

乳制品中肌醇含量的测定及其稳定性的研究进展

程 甲*, 曾 静, 包 明, 黄紫祎, 伊雄海, 朱 坚

(上海海关, 上海 200135)

摘 要: 肌醇是乳制品中的一种多羟基化合物, 是一种重要的母体营养物质, 具有多种生理药理活性。本综述对奶粉中肌醇的提取、净化等前处理方法、衍生化方式, 目前常用的检测方法包括微生物法, 气相色谱法, 气相色谱/质谱法, 液相色谱法, 以及液相色谱-质谱/质谱法进行了分析和比较, 并对乳制品中肌醇的稳定性进行探讨, 以为乳制品中肌醇的检测提供参考依据。

关键词: 肌醇; 奶粉; 检测方法; 稳定性

Research progress on determination of inositol content in dairy products and its stability

CHENG Jia*, ZENG Jing, BAO Ming, HUANG Zi-Yi, YIN Xiong-Hai, ZHU Jian

(Shanghai Customs, Shanghai 200135, China)

ABSTRACT: Inositol in dairy products is a polyhydroxy compound, and is an important parent nutrient with a variety of physiological pharmacological activities. This review analyzed and compared the methods of pretreatment and derivatization of inositol extraction and purification in milk powder, currently commonly used detection methods including microorganism, gas chromatography, gas chromatography/mass spectrometry, liquid chromatography and liquid chromatography-mass spectrometry/mass spectrometry and discussed the stability of inositol in dairy products, in order to provide a reference for the detection of inositol in dairy products.

KEY WORDS: inositol; milk powder; detection method; stability

1 引 言

肌醇又名环己六醇, 是一种多羟基化合物, 肌醇的分子式为 $C_6H_{12}O_6$, 以游离态、肌醇磷酸衍生物或磷脂的结合形式存在于动物和植物体内。肌醇为一种稳定的白色结晶, 能溶于水而有甜味, 耐酸、碱及热。肌醇分子结构式如图 1 所示。

肌醇广泛分布在动物和植物体内, 是动物、微生物的生长因子。自然界中存在 9 种肌醇的立体异构体, 其中最常见的是肌-肌醇^[1,2]。肌醇通过磷酸化和去磷酸化反应形

成带有不同数量磷酸基团的衍生物, 参与各种生物代谢过程^[3], 因此肌醇在整个胎儿及儿童生长发育过程中起关键的作用^[4]。

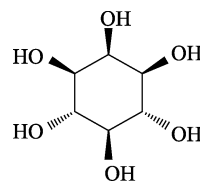


图 1 肌醇分子结构

Fig.1 Molecular structure of the inositol

基金项目: 国家重点研发计划项目(2018YFC1603603)

Fund: Supported by the National Key Research and Development Program (2018YFC1603603)

*通讯作者: 程甲, 工程师, 主要研究方向为食品检测及信息化。E-mail: chengjia@shciq.gov.cn

*Corresponding author: CHENG Jia, Engineer, Technical Center for Animal Plant and Food of Shanghai Entry-Exit Inspection & Quarantine Bureau, No.1208, Pudongxin District, Shanghai 200135, China. E-mail: chengjia@shciq.gov.cn

肌醇是一种重要的母体营养物质,属于维生素B类,具有多种生理药理活性^[5]。缺乏肌醇可引起神经管缺陷(neural tube defect, NTDs)^[6]、新生儿呼吸窘迫综合征(neonatal hyaline membrane disease, NRDS)^[7],或称为肺透明膜病、早产婴儿视网膜病变(retinopathy in premature infants, ROP)^[8]、躁狂抑郁症(bipolar depression, PBD)^[9]。因此,营养素肌醇在整个胎儿及儿童生长发育过程中起关键的作用,科学证据有力地支持了肌醇的治疗效果^[10]。新生儿和胎儿血清中肌醇水平较成人高出数倍,母乳中肌醇含量也较高,表明肌醇在人类发育早期具有重要作用^[11]。

肌醇常作为营养强化剂添加在婴幼儿配方食品中,GB 10765-2010《食品安全国家标准 婴幼儿配方食品》中规定婴幼儿配方食品中肌醇的添加量为1.0~9.5 mg/100 kJ^[12]。对于乳制品中肌醇的检测,国内外已有很多标准方法和相关文献报道。GB 5413.25-2010《食品安全国家标准 婴幼儿食品和乳品中肌醇的测定》^[13]中采用微生物法和气相色谱法对婴幼儿食品和乳品中的肌醇进行检测。除了上述方法,针对肌醇非仪器检测方法还包括重量法^[14]、高碘酸钾氧化法^[15,16]等,但是这些非仪器方法中,微生物法耗时长;重量法所需样品量大,操作繁琐;高碘酸钾氧化法需要严格控制加热氧化时间。随着检测仪器的普及,越来越多的实验室采用气相色谱仪、气相色谱/质谱仪、液相色谱仪、液相色谱-质谱/质谱仪等对乳制品中的肌醇进行检测。本文对现有检测方法涉及的仪器,及其采用的前处理和衍生化方法进行分析 and 比较,以期为乳制品中肌醇的检测提供参考依据。

2 前处理方法

肌醇易溶于水和乙酸,微溶于乙醇,现在大多采用70%的乙醇来提取奶粉中的肌醇,干燥后衍生。肌醇的极性较强,适宜采用亲水性溶剂进行提取^[17],因此奶粉常用水溶解后,采用乙醇来提取。但是乳粉基质组成较为复杂,杂峰会干扰目标化合物,从而影响检测结果的准确性。在提取后,采用固相萃取柱净化,可以减少杂质对目标化合物的干扰^[18]。在提取奶粉中的肌醇后,采用固相萃取柱净化,氰基柱(LC-CN)和弗洛里硅藻土柱(LC-Florisil)均可用于奶粉中肌醇的净化,但是LC-CN表观回收率较高,超过105%,这可能是净化不完全导致;而LC-Florisil固相萃取柱回收率基本在95%~105%范围内,因此采用LC-Florisil固相萃取柱净化效果更好。

3 衍生方法

衍生是采用气相色谱仪或者气相色谱柱/质谱仪检测乳制品中肌醇检测的重要组成步骤。肌醇结构稳定,不易气化,因此采用气相色谱仪或者气相色谱/质谱仪检测乳

制品中的肌醇时,需要通过衍生来增加其的挥发性^[19]。肌醇中常使用的衍生试剂包括六甲基二硅氮烷(hexamethyldisilazane, HMDS)^[20,21]、三甲基硅基咪唑(trimethylsilylimidazole, TMSI)^[22,23]、三甲基硅氧肟(trimethylsilyloximes, TMSO)^[24]等,这些衍生试剂均为硅烷化衍生试剂,是目前肌醇检测中较多采用的衍生试剂,硅烷化试剂的优点在于将硅烷基引入到分子中,取代活性氢。活性氢被硅烷基取代后降低了化合物的极性,减少了氢键束缚。形成的硅烷化衍生物更容易挥发。同时,由于含活性氢的反应位点数目减少,化合物的稳定性也得以加强。硅烷化化合物极性减弱,被测能力增强,热稳定性提高^[25]。但是硅烷化试剂反应条件苛刻,刺激性较强。对肌醇的衍生试剂经过比较^[26]发现,糖脎化衍生试剂以及硅烷化衍生试剂对乳制品中肌醇的衍生效果,两者均线性良好、测定灵敏度高、定量结果准确、重现性好,糖脎化衍生物比硅烷化衍生方法具有衍生物稳定、安全环保等更多优异性能,也可以作为定量检测婴幼儿配方食品中的肌醇含量的一种良好方法。

4 检测方法的比较

目前肌醇检测的国家标准中采用微生物法作为第一法进行检测。随着仪器的普及,越来越多的实验室开始采用气相色谱仪、气相色谱-质谱仪、液相色谱仪以及液相色谱-质谱/质谱仪测定肌醇,因此这里对常用的仪器方法进行了比较,并对我国乳制品中肌醇的检测方法进行了汇总(表1)。

4.1 微生物法

肌醇检测的国家标准中第一法是利用葡萄汁酵母菌(*Saccharomyces uvarum*)对肌醇的特异性和灵敏性,定量测定试样中待测物质的含量。在含有除待测物质以外所有营养成分的培养基中,微生物的生长与待测物质含量呈线性关系,根据透光率与标准工作曲线进行比较,计算出试样中待测物质的含量。该方法花费时间较长,检测前要对标准菌株进行活化,仅活化这一步就要用时10~24 h,之后对样品的接种培养则需要22~24 h,这样,一个样品的检测至少需要2 d时间。但是该方法无需大型仪器设备,前期投入费用较小。

4.2 气相色谱法

气相色谱法是目前乳制品中肌醇测定最常用的方法。常用于肌醇的检测器为氢离子火焰检测器(flame ionization detector, FID)。FID是一种高灵敏度通用型检测器,氢火焰离子化检测器对有机化合物具有很高的灵敏度,比浓度型检测器的灵敏度高出近3个数量级,检测下限可达 10^{-12} g/kg,此外FID检测器的线性范围广,价格相对较低,可用于众多化合物的检测。申书昌等^[27]采用乙酸酐衍生后,

氯仿萃取衍生产物,采用邻苯二甲酸二丁酯作为内标,测定肌醇标准品,内标法的引入减少了衍生过程给肌醇检测带来的误差。尹建洪^[28]将该方法应用于奶粉检测中,利用肌醇在酸性条件下与乙酸酐生成不溶于水而溶于三氯甲烷的六乙酰肌醇,测定奶粉中肌醇的含量,方法的定量限为 6 mg/kg。

4.3 气相色谱-质谱法

随着气相色谱-质谱仪的普及,越来越多的实验室采用气相色谱-质谱仪检测奶粉和奶制品中的肌醇。罗海英等^[29]采用硅烷化衍生处理、正己烷提取、弗罗里硅土柱净化后,以气相色谱-质谱检测和确认。胡桂林等^[30]采用气相色谱-质谱/质谱法测定乳制品中的肌醇。气相色谱-质谱/质谱法引入了质谱的定量环节,提高了检测的灵敏度。与气相色谱-质谱法相比,气相色谱-质谱/质谱法的干扰更少,方法检出限可达 0.1 mg/100 g,但是,与气相色谱-质谱仪相比,气相色谱-质谱/质谱仪的价格也更为昂贵。

4.4 液相色谱法

液相色谱法是用于分离和定量肌醇的另一种技术^[31-33]。肌醇的极性很强,在液相色谱柱上难以保留,需要选择合适的 C₁₈ 柱来保留肌醇^[34]。随着技术的发展,HILIC、Waters T3 氨基柱等色谱柱的出现^[35],越来越多的学者采用液相色谱仪来分离肌醇,因为这类色谱柱能够对强极性化合物有较好的保留。常用于肌醇分离的流动相包括乙腈、甲醇,以及与之相对应的水相^[36,37],同时为了改善峰形,增加肌醇保留性,可以在流动相中加入 0.1%甲酸、三氟乙酸以及醋酸铵^[38,39]。

对于肌醇的检测,最常用的检测器包括视差折光检测

器(parallax refracting detector, RID)^[40]、紫外检测器、二极管阵列检测器^[41]、电化学检测器^[42]、蒸发光散射检测器^[43]。肌醇在紫外区域没有吸收,如果采用紫外检测器来检测肌醇,需要衍生一个发光基团使得肌醇衍生物可以被检测并且增加其灵敏度^[44]。

唐玮娜等^[45]采用高效液相色谱法测定肌醇含量,不仅方法简单、结果准确、重现性好,且能完全排除葡萄糖、甘露醇等杂质对肌醇测定的干扰,方法的最低检出极限为 150 μg/mL。

该方法的重现性很好,并能排除葡萄糖和甘露醇对肌醇结果的干扰。缺点就是对于其他肌醇衍生物区分度不够,导致样品检测结果偏高。

4.5 液相色谱-质谱/质谱法

目前,随着检测技术的发展,越来越多的实验室将液相色谱-质谱技术应用于肌醇的检测中^[46]。Flores 等^[47]采用液相色谱-串联质谱法测定牛奶和奶粉中的肌醇,方法的检出限为 0.2 mg/kg。金梦等^[48]采用液相色谱-质谱/质谱仪测定奶粉中的肌醇。样品经水溶液提取,用三氯甲烷沉淀蛋白后,用液相色谱串联质谱仪 T3 柱分析,同位素内标法定量,结果准确,重现性好。黄金凤等^[49]采用液相色谱-质谱/质谱同时测定婴幼儿配方乳粉中的胆碱、左旋肉碱、牛磺酸与肌醇方法,采用亚铁氰化钾和乙酸锌沉淀蛋白后直接用高效液相色谱-串联三重四极杆质谱仪检测,可同时测定乳粉中的胆碱、左旋肉碱、牛磺酸与肌醇等四种常见营养强化剂,其中肌醇的检出限在 15 mg/kg。与气相色谱法相比,采用液相色谱-质谱/质谱法对乳粉中的肌醇进行分析无需衍生且方法准确、快速、重现性好^[50]。

表 1 我国乳制品中肌醇的检测方法汇总
Table 1 Summary of test methods of inositol content in dairy products

前处理方法	衍生试剂	检测仪器	检出限或定量限/(mg/kg)	参考文献
接种葡萄汁酵母菌进行培养	无	分光光度计	50	[13]
用水溶解奶粉后用无水乙醇提取	乙酸酐	气相色谱仪	5	[28]
70%的乙醇从样品中提取肌醇	三甲基氯硅烷、六甲基二硅胺烷、N,N-二甲基甲酰胺(1:2:8/V:V:V)	气相色谱-质谱仪	0.9	[50]
样品用水溶解后,三氯乙酸沉淀蛋白,无水乙醇定溶,衍生后弗洛里硅藻土柱净化	三甲基氯硅烷:六甲基二硅胺烷(1:3/V:V)	气相色谱-质谱仪	0.5	[30]
70%的乙醇从样品中提取肌醇	三甲基氯硅烷、六甲基二硅胺烷、N,N-二甲基甲酰胺(1:2:8, V: V: V)	气相色谱-质谱/质谱仪	0.1	[30]
水溶液提取,用三氯甲烷沉淀蛋白	无	液相色谱仪-质谱/质谱仪	0.1	[48]
样品经温水溶解后用亚铁氰化钾和乙酸锌沉淀蛋白,过滤后上机	无	液相色谱-质谱/质谱仪	15	[49]

5 奶粉中肌醇的稳定性

婴幼儿食品中营养物质含量的稳定对婴幼儿的成长发育起了至关重要的作用。蒋艳喜等^[51]研究发现不同阶段奶粉中肌醇的衰减率在13.4%~18.1%之间($n=8$),而周玮婧^[52]等研究了经过180 d开封存放以后奶粉中肌醇衰减率变化情况,发现奶粉中肌醇随着存放时间的延长,质量分数逐渐减少,衰减率逐渐增加。肌醇质量分数在每个温度下都有不同程度的衰减,但在低温(4 °C)环境下的衰减速率明显较高温(37 °C)环境下存放的慢,即在高温环境存放下奶粉中肌醇损失更快。大多数婴幼儿配方奶粉包装上都有明确规定,奶粉开封后需要在1个月内用完,通过肌醇质量分数的持续跟踪测定也充分说明了这一点。由于肌醇极易溶于水,所以为了避免肌醇的氧化,开封后的奶粉应存放于干燥低温环境中,以缓解奶粉中的营养物质流失。

6 结 语

肌醇在婴儿发育过程中起到至关重要的作用,在医药、食品和饲料等领域也具有重要的作用,肌醇的检测前处理方法从需要衍生发展到不需要衍生等繁琐的步骤就可以上机测定,使用的仪器也从最初的采用气相色谱仪发展到采用灵敏度和精确度更高的液相色谱-质谱/质谱仪来进行分析^[53,54]。随着高分辨质谱仪的兴起,采用高分辨质谱仪对肌醇进行定性的同时定量测定^[55],并同时检测乳制品中维生素、肌醇等多种营养强化剂的方法被广泛应用。开发快速、自动化、高通量、集成化的样品前处理方法将会是今后的主要研究方向。

参考文献

- [1] Campbell JA, Goheen SC, Donald P. Recent trends for enhancing the diversity and quality of soybean products [M]. New York: E-Publishing, 2011.
- [2] Larner JD. Chiro-inositol its functional role in insulin action and its deficit in insulin resistance [J]. *Int J Exp Diabetes Res*, 2002, (3): 47–60.
- [3] 岳慧轩, 牛勃, 王建华. 营养素肌醇与儿科发育性疾病的关系及研究进展[J]. *中华实用儿科临床杂志*, 2017, 32(16): 1278–1280.
Yue HX, Niu B, Wang JH. Relationship and research progress of the nutrition inositol and the pediatric developmental disorders [J]. *J Appl Clin Pediatr*, 2017, 32(16): 1278–1280.
- [4] Livermore TM, Azevedo C, Kolozsvari BA, et al. Phosphate, inositol and polyphosphates [J]. *Biochem Soc Trans*, 2016, 44(1): 253–259.
- [5] 石英飞, 王建华, 钟儒刚. 肌醇代谢关键基因与神经管畸形关系的研究进展[J]. *国际儿科学杂志*, 2015, 42(2): 142–145.
Shi YF, Wang JH, Zhong RG. Advances in the relationship between key genes in inositol metabolism and neural tube defects [J]. *Int J Pediatr*, 2015, 42(2): 142–145.
- [6] Cavalli P, Ronda E. Myoinositol: The bridge (PONTI) to reach a healthy pregnancy [J]. *Int J Endocrinol*, 2017, (2017): 5846286.
- [7] Rubarth LB, Quinn J. Respiratory development and respiratory distress syndrome [J]. *Neonatal Netw*, 2015, 34(4): 231–238.
- [8] Hellström A, Smith LE, Dammann O. Retinopathy of prematurity [J]. *Lancet*, 2013, 382(992): 1445–1457.
- [9] Peters AT, Henry DB, West AE. Caregiver characteristics and symptoms of pediatric bipolar disorder [J]. *J Child Fam Stud*, 2015, 24(5): 1469–1480.
- [10] Noventa M, Vitagliano A, Quaranta M, et al. Preventive and therapeutic role of dietary inositol supplementation in periconceptional period and during pregnancy: a summary of evidences and future applications [J]. *Reprod Sci*, 2016, 23(3): 278–288.
- [11] Schimpf KJ, Meek CC, Leff RD, et al. Quantification of myo-inositol, l,5-anhydro-D-sorbitol, and D-chiro-inositol using high-performance liquid chromatography with electrochemical detection in very small volume clinical samples [J]. *Biomed Chromatogr*, 2015, 29(11): 1629–1636.
- [12] GB 10765-2010 食品安全国家标准婴儿配方食品[S].
GB 10765-2010 National food safety standard-Infant formula food [S].
- [13] GB 5009.270-2016 食品安全国家标准食品中肌醇的测定[S].
GB 5009.270-2016 National food safety standard-Determination of inositol in food [S].
- [14] 刘福岭, 戴行钧. 食品物理与化学分析方法[M]. 北京: 轻工业出版社, 1987.
Liu FL, Dai XJ. Methods of food physical and chemical analysis [M]. Beijing: Light Industry Press, 1987.
- [15] 张楚富, 林清华, 梁会. 高碘酸钠氧化法测定肌醇含量[J]. *武汉大学学报*, 1996, 2(42): 255–257.
Zhang CF, Lin QH, Liang H. Oxidative determination of inositol with sodium periodate [J]. *J Wuhan Univ*, 1996, 2(42): 255–257.
- [16] 迟云超, 张相育, 于桂云. 高碘酸氧化法测肌醇和甘油含量[J]. *哈尔滨科学技术大学学报*, 1994, 18(2): 94–97.
Chi YC, Zhang XY, Yu GY. Quantitative determination of inositol and glycerol in the water sample by periodate oxidation [J]. *J Harbin Univ Sci Technol*, 1994, 18(2): 94–97.
- [17] Baumgartner S, Genner-Ritzmann R, Haas J, et al. Isolation and identification of cyclitols in Carob pods (*Ceratonia siliqua* L.) [J]. *Agric Food Chem*, 1986, (34): 827–829.
- [18] 曾静, 时逸吟, 张孝刚, 等. 固相萃取-气相色谱法测定婴幼儿配方奶粉中肌醇含量[J]. *检验检疫学刊*, 2014, 24(2): 34–40–43.
Zeng J, Shi YY, Zhang XG, et al. Determination of inositol in infant formula by solid phase extraction and gas chromatography [J]. *J Inspect Quar*, 2014, 24(2): 34–40–43.
- [19] Hossam AS, Magdalena L, Ileana-Andreea R. A window on cyclitols: Characterization and analytics of inositols [J]. *Phytochem Lett*, 2017, (20): 507–519.
- [20] Campbell BC, Binder RG. Alfalfa cyclitols in the honeydew of an aphid [J]. *Phytochem*, 1984, 23(8): 1786–1787.
- [21] Kallio H, Lassila M, Järvenpää E, et al. Inositols and methylinositols in sea buckthorn (*Hippophaë rhamnoides*) berries [J]. *J Chromatogr B*, 2009, (877): 1426–1432.

- [22] McDonald IVLW, Goheen SC, Donald PA, *et al.* Identification and quantification of various inositols and O-methylinotistols present in plant roots related to soybean cyst nematode host status [J]. *Nematropica*, 2012, 42(1): 1–8.
- [23] Sanz ML, Martínez-Castro I, Moreno-Arribas MV. Identification of the origin of commercial enological tannins by the analysis of monosaccharides and polyalcohols [J]. *Food Chem*, 2008, (111): 778–783.
- [24] Rodríguez-Sa'nchez S, Ruiz-Matute AI, Alanón ME, *et al.* Analysis of cyclitols in different *Quercus* species by gas chromatography-mass spectrometry [J]. *Sci Food Agric*, 2010, (90): 1735–1738.
- [25] Gehrke CW, Patel AB. Gas-liquid chromatography of nucleosides: Effect of silylating reagents and solvents [J]. *J Chromatogr A*, 1977, 130(11): 103–114.
- [26] 廖燕芝, 黄辉, 梁锋. 气相色谱法测定婴幼儿配方食品中肌醇的衍生方法的比较[J]. *食品安全质量检测学报*, 2018, 9(17): 4639–4644.
- Liao YZ, Huang H, Liang F. Comparison of derivative methods for inositol in infant formula foods by gas chromatography [J]. *J Food Saf Qual*, 2018, 9(17): 4639–4644.
- [27] 申书昌, 张晓慧. 气相色谱法测定肌醇[J]. *色谱*, 2000, 18(3): 265–266.
- Shen SC, Zhang XH. Determination of inositol by chromatography [J]. *Chin J Chromatogr*, 2000, 18(3): 265–266.
- [28] 尹建洪. 气相色谱法测定奶粉中肌醇含量的研究[J]. *广东化工*, 2015, 42(16): 215–216.
- Yin JH. Gas chromatographic determination of myo-inositol in milk powder [J]. *Guangdong Chem Ind*, 2015, 42(16): 215–216.
- [29] 罗海英, 洗燕萍, 郭新东, 等. 奶粉中肌醇的气相色谱-质谱法测定[J]. *食品科学*, 2010, 31(2): 117–119.
- Luo HY, Xian YP, Guo XD, *et al.* GC-MS determination of inositol in milk powder [J]. *Food Sci*, 2010, 31(2): 117–119.
- [30] 胡桂林, 张雪峰, 崔涛, 等. 气相色谱-质谱/质谱法测定牛奶和奶粉中的肌醇[J]. *中国乳品工业*, 2011, (8): 47–49, 64.
- Hu GL, Zhang XF, Cui T, *et al.* Application of GC-MS/MS to test the myo-inositol in milk and powdered milk [J]. *China Dair Ind*, 2011, (8): 47–49, 64.
- [31] Abe F, Yamauchi T, Honda K, *et al.* Cyclitols and their glycosides from leaves of *Marsdenia tomentosa* [J]. *Phytochemistry*, 1998, 47(7): 1297–1301.
- [32] Abreu P, Relva A. Carbohydrates from *Detarium microcarpum* bark extract [J]. *Carbohydr Res*, 2002, (337): 1663–1666.
- [33] Chauhan PS, Gupta KK, Bani S. The immunosuppressive effects of *Agyrolobium roseum* and pinitol in experimental animals [J]. *Int Immunopharmacol*, 2011, (11): 286–291.
- [34] Vidhate M, Ranade A, Vidhate B, *et al.* Isolation, characterization and quantification of extracted D-pinitol from *Bougainvillea Spectabilis* stem bark [J]. *World J Pharm Res*, 2015, 4(7): 1669–1683.
- [35] 蒲江华, 赵峡, 韩文伟, 等. 亲水作用色谱在糖类化合物分析中的应用[J]. *分析测试学报*, 2017, 36(1): 145–150.
- Pu JH, Zhao X, Han WW, *et al.* Application of hydrophilic interaction chromatography in analysis of carbohydrates [J]. *J Anal Test*, 2017, 36(1): 145–150.
- [36] Rebecca OPS, Boyce AN, Somasundram C. Isolation and identification of myo-inositol crystals from dragon fruit (*Hylocereus polyrhizus*) [J]. *Molecules*, 2012, (17): 4583–4594.
- [37] Yang N, Ren G. Determination of D-chiro-inositol in Tartary buckwheat using high-performance liquid chromatography with an evaporative light-scattering detector [J]. *Agric Food Chem*, 2008, (56): 757–760.
- [38] Duliński R, Starzyńska-Janiszewska A, Stodolak B, *et al.* Comparison of high-performance ion chromatography technique with microbiological assay of myo-inositol in plant components of poultry feeds [J]. *Anim Feed Sci*, 2011, (20): 143–156.
- [39] Pazourek J. Fast separation and determination of free myo-inositol by hydrophilic liquid chromatography [J]. *Carbohydr Res*, 2014, (391): 55–60.
- [40] Chauhan PS, Gupta KK, Bani S. The immunosuppressive effects of *Agyrolobium roseum* and pinitol in experimental animals [J]. *Int Immunopharmacol*, 2011, (11): 286–291.
- [41] Pereira ABD, Verissimo TM, De-Oliveira MA, *et al.* Development and validation of an HPLC-DAD method for quantification of bornesitol in extracts from *Hancornia speciosa* leaves after derivatization with p-toluenesulfonylchloride [J]. *J Chromatogr B*, 2012, (887–888): 133–137.
- [42] Liu X, Grieve C. Accumulation of chiro-inositol and other non-structural carbohydrates in *Limonium* species in response to saline irrigation waters [J]. *Am Soc Hort Sci*, 2009, 134(3): 329–336.
- [43] Sharma N, Verma MK, Gupta DK, *et al.* Isolation and quantification of pinitol in *Argyrobium roseum* plant by HNMR [J]. *Saud Chem Soc*, 2016, (20): 81–87.
- [44] Dreyer DL, Binder RG, Chan BG, *et al.* Pinitol, a larval growth inhibitor for *Heliothis zea* in soybeans [J]. *Experientia*, 1979, 35(9): 1182–1183.
- [45] 唐玮娜, 吴慧. 高效液相色谱法测肌醇含量[J]. *中国饲料*, 2008, (23): 42–43.
- Tang WN, Wu H. Determination of inositol content by high performance liquid chromatography [J]. *China Feed*, 2008, (23): 42–43.
- [46] Abdel-Hameed ES, El-Nahas HA, El-Wakil EA, *et al.* Cytotoxic cholestane and pregnane glycosides from *Tribulus macropterus* [J]. *Z Nat Forsch*, 2007, (62c): 319–325.
- [47] Flores MIA, Moreno JLF, Frenich AG. Fast determination of myo-inositol in milk powder by ultra high performance liquid chromatography coupled to tandem mass spectrometry [J]. *Food Chem*, 2011, 129(3): 1281–1286.
- [48] 金梦, 谢守新, 林海丹, 等. 婴幼儿配方奶粉中肌醇的液相色谱串联质谱法测定[J]. *中国乳品工业*, 2014, 42(12): 34–36.
- Jin M, Xie SX, Lin HD, *et al.* Determination of inositol in infant milk powder by liquid chromatography tandem mass spectrometry [J]. *China Dair Ind*, 2014, 42(12): 34–36.
- [49] 黄金凤, 寻知庆, 汪晨霞, 等. HPLC-MS/MS法测定婴幼儿配方乳粉中胆碱、左旋肉碱、牛磺酸与肌醇[J]. *分析测试学报*, 2018, 37(6): 702–707.
- Huang JF, Xun ZQ, Wang CX, *et al.* Simultaneous determination of choline, L-carnitine, taurine and inositol in infant formula milk powder by HPLC-MS/MS [J]. *J Anal Test*, 2018, 37(6): 702–707.
- [50] 姜瑞清, 李梅, 常建军, 等. 气相色谱质谱联用法检测牛奶及奶粉中肌醇[J]. *食品工业科技*, 2010, 31(10): 375–376, 379.

- Jiang RQ, Li M, Chang JJ, *et al.* Application of hydrophilic interaction chromatography in analysis of carbohydrates [J]. Food Ind Technol, 2010, 31(10): 375–376, 379.
- [51] 姜艳喜, 华家才, 张建友, 等. 婴幼儿配方奶粉货架期内营养成分变化规律[J]. 中国乳品工业, 2018, 46(2): 29–32.
- Jiang YX, Hua JC, Zhang JY, *et al.* Study on the change of infant formula milk powder nutrients during shelf-life [J]. China Dair Ind, 2018, 46(2): 29–32.
- [52] 周玮婧, 何平, 王澍, 等. 婴幼儿配方奶粉中肌醇的测定及稳定性研究[J]. 中国乳品工业, 2018, 46(1): 48–51.
- Zhou WJ, He P, Wang S, *et al.* Determination and stability research of myo-inositol in infant milk powder [J]. China Dair Ind, 2018, 46(1): 48–51.
- [53] Jawla S, Kumar Y, Khan MSY. Isolation of antidiabetic principle from *Bougainvillea spectabilis* Willd (Nyctaginaceae) stem bark trop [J]. Pharm Res, 2013, 12(5): 761–765.
- [54] 王喜贵, 樊海燕. 肌醇含量的红外光谱测定[C]. 第十届全国有机分析研讨会论文集(上册), 1998.
- Wang XG, Fan HY. Determination of inositol content by infrared spectroscopy [C]. Tenth National Symposium on Organic Analysis (Volume one), 1998.
- [55] Conde A, Regalado A, Rodrigues D, *et al.* Polyols in grape berry: Transport and metabolic adjustments as a physiological strategy for water-deficit stress tolerance in grapevine [J]. Exp Bot, 2015, 66(3): 889–906.

(责任编辑: 陈雨薇)

作者简介



程 甲, 工程师, 主要研究方向为食品检测及信息化。
E-mail: chengjia@shciq.gov.cn

“食品风味物质研究”专题征稿函

食品不仅是维持人体生命活动所必需的各种营养物质和能量的最主要来源, 而且以其色、香、味、质地及口感给人们以愉悦的感官享受。随着食品工业和食品科学技术的不断发展, 民众对食品品质和卫生要求也越来越高。

鉴于此, 本刊特别策划了“食品风味物质研究”专题, 本专题将围绕食品风味物质的分析与鉴定、风味物质的形成、典型食品风味、食品风味质量控制、风味物质感官分析研究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 6 月出版。

鉴于您在该领域的成就, 学报主编吴永宁研究员及专题主编上海交通大学刘源教授特别邀请您为本专题撰写稿件, 以期进一步提升该专题的学术质量和影响力。综述及研究论文均可, 请在 2019 年 5 月 10 日前通过网站或 E-mail 投稿。我们将快速处理并优先发表。

同时, 希望您能够推荐该领域的相关专家并提供电话和 E-mail。

感谢您的参与和支持!

投稿方式:

网站: www.chinafoodj.com(注明专题文章)

E-mail: jfoodsqa@126.com(注明专题文章)

《食品安全质量检测学报》编辑部