

食品中肌醇的检测方法研究进展

房子舒, 黄传峰*

(中国食品药品检定研究院, 北京 100050)

摘要: 随着人民生活水平的不断提高, 人们不仅重视食品的安全性, 也越来越关注食品的营养价值。肌醇作为一种营养强化剂, 被应用于各种食品中, 尤其是婴幼儿配方乳粉、功能饮料和保健食品等。现有的肌醇检测方法都有各自的应用局限性。本文综述了几种肌醇检测方法的原理、应用现状以及不同检测方法的优缺点, 并对其检测方法的发展提出了展望, 以期开发出适用范围更广、灵敏度更高的肌醇检测方法提供参考依据。

关键词: 肌醇; 检测; 应用现状

Review of the detection methods for inositol in food

FANG Zi-Shu, HUANG Chuan-Feng*

(National Institutes for Food and Drug Control, Beijing 100050, China)

ABSTRACT: With the continuous improvement of people's living standards, people not only pay attention to the safety of food, but also pay more and more attention to the nutritional value of food. Inositol is used as a nutritional supplement in a variety of foods, especially infant formula, functional drinks and health foods. Existing inositol detection methods have their own application limitations. This article reviewed the principles, application status, advantages and disadvantages of several inositol detection methods, and prospected for the development of the detection methods, in order to provide a reference for the development of a wider range of applications and higher sensitivity of inositol detection methods.

KEY WORDS: inositol; detection; application status

1 引言

肌醇广泛存在于各种天然动植物及微生物组织中, 因最初是由肌肉组织中提取, 故取名肌醇^[1]。肌醇即环己六醇, 是饱和环状多元醇, 易溶于水, 微溶于乙醇, 不溶于乙醚、氯仿。自然界中, 肌醇有 9 种同分异构体, 中肌醇是最常见异构体, D-手性肌醇在自然界中比较少见。肌醇具有多羟基化合物所具有的一般性质, 并且肌醇的环状结构能够抵抗很多种化学试剂的作用, 因此它的化学性质相对稳定^[2]。

肌醇在细胞形态发生、细胞生成、脂质合成、细胞膜结构形成、细胞生长等生命过程中参与体内的新陈代谢活

动^[3], 具有类似维生素 B₁ 和维生素 H 的作用。它能促进脂肪代谢, 防止肝脏脂肪积累, 具有免疫、预防和治疗某些疾病等多种作用^[4,5]。肌醇作为食品营养强化剂, 多应用于保健食品、功能饮料及婴幼儿配方食品^[6]。在发酵和食品工业中, 可用于多种菌种的培养和促进酵母的增长等^[7,8]。

目前, 肌醇的检测主要涉及到保健食品、婴儿配方乳粉和食品、功能饮料和运动饮料等^[9]; 检测方法主要有化学法^[10]、微生物法^[11]、光谱法^[12]、色谱法^[13](包括气相色谱法、气相色谱质谱法、离子色谱法和液相色谱)等。现有的肌醇检测方法有各自的应用局限性。本文主要对现有的肌醇检测方法进行综述, 并对可开发的检测方法进行了展望, 以期开发出适用范围更广、灵敏度更高的肌醇检测

*通讯作者: 黄传峰, 博士, 副研究员, 主要研究方向为食品安全和化学污染分析。E-mail: chuanfenghh@gmail.com

*Corresponding author: HUANG Chuan-Feng, Ph.D, Associate Professor, Institutes for Food and Drug Control, No.2, Tiantanxili, Dongcheng District, Beijing 100050, China. E-mail: chuanfenghh@gmail.com

方法提供参考依据,便于今后更好地开展检测方法的研究和应用。

2 检测方法

2.1 化学法

肌醇是环状饱和多元醇,含有大量的羟基,可以形成邻二醇类结构,化学法主要利用了重铬酸钾^[14]、高碘酸^[10]或者高碘酸钠^[15]等与邻二醇类的氧化还原反应对肌醇进行检测。胡园园等^[15]用高碘酸钠法对苦荞中肌醇和D-手性肌醇的含量进行了测定,发现此法适用于肌醇原料或者含量较大样品的检测,但由于化学法无法去除糖类物质等多元醇物质的干扰,需要较为复杂的前处理步骤,耗时太多,对糖类含量较高的样品适用性差,不适合微量检测。

2.2 微生物法

GB 5009.270-2016《食品安全国家标准 食品中肌醇的测定》^[11]中的第一法是微生物测定方法,此法利用葡萄糖酵母菌对肌醇的特异性和灵敏性,定量测定食品中的肌醇含量。本法将样品中肌醇提取灭菌并调节pH值后加入培养基中,接种葡萄糖酵母菌后进行检测^[16,17]。Gregory^[18]认为该法虽然步骤繁琐、检测周期长、易受外部因素干扰,但优点是适用的食品范围广。刘冬虹等^[19]对微生物法测定肌醇进行了优化,实验过程使用1.2 mL聚丙烯小管替代了传统的试管进行标准曲线溶液及样品溶液的培养和测定,避免了大量玻璃器皿的使用,同时显著降低了外部干扰。

2.3 气相色谱法和气相色谱质谱法

GB 5009.270-2016^[11]中第二法和GB/T 5009.196-2003保健食品中肌醇的测定^[20]均是气相色谱法。该法在测定肌醇时,需经过乙醇提取、旋蒸和复溶后,采用硅烷化试剂将肌醇饱和多元醇中的醇羟基衍生化处理后进行检测^[11]。该方法中固体或粉末样品的检出限为1.0 mg/100 g,定量限为3.0 mg/100 g。液体样品检出限为0.2 mg/100 g,定量限为0.5 mg/100 g。目前婴儿配方乳粉和功能饮料中肌醇的测定多采用此类方法^[21,22],蔡秋杏等^[23]对牛奶及奶粉中肌醇的测定以及李东飞等^[24]对功能饮料中肌醇的测定中均采用国标法的硅烷化试剂进行衍生处理。而尹建洪^[25]则采用乙酸酐稀硫酸溶液作为衍生试剂,其原理为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,此方法虽然降低了硅烷化试剂的成本,但衍生温度为140℃,温度较高,存在一定危险。1988年,Maija等^[26]曾采用气相色谱法对脑中磷酸肌醇含量进行测定,该方法的平均回收率为(98±5.2)%,且可以快速检测脑中磷酸肌醇的局部水平,但由于检测技术的发展和革新,现在已经很少使用。

除用氢火焰离子检测器检测外,还可以用气相色谱-质谱联用法(gas chromatography-mass spectrometry, GC-MS)进行检测^[27,28]。招启文等^[29]用气相色谱质谱法测定了固体饮料中的肌醇含量,安彦新等^[3]用此法进行人血浆中肌醇的微量检测(样本量<100 μL),该法对GC-MS检测方法进行了优化和改进,具备快速、样品耗量少的特点。胡桂林等^[30]还尝试用气相色谱-质谱/质谱法(gas chromatography tandem mass spectrometry, GC-MS/MS)进行试验,该法检出限较低为0.1 mg/100 g。

气相色谱法和气相色谱质谱法较化学法的灵敏度高,但样品前处理过程中的旋蒸、硅烷化等操作较为繁琐耗时,不利于批量样品的检测;另外由于衍生存在衍生效率问题,本方法的标准曲线也需要按照样品衍生的过程进行衍生化处理,费时且不易操作。

2.4 离子色谱法

离子色谱法利用了肌醇的多元醇性质,经离子交换柱分离,并用脉冲安培检测进行检测^[31]。Tagliaferri等^[32]用3 mol/L氢氧化钾碱解和酶法脱磷两步法水解提取总肌醇,采用离子交换柱MA1(Dionex)测定婴儿配方奶粉中肌醇的含量,该分析方法平均回收率达到了94%。王波等^[33]采用不同分离性质的色谱柱Metrosep Carb 1和Metrosep A SUPP 5进行双柱串联,分离乳粉样品中的肌醇。本法中样品经过亚铁氰化钾-乙酸锌沉淀后,有效地去除了杂质的影响。此方法的线性范围为1.0~100.0 mg/kg,检出限为0.5 mg/kg。虽然离子色谱法灵敏度较气相色谱法和气相色谱质谱法略低,但样品无需经过衍生,操作相对简单,适合批量样品检测。

2.5 液相色谱法

由于肌醇紫外吸收弱,采用液相色谱法测定肌醇含量时,一般采用示差折光检测器进行检测^[28],省去了气相色谱法中衍生化的过程^[34]。同时,利用酰胺色谱柱后,还可测定手性肌醇的含量^[15]。但示差折光检测器对温度和流量的变化较为敏感,实验中应尽可能保持恒温并控制流量稳定^[35]。部分学者采用高效液相色谱-蒸发散射光法^[36,37]测定肌醇的含量,该方法线性关系良好,简便可靠,可用于苦荞中肌醇含量的质量控制。液相色谱相关方法的优点在于能简单、快速地分析肌醇,但无论是示差折光检测器还是蒸发散射光检测器,该法的灵敏度较低,并且检测器类型不太常见,应用受到一定限制。

2.6 液相色谱质谱法

液相色谱质谱法的检测器特异性好,可以准确定性,尤其是串联四极杆质谱在多反应监测的条件下灵敏度更高,同时,液相色谱质谱法检测肌醇的样品前处理过程无需进行衍生化,并且液相色谱质谱法目前较为普及,适合于方法的推广^[38,39]。但文献检索到液相色谱质谱法测定肌醇的

文献较少,且主要集中在外文文献,例如 Perello 等^[40,41]用液相色谱质谱法测定生物样品中的肌醇, Jin-Ho 等^[42]用液质方法测定乳粉中的肌醇等,该方法测定限为 0.05 mg/L,定量限为 0.17 mg/L,方法检出限为 17 mg/kg,回收率为 98.07%~98.43%,相对标准偏差为 1.93%~2.74%,准确度和精密度都较好。因此,液相色谱质谱法研究所用的仪器分析条件和制备方法是有效的,可以作为分析方法开发,并在许多实验室中实施,以节省时间和劳动。

2.7 毛细管电泳法

毛细管电泳又称高效毛细管电泳(high performance capillary electrophoresis, HPCE),是一类以毛细管为分离通道,以高压直流电场为驱动力的液相分离分析技术^[43,44]。侯建霞等^[45]利用毛细管电泳-电化学检测法分离测定荞麦中的手性肌醇和肌醇,此方法可以有效分离肌醇和手性肌醇,线性范围在 1.0~100 mg/L,检出限分别为 0.53 mg/L 和 0.73 mg/L。除此之外,也有学者采用毛细管电泳-间接紫外检测法,该法由于不是电化学柱端直接检测而是间接检测,灵敏度较低^[46]。毛细管电泳法具有无需衍生、分离效率高、快速、样品用量少等优点,但仪器普及率不高,不便于推广。

2.8 其他方法

肌醇的测定方法除了上述常见方法外,还有学者尝试了其它的方法。范子剑等^[47]采用紫外分光光度法测定南瓜肌醇,通过优化溶剂提取方法增加了方法的准确性,紫外分光光度法属于光谱法,此法的专属性较低,适合肌醇原料或者含量较大的样品检测,不适合进行微量检测^[48]。另外,生物样品中肌醇的测定还会用到基于烟酰胺腺嘌呤二核苷酸循环原理的酶法进行定量分析^[49],酶法具有便捷、灵敏度高的特点,但是酶法检测肌醇需要使用细菌培养物。另外,受生物样本中的洗涤剂、盐类和其他化合物干扰,酶法的检测过程较为复杂。

3 结论

肌醇检测涉及的方法较多,不同方法适用的范围不同。其中,化学法和光谱法,试剂仪器成本低、操作简易,但灵敏度低,适用于肌醇原料或者含量较大样品的检测而不适合微量检测;液相色谱-示差折光检测器、液相色谱-蒸发光散射检测器技术检出限较低,适合在肌醇含量不高的粗加工大宗农产品中使用,比如荞麦、玉米皮等;一些新兴的检测技术,如毛细管电泳-电化学检测、毛细管电泳-间接紫外检测技术和酶法等,还都不太成熟;而现行国标方法中的微生物法适用基质广但检测时间较长,不能满足快速检测的需求;气相色谱法灵敏度高,但衍生过程较为繁琐,在测定婴幼儿乳粉、奶制品、功能饮料等样品时费时不易操作。

离子色谱和液相色谱质谱法由于无需进行衍生化,从而降低了操作的繁琐程度,尤其是液相色谱质谱法的灵敏度高,适用于多种基质中肌醇的检测。因此,研究液相色谱质谱用于检测不同食品基质中的肌醇的检测方法很有意义^[50],尤其是功能饮料中肌醇的液相色谱质谱测定方法;同时,液相色谱质谱法检测不同食品基质中的肌醇也必将成为将来肌醇检测的优选方法。

参考文献

- [1] Karen J, Schimpf A, Claudia C, *et al.* Quantification of myo-inositol, 1,5-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): 1629-1636.
- [2] 董硕. 肌醇、D-手性肌醇对酒精性脂肪肝大鼠的作用及其机理[D]. 天津: 天津科技大学, 2015.
Dong S. Effects and mechanisms of inositol and D-chiral inositol on alcoholic fatty liver in rats [D]. Tianjin: Tianjin University of Science and Technology, 2015.
- [3] 安彦新, 郭金, 王秀伟, 等. 人血浆肌醇气相色谱质谱联用检测方法的优化及应用[J]. *中国优生与遗传杂志*, 2017, 25(10): 28-31, 83.
An YX, Guo J, Wang XW, *et al.* Optimization and application of gas chromatography-mass spectrometry for the determination of inositol in human plasma [J]. *Chin J Eugen Gen*, 2017, 25(10): 28-31, 83.
- [4] Bennett M, Onnebo SM, Azevedo C, *et al.* Inositol pyrophosphates: metabolism and signaling [J]. *Cellul Mol Lif Sci*, 2006, 63(5): 552-564.
- [5] Chakraborty A, Kim S, Snyder SH. Inositol pyrophosphates as mammalian cell signals [J]. *Sci Sign*, 2011, 23(4): 188.
- [6] York JD, Guo S, Odom A, *et al.* An expanded view of inositol signaling [J]. *Adv Enzym Egul*, 2001, (1): 57-71.
- [7] 孙灵霞, 陈锦屏. 肌醇生产、应用研究及前景展望[J]. *粮食与油脂*, 2004, (11): 6-8.
Sun LX, Chen JP. The production, application and prospect of inositol [J]. *Cereal Oil*, 2004, (11): 6-8.
- [8] 张芹, 王芳, 陈雅蕾, 等. 肌醇生产及应用研究进展[J]. *中国稻米*, 2012, 18(3): 19-21.
Zhang Q, Wang F, Chen YL, *et al.* Research progress in inositol production and application [J]. *Chin Ric*, 2012, 18(3): 19-21.
- [9] 乔善磊, 姜涛, 张晓玲, 等. 气相色谱法及气相色谱-质谱法测定保健饮料中的肌醇[J]. *中国卫生检验杂志*, 2009, 19(9): 2020-2022.
Qiao SL, Jiang T, Zhang XL, *et al.* Determination of inositol in functional beverage by GC-MS and GC-FID [J]. *Chin J Health Lab Technol*, 2009, 19(9): 2020-2022.
- [10] Anab B, Rosa MJ, Rosam A. Simultaneous determination of five 1,4-dihydropyridine sinpharmaceutical for mutations by high-performance liquid chromatography ampere metric detection [J]. *J Chromatogr A*, 2004, 1031(1-2): 275-280.
- [11] 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 standard for food safety-Determination of inositol in foods [S].
- [12] 李志洲, 刘军海. 微波法从玉米中提取肌醇的条件研究[J]. *中国饲料*, 2009, (12): 40-41.
Li ZZ, Liu JH. Conditions for extracting inositol from corn by microwave

- method [J]. *J Feed China*, 2009, (12): 40–41.
- [13] Linda D, Butler T, Wesley AJ, *et al.* Determination of myo-inositol in infant, pediatric, and adult formulas by liquid chromatography-pulsed amperometric detection with column switching [J]. *J AOAC Intern*, 2015, 98(6): 1666–1678.
- [14] 雷得漾, 伍先云. 化工小商品生产法(第十一集)[M]. 长沙: 湖南科学技术出版社, 1991.
Lei DY, Wu XY. Chemical commodity production method (episode 11) [M]. Changsha: Hunan Science and Technology Publishing House, 1991.
- [15] 胡园园, 易若琨, 王仲明, 等. 苦荞中 D-手性肌醇的纯化及其抗氧化活性研究[J]. *食品工业科技*, 2017, (14): 82–86.
Hu YY, Yi RJ, Wang ZM, *et al.* Purification and antioxidant activity of D-chiral inositol from tartary buckwheat [J]. *Food Ind Sci Technol*, 2017, (14): 82–86.
- [16] 周敏, 陈亚波, 杨彤. 微生物法测定维生素功能饮料中的肌醇含量[J]. *安徽农业科学*, 2014, 42(7): 2123–2125.
Zhou M, Chen YB, Yang T. Determination of inositol in vitamin function drinks by microbiological method [J]. *J Anhui Agric Sci*, 2014, 42(7): 2123–2125.
- [17] 范迪, 张梦悦, 杨燕, 等. 微生物法测定食品中的肌醇含量[J]. *食品安全质量检测学报*, 2018, 9(13): 3474–3478.
Fan D, Zhang MY, Yang Y. Determination of inositol in food by microbiological method [J]. *J Food Saf Qual*, 2018, 9(13): 3474–3478.
- [18] Gregory E. The microbiological assay of vitamin B₁₂ in the milk of different animal species [J]. *British J Nutr*, 1954, 8(4): 340–347.
- [19] 刘冬虹, 吴环, 聂炎炎, 等. 优化微生物法快速测定婴幼儿配方乳粉中 4 种水溶性维生素[J]. *华南预防医学*, 2014, 12(40): 594–597.
Liu DH, Wu H, Nie YY, *et al.* Optimization microbiological method for rapid determination of 4 kinds of water-soluble vitamin in infant formula milk powder [J]. *South China Prev Med*, 2014, 12(40): 594–597.
- [20] GB/T 5009.196-2003 保健食品中肌醇的测定[S].
GB 5009.196-2003 Determination of inositol in health food [S].
- [21] 赵凯, 孙岚, 李玮, 等. 气相色谱质谱法测定功能性饮料中的肌醇[J]. *分析实验室*, 2009, 28(S1): 122–124.
Zhao K, Sun L, Li W, *et al.* Determination of inositol in functional beverages by gas chromatography [J]. *Chin J Anal Lab*, 2009, 28(S1): 122–124.
- [22] Ruiz MAIA, Montilla MDC. A GC method for simultaneous analysis of bornesitol, other polyalcohols and sugars in coffee and its substitutes [J]. *J Separ Sci*, 2007, 30(4): 557–562.
- [23] 蔡秋杏, 戴梓茹, 张晨晓, 等. 检测牛奶及奶粉中肌醇的气相色谱法研究[J]. *钦州学院学报*, 2011, 26(6): 44–46.
Cai QX, Dai ZR, Zhang CX, *et al.* Study on the determination of inositol in milk and milk powder by gas chromatography [J]. *J Qinzhou Univ*, 2011, 26(6): 44–46.
- [24] 李东飞, 于翠霞. 功能饮料中肌醇含量的测定方法[J]. *临床医药文献杂志*, 2017, 4(50): 9876–9880.
Li DF, Yu CX. Determination of inositol in functional beverages [J]. *J Clin Med*, 2017, 4(50): 9876–9880.
- [25] 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, 16(42): 215–216.
Yin JH. Determination of inositol in milk powder by gas chromatography [J]. *Guangdong Chem Ind*, 2015, 16(42): 215–216.
- [26] Maija RH, Heikki L, Kai S, *et al.* A gas chromatographic method for the determination of inositol monophosphates in rat brain [J]. *Neurochem Res*, 1988, 13(10): 957–962.
- [27] Jin G, Shi YF, Xu CB, *et al.* Data on the optimization of a GC-MS procedure for the determination of total plasmamyoinositol [J]. *Data Brief*, 2016, (8): 1040–1043.
- [28] Sun SH, Wang H, Xie JP, *et al.* Simultaneous determination of rhamnose, xylitol, arabinol, fructose, glucose, inositol, sucrose, maltose in jujube (*Zizyphus jujube* Mill.) extract: comparison of HPLC-ELSD, LC-ESI-MS/MS and GC-MS [J]. *Chem Centr J*, 2016, (10): 25.
- [29] 招启文, 张可冬, 陈晓, 等. 气相色谱-质谱联用测定固体运动饮料中肌醇的含量[J]. *食品工业*, 2017, 38(7): 286–288.
Zhao QW, Zhang KD, Chen X, *et al.* Determination of inositol in solid sports drinks by GC-MS [J]. *Food Ind*, 2017, 38(7): 286–288.
- [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, 39(8): 47–49, 61.
Hu GL, Zhang XF, Cui T, *et al.* Determination of inositol in milk and milk powder by GC-MS/MS [J]. *China Dairy Ind*, 2011, 39(8): 47–49, 61.
- [31] Ellingson D, Pritchard T, Foy P, *et al.* Determination of free and total myo-inositol in infant formula and adult/pediatric nutritional formula by high-performance anion exchange chromatography with pulsed amperometric detection, including a novel total extraction using microwave-assisted acid hydrolysis and enzymatic treatment: first action [J]. *J AOAC Intern*, 2013, 96(5): 1068–1072.
- [32] Tagliaferri EG, Bonetti G, Blake CJ, *et al.* Ion chromatographic determination of inositol in infant formulae and clinical products for enteral feeding [J]. *J Chromatogr A*, 2000, 879(2): 129–135.
- [33] 王波, 刘阿静, 王彦淳, 等. 在线液相-双柱串联离子色谱法直接检测婴幼儿乳粉中的肌醇[J]. *分析实验室*, 2015, 34(2): 212–215.
Wang B, Liu AJ, Wang YC, *et al.* Direct determination of inositol in infant milk powder by on-line dialysis double column series ion [J]. *Chin J Anal Lab*, 2015, 34(2): 212–215.
- [34] Chen QC, Betty WL. Separation of phytic acid and other related inositol phosphates by high-performance ion chromatography and its applications [J]. *J Chromatogr A*, 2003, 101(8): 41–52.
- [35] 戴传波, 李建桥, 李健秀, 等. 示差折光检测法检测肌醇含量[J]. *食品工业科技*, 2007, 4(62): 222–223.
Dai CB, Li JQ, Li JX, *et al.* Differential refraction method for determination of inositol content [J]. *Food Ind Sci Technol*, 2007, 4(62): 222–223.
- [36] 吕旭, 关明, 古再丽努尔, 等. 高效液相色谱法测定胡麻卵磷脂中磷脂酰肌醇含量[J]. *分析与测试*, 2018, (4): 47–49.
Lu X, Guan M, Gu ZLNE, *et al.* Determination of phosphatidylinositol in lecithin of flax by high performance liquid chromatography [J]. *Anal Test*, 2018, (4): 47–49.
- [37] Dong-wan K, Jae-woong P, Jung-hoon L, *et al.* A rapid method for simultaneous quantification of 13 sugars and sugaralcohols in food products by UPLC-ELSD [J]. *Food Chem*, 2018, (240): 694–700.
- [38] 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 formula by liquid chromatography and mass spectrometry [J]. *China Dairy Ind*, 2014, 42(12): 34–36.

- [39] 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 Instrum Anal, 2018, 37(6): 702-707.
- [40] Perello J, Isern B, Costa-Bauza A, *et al.* Determination of myo-inositol in biological samples by liquid chromatography-mass spectrometry [J]. J Chromatogr B Anal Technol Biomed Lif Sci, 2004, 802(2): 367-370.
- [41] Kim J, Hoppel CL. Comprehensive approach to the quantitative analysis of mitochondrial phospholipids by HPLC-MS [J]. J Chromatogr B Anal Technol Biomed Lif Sci, 2013, (912): 105-114.
- [42] Jin-Ho S, Jung-Min P, Ha-Jung K, *et al.* Development rapid analytical methods for inositol as a trace component by HPLC and LC-MS/MS in infant formula [J]. Korean J Food Sci, 2015, 35(4): 466-472.
- [43] 刘榕城, 邓光辉. 毛细管电泳-电化学检测法及其在药物分析中的应用[J]. 广西轻工业, 2007, 2(2): 19-21.
Liu RC, Deng GH. Capillary electrophoresis-electrochemical detection and its application in pharmaceutical analysis [J]. Guangxi Light Ind, 2007, 2(2): 19-21.
- [44] Schimpf KJ, Meek CC, Leff RD, *et al.* Quantification of myo-inositol, 1,5-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.
- [45] 侯建霞, 汪云, 程宏英, 等. 毛细管电泳-电化学检测分离测定荞麦中的手性肌醇和肌醇[J]. 分析测试学报, 2007, 26(4): 526-529.
Hou JX, Wang Y, Cheng HY, *et al.* Separation and determination of chiral inositol and inositol in Buckwheat by capillary electrophoresis with electrochemical detection [J]. J Instrum Anal, 2007, 26(4): 526-529.
- [46] Simonet BM, Rios A, Grases F, *et al.* Determination of myo-inositol phosphates in food sample by flow injection-capillary zone electrophoresis [J]. Electrophoresis, 2003, 24(12-13): 2092-2098.
- [47] 范子剑, 申迎宾, 麻浩, 等. 溶剂法提取南瓜肌醇的工艺研究[J]. 食品与机械, 2009, 25(1): 81-85.
Fan ZJ, Shen YB, Ma H, *et al.* Extraction of inositol from pumpkin by solvent extraction [J]. Food Mach, 2009, 25(1): 81-85.
- [48] Hu LM, Chen J. Oxidative determination of inositol and its tablets with sodium periodate [J]. Chin Pharm J, 1990, 25(2): 734.
- [49] Kouzuma T, Takahashi M, Endoh T, *et al.* An enzymatic cycling method for the measurement of myo-inositol in biological samples [J]. Clin Chim Acta, 2001, 312(1-2): 143-151.
- [50] Karen S, Linda T. Determination of myo-inositol (free and bound as phosphatidylinositol) in infant formula and adult nutritionals by liquid chromatography/pulsed amperometry with column switching: first action [J]. J AOAC Intern, 2012, 95(4): 937-942.

(责任编辑: 陈雨薇)

作者简介



房子舒, 硕士, 助理研究员, 主要研究方向为食品安全检测。

E-mail: 798907564@qq.com



黄传峰, 博士, 副研究员, 主要研究方向为食品安全和化学污染分析。

E-mail: chuanfenghh@gmail.com