 2006.
- [4] 樊宏, 陈强. 乳制品中乳糖直接比色测定方法探讨[J]. 中国卫生检验杂志, 2006, (3): 296-297.
Fan H, Chen Q. Direct colorimetric determination of lactose in dairy product [J]. Chin J Health Lab Technol, 2006, (3): 296-297.
- [5] 钟宁, 侯彩云. 3 种乳糖检测方法的比较[J]. 食品科技, 2011, (7): 263-265.
Zhong N, Hou CY. Comparison in three determination methods of lactose [J]. Food Sci Technol, 2011, (7): 263-265.
- [6] GB 5009.7-2016 食品安全国家标准 食品中还原糖的测定[S]
GB 5009.7-2016 National food safety standard-Determination of reducing sugar in foods [S].
- [7] GB/T 5009.8-2008 食品安全国家标准 食品中蔗糖的测定[S].
GB/T 5009.8-2008 National food safety standard-Determination of Sucrose in foods[S].
- [8] GB 5413.5-2010 食品安全国家标准 婴幼儿食品和乳品中乳糖、蔗糖的测定[S].
GB 5413.5-2010 National food safety standard-Determination of lactose and sucrose in infant food and dairy products [S].
- [9] 孙毓庆. 现代色谱法及其在药物分析中的应用[M]. 北京: 科学出版社, 2005.
Sun YQ. Modern chromatography and its application in pharmaceutical analysis [M] Beijing: Scientific & Technical Publishers, 2005.
- [10] 钟玉心, 张丽霞, 洪娜, 等. HPLC-ELSD 法同时测定食品中四种糖醇[J]. 轻工科技, 2018, (7): 13-16.
Zhong YX, Zhang LX, Hong Y, et al. Determination of four sugar alcohols in food by HPLC-ELSD [J]. Light Ind Sci Technol, 2018, (7): 13-16.
- [11] 吴芳, 罗定强, 李青, 等. 蒸发光散射检测器-高效液相色谱法测定小儿化毒胶囊中胆酸和猪去氧胆酸的含量[J]. 中国药业, 2018, (21): 35-37.
Wu F, Luo DQ, Li Q, et al. Content determination of cholic acid and hydoxycholic acid in xiao'er huadu capsules by ELSD-HPLC [J]. China Pharm, 2018, (21): 35-37.
- [12] 熊建飞, 周光明, 许丽, 等. 离子色谱法测定奶粉中的葡萄糖、蔗糖和乳糖[J]. 食品科学, 2012, (8): 176-179.
Xiong JF, Zhou GM, Xu L, et al. Determination of glucose, sucrose and lactose in milk powder by ion chromatography [J]. Food Sci, 2012, (8): 176-179.
- [13] 莫海涛, 李永库, 潘发用, 等. 高效液相色谱-激光蒸发光散射检测法测定低蔗糖食品中葡萄糖、蔗糖、麦芽糖和乳糖含量[J]. 食品工业科技, 2006, (3): 186-188.
Mo HT, Li YK, Pan FY, et al. Determination of glucose, sucrose, maltose and lactose in low sucrose foods by HPLC-ELSD [J]. Sci Technol Food Ind, 2006, (3): 186-188.
- [14] 李静芳, 张素文, 彭美纯, 等. 高效液相色谱法检测乳制品中果糖、葡萄糖、蔗糖和乳糖的含量[J]. 食品工业科技, 2011, (6): 391-393.
Li JF, Zhang SW, Peng MC, et al. Determination of fructose, glucose, sucrose and lactose in dairy products by high performance liquid chromatography [J]. Sci Technol Food Ind, 2011, (6): 391-393.

(责任编辑: 陈雨薇)

- [15] 王浩, 刘艳琴, 杨红梅, 等. 液相色谱-质谱联用技术测定无糖食品中果糖、葡萄糖、蔗糖、麦芽糖和乳糖[J]. 分析化学, 2010, (6): 873-876. Wang H, Liu YQ, Yang HM, *et al.* Determination of fructose, glucose, sucrose, maltose and lactose in sugar-free foods by LC-MS [J]. Chin J Anal Chem, 2010, (6): 873-876.
- [16] 张玉奎. 分析化学手册(第三版 六 液相色谱分析)[M]. 北京: 化学工业出版社, 2016. Zhang YK. Handbook of analytical chemistry (third edition six liquid chromatographic analysis) [M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2016.
- [17] GB/T 27404-2008 实验室质量控制规范 食品理化检测[S]. GB/T 27404-2008 Criterion on quality control of laboratories-Chemical testing of food [S].

作者简介



王婷, 硕士, 助理工程师, 主要研究方向为食品质量安全。

E-mail: 846832138@qq.com



包懿, 博士, 工程师, 主要研究方向为食品质量安全。

E-mail: baoyi81@126.com

“动物性食品质量与安全”专题征稿函

动物性食品是人们食品的重要组成部分, 这类食品含有丰富蛋白质、脂肪、碳水化合物、矿物质等。然而这类食品容易腐败变质, 且养殖环境的污染、饲料的污染也会对动物源食品安全造成危害, 从而影响消费者健康。

鉴于此, 本刊特别策划了“动物性食品质量与安全”专题, 由中国农业科学院饲料研究所李俊研究员担任专题主编, 主要围绕动物性食品及饲料中农兽药残留、违禁添加物、霉菌毒素、环境污染物的检测、加工贮藏与品质控制、营养成分分析等方面或您认为有意义的相关领域展开论述和研究, 综述及研究论文均可。

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和专题主编李俊研究员特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。本专题计划在**2019年5月**出版, 请在**2019年4月15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事之间转发一下, 再次感谢您的关怀与支持!

感谢您的参与和支持!

投稿方式:

网站: www.chinafoodj.com(备注: 投稿请登录食品安全质量检测学报主页-作者登录-注册投稿-投稿选择“专题: 动物性食品质量与安全”)

E-mail: jfoodsq@126.com

《食品安全质量检测学报》编辑部