

食品中苯乳酸的研究

郑维君

(天津市乳品食品监测中心,天津 300381)

摘要: 苯乳酸是一种天然存在于自然界中的小分子有机酸,具有广谱抑菌性,是一种新型的生物防腐剂。它稳定性高,安全无毒,在食品工业中的应用具有广阔的前景。对苯乳酸的理化性质、抑菌性和安全性、抑菌作用机理、其他作用以及应用进行了综述。

关键词: 苯乳酸;食品;抑菌性;应用

Study on Phenyllactic Acid in Food

ZHENG Wei-jun

(Tianjin Dairy and Food Monitoring Center, Tianjin 300381, China)

Abstract: Phenyllactic acid (PLA) is a kind of small natural molecule organic acids which exists in nature, with broad-spectrum antimicrobial activity and preservative. The physical/chemical properties, antimicrobial activity, safety, antibacterial mechanism, other functions and application of PLA were reviewed.

Key words: phenyllactic acid (PLA); food; antibacterial activity; application

1 苯乳酸理化性质

苯乳酸(phenyllactic acid, PLA)^[1]是自然界中天然存在的一种小分子有机酸,其系统名为2-羟基-3-苯基丙酸,以前被称为3-苯基乳酸^[2]和 β -苯乳酸。根据2006年修订的《生物化学与分子生物学名词》推荐名称^[3],现在称其为“苯乳酸”。苯乳酸的分子式为 $C_9H_{10}O_3$,相对分子质量为166,熔点为121℃~125℃。苯乳酸易溶于水,对酸和热稳定,另外,1998年,Dieuleveux^[4]的研究发现其在广泛的pH范围内稳定性良好。苯乳酸的第二个碳原子为手性碳原子,因此苯乳酸有两种对映异构体^[5],即D-苯乳酸和L-苯乳酸。

2 苯乳酸的抑菌性和安全性

1988年,Molan^[6]在研究新西兰麦卢卡蜂蜜时发现,该蜂蜜能够明显抑制金黄色葡萄球菌的生长繁殖,并且热稳定性较强。1990年,Russel^[7]在麦卢卡蜂蜜中发现许多具有较强抗菌活性的芳香酸,研究人员在1993年进一步确定了丁香酸和苯乳酸是蜂蜜中主要的非过氧化氢抗菌特性物质^[8]。1998年,Dieuleveux从白地

霉(*Geotrichum candidum*)发酵生产干酪的试验中发现,其培养液对单增生李斯特氏菌(*Listeria monocytogenes*)有很强的抑制作用。进一步的研究发现,该抑菌物质主要是苯乳酸,这是苯乳酸具有抑菌作用的首次报道。2000年,Lavermicocca等^[9]将从发酵面团中分离到的植物乳杆菌(*Lactobacillus plantarum*)的培养液浓缩10倍后进行抑菌试验,发现其对真菌具有较强的抗菌作用。经过进一步的鉴定分析,确定了苯乳酸是一种新型的抑菌剂。

2002年,Strom^[10]等在对青贮饲料的研究中,发现了一株植物乳杆菌 MiLAB 393,在其培养液中发现了抗真菌的苯乳酸。

Dieulevenx^[11]等还研究了苯乳酸对某些细菌的抑制作用。研究表明,苯乳酸能够抑制部分从人体和食品中分离的革兰氏阳性菌和革兰氏阴性菌,如金黄色葡萄球菌、粪肠球菌(*Enterococcus faecalis*)等以及斯氏普罗威登斯菌(*Providencia stuartii*)和产酸克雷伯菌(*Klebsiella oxytoca*)等。由此可见,苯乳酸是一种广谱抑菌物质,这与乳酸菌产生的细菌素有着本质的区别,大部分细菌素也只是对分类学上相近的细菌才有抑制作用,即使是抑菌谱较广的乳链菌素^[12]对大多数革兰氏阴性菌、霉菌、酵母菌也没有抑制作用。

苯乳酸安全、高效、无毒,是一种天然抑菌化合物。乳酸菌是公认为安全(generally recognized as safety, GRAS)的微生物,长期以来,一直用于食品的防腐保鲜中。而苯乳酸存在于天然蜂蜜中,对人和动物细胞均无毒无害。因此,苯乳酸被认为是可以应用于食品体系的新一代抑菌物质。

3 苯乳酸的抑菌作用机理

苯乳酸作为一种新型的生物防腐剂,关于其抑菌机理报道并不多。Dieulevenx 等^[13]用扫描电镜研究了苯乳酸抑菌的作用位点。将单核细胞增生李斯特菌(*L. monocytogenes*)放在含有苯乳酸的培养基中进行培养,通过比较培养 14 h 和培养 27 h 后培养基中的菌体发现,生长在含有 1 mg/mL 苯乳酸培养基中的菌体(0.54 μm)比对照组的菌体(0.42 μm)大,并且其细胞壁被破坏。而生长在含有 7 mg/mL 苯乳酸的培养基中的菌体已呈高度丝状化,细胞壁上有裂口,细胞内含物流出。将处于对数生长期的单核细胞增生李斯特菌分别放在含有 1 mg/mL 和 7 mg/mL 苯乳酸的培养基中,发现在含 1 mg/mL 苯乳酸的培养基中,先是形成网状物之后菌体聚集在一起,再之后会发现菌体开始膨胀变形;而在含 7 mg/mL 苯乳酸的培养基中这一现象变化更为明显,菌体聚结形成了较大的团块。将处于稳定期的单核细胞增生李斯特菌置于含有 7 mg/mL 苯乳酸的培养基中发现,其细胞壁没有改变,但是细胞重排形成了小球。这一研究结果表明,苯乳酸对单核细胞增生李斯特菌的作用位点可能是细胞壁。

2009 年袁景环^[14]等在国内率先报道了苯乳酸的抑菌性和抑菌机理。该试验以革兰氏阳性菌金黄色葡萄球菌和革兰氏阴性菌荧光假单胞菌为指示菌,研究了苯乳酸对细菌的作用方式。通过用扫描电镜和透射电镜观察苯乳酸对这两种指示菌细胞超微结构的作用,发现这两种细菌的菌体严重变形,细胞结构遭受严重破坏,并且部分细胞壁破裂,细胞内含物流出,因此推测苯乳酸对这两种细菌的作用位点是细胞壁,这与 Dieulevenx 对苯乳酸对单核细胞增生李斯特菌作用位点的推测一致。由此可知,苯乳酸的抑菌机理和溶菌酶的很相似,作用位点都是细胞壁,这和细菌素的抑菌机理不同。

4 苯乳酸的其他作用

丹参素是从丹参水提液中提取分离得到的一种活性成分,对心血管系统具有明显的改善和保护作用^[15]。苯乳酸是丹参素衍生物的一种,实验表明,其具有和

丹参素相似的药理作用,能够有效抗血小板聚集,抑制血栓形成和改善体内微循环的活性^[16]。研究表明,苯乳酸对家兔的心肌梗塞有一定的疗效,有利于对缺血性心脏病的防治,其作用方式和普萘洛尔相似^[17]。另外,Yamamoto 等^[18]研究表明苯乳酸能够调节人体内的类固醇的含量。苯乳酸通过提高人体肝内 3 α -羟基类固醇脱氢酶 DD4 的活性,增加合成和降解类固醇的能力。

和其他有机酸一样,苯乳酸也可以作为添加剂取代牲畜饲料中的抗生素。这能改善蛋鸡的免疫系统,有效提高生产量和蛋品的质量^[19]。通过给肉鸡长期喂食含有苯乳酸的饲料,能够改善肉鸡的生长性能,增强抵抗力,提高肉品的质量^[20]。此外,据报道苯乳酸还可以提高幼猪的免疫功能^[21]。

5 苯乳酸的应用

5.1 苯乳酸在食品中的应用

食品安全问题是世界公认的问题。微生物污染是导致食品腐败变质的一个重要原因,尤其是食源致病菌单核细胞增生李斯特菌、金黄色葡萄球菌、大肠杆菌(*Escheri chiacoli*)等甚至会导致食源性疾病的暴发。苯乳酸是一种天然的防腐剂,同现在得到广泛应用的 Nisin 相比,苯乳酸具有更为广泛的抑菌谱,研究已经表明苯乳酸对单核细胞增生李斯特菌、金黄色葡萄球菌、大肠杆菌 O157:H7、真菌包括酵母菌以及霉菌都具有较强的抑制性,并且其对真菌的抑制性远远强于化学防腐剂苯甲酸钠和山梨酸钾,因此在食品工业中的应用具有广阔的前景。

乳制品含有丰富的营养,是微生物生长繁殖的温床。虽然通过灭菌和冷藏处理,可以延长产品的货架期,但是研究证实,即便是在低温 4 $^{\circ}\text{C}$,某些嗜冷菌仍能生长繁殖,比如单核细胞增生李斯特菌。Dieulevenx 等^[13]在超高温瞬时灭菌乳中添加不同浓度的苯乳酸,结果表明,添加量为 1 mg/mL 的苯乳酸可以显著抑制单核细胞增生李斯特菌的生长;添加量为 7 mg/mL 的苯乳酸在一周内能够完全抑制其生长。另外,在干酪中添加适量的苯乳酸,也能抑制其生长。

苯乳酸对各种霉菌,包括毒性作用最强的黄曲霉(*Aspergillus flavus*)具有很强的抑制作用。由于面包营养丰富,其很容易被霉菌污染而腐败变质。Lavermicoca 等^[22]研究了苯乳酸对来自于面包、小麦面粉、焙烤制品和谷物中霉菌的抑制性。结果表明,当苯乳酸的浓度低于 7.5 mg/mL 时,就能抑制 90% 的霉菌生长。因此,苯乳酸可以用于上述食品中,防止霉菌的污染,延

长食品的保藏期限。

Schnürer 等^[24]将苯乳酸、二羟基碳酸盐和山梨酸钾组成抗菌混合物添加到饮料和其他食品中,研究结果表明该物质能够有效抑制饮料中微生物的滋生和繁殖。如果将苯乳酸和抗菌素制成粉剂,添加到香肠和干酪中,香肠在 12℃下至少可以保存 60 天^[25]。

5.2 苯乳酸在医药中的应用

由于苯乳酸具有和中药丹参相似的药理作用,且丹参的来源有限加之丹参素的提取分离较为繁琐,因此,临床上采用苯乳酸作为丹参素的替代品用于冠心病等其他心血管疾病的治疗^[26]。薛芬等^[27]的研究表明,苯乳酸在临床上可以作为治疗带节育器出血的药物,同时也可用于防治血小板的聚集,提高红细胞的变形能力。

苯乳酸可以作为治疗非胰岛素依赖性糖尿病的药物 Englitazone(四氢咪哇二酮衍生物)的前体物质^[28]。此外,苯乳酸用于合成抗 HIV 试剂和合成非蛋白氨基酸 statine。

5.3 苯乳酸在化妆品工业中的应用

在化妆品中添加苯乳酸作为防腐剂,其防腐效果优于其他防腐剂,对人体无毒无害。另外,苯乳酸作为果酸的一种,具有滋润保养和护肤的功效。

6 结论

苯乳酸是一种新型的生物防腐剂,具有安全性高、抑菌能力强的特点,能抑制食源性致病菌、腐败菌,特别是能够抑制真菌的污染从而延长食品的货架期;溶解性好,在各种食品体系中容易扩散;稳定性高,在广泛的 pH 范围内稳定性良好且对热稳定。随着苯乳酸高产菌株的选育、代谢调控、分离提取、抑菌机理的研究深入以及应用领域的扩展,苯乳酸有望被开发成一种新型生物防腐剂应用于食品工业。

参考文献:

- [1] Dieuleveux V, Van Der Pyl D, Chataud J, et al. Purification and characterization of anti-Listeria compounds produced by Geotrichum candidum[J]. Applied and environmental microbiology, 1998, 64(2): 800-803
- [2] 乃用. 苯基乳酸的抗霉菌活性[J]. 工业微生物, 2003, 33(4): 52-52
- [3] 祁国荣, 袁士龙. 关于征求《生物化学与分子生物学名词》修正意见的说明(续)[J]. 生命的化学, 2006, 26(1): 72-89
- [4] Dieuleveux V, Lemarinier S, Gueguen M. Antimicrobial spectrum and target site of D-3-phenyllactic acid[J]. International journal of food microbiology, 1998, 40(3): 177-183
- [5] Ström K. Fungal inhibitory lactic acid bacteria[M]. Uppsala: Sveriges lantbruksuniv, 2005
- [6] Molan P C, Russell K M. Non-peroxide antibacterial activity in some New Zealand honeys[J]. Journal of Apicultural Research, 1988, 27(1): 62-67
- [7] Russell K M, Molan P C, Wilkins A L, et al. Identification of some antibacterial constituents of New Zealand manuka honey[J]. Journal of agricultural and food chemistry, 1990, 38(1): 10-13
- [8] Wilkins A L, Lu Y, Molan P C. Extractable organic substances from New Zealand unifloral manuka (Leptospermum scoparium) honeys [J]. Journal of Apicultural Research, 1993, 32(1): 3-9
- [9] Lavermicocca P, Valerio F, Evidente A, et al. Purification and characterization of novel antifungal compounds from the sourdough Lactobacillus plantarum strain 21B[J]. Applied and Environmental Microbiology, 2000, 66(9): 4084-4090
- [10] Ström K, Sjögren J, Broberg A, et al. Lactobacillus plantarum Mi-LAB 393 produces the antifungal cyclic dipeptides cyclo (L-Phe-L-Pro) and cyclo (L-Phe-trans-4-OH-L-Pro) and 3-phenyllactic acid[J]. Applied and environmental microbiology, 2002, 68(9): 4322-4327
- [11] Dieuleveux V, Van Der Pyl D, Chataud J, et al. Purification and characterization of anti-Listeria compounds produced by Geotrichum candidum[J]. Applied and environmental microbiology, 1998, 64(2): 800-803
- [12] 李兴峰, 江波, 潘蓓蕾, 等. 乳酸菌产生的新型抗菌物质——苯乳酸的抑菌性质及作用机理研究[J]. 乳业科学与技术, 2011, 34(2): 94-98
- [13] Dieuleveux V, Guéguen M. Antimicrobial effects of D-3-phenyllactic acid on Listeria monocytogenes in TSB-YE medium, milk, and cheese[J]. Journal of food protection, 1998, 61(10): 1281-1285
- [14] 袁景环, 贡汉生, 孟祥晨. 苯乳酸的抗菌作用及其抗菌机理的初步研究[J]. 食品工业, 2009(5): 14-17
- [15] 江文德, 陈玉华, 王迎平, 等. 丹参素及另两种水溶性丹参成分抗心肌缺血和对冠状动脉作用的研究[J]. 上海第一医学院学报, 1982, 9(1): 13-19
- [16] 金昔陆, 张智波. 8种丹参素衍生物对兔血小板聚集性的影响[J]. 上海医科大学学报, 2000, 27(3): 181-182
- [17] 王珏英, 张渊博. β-苯基乳酸对心血管系统的实验研究[J]. 上海医科大学学报, 1991, 18(4): 295-297
- [18] Yamamoto T, Nozaki A, Shintani S, et al. Structure-specific effects of thyroxine analogs on human liver 3α-hydroxysteroid dehydrogenase[J]. Journal of biochemistry, 2000, 128(1): 121-128
- [19] Wang J P, Yoo J S, Lee J H, et al. Effects of phenyllactic acid on production performance, egg quality parameters, and blood characteristics in laying hens[J]. The Journal of Applied Poultry Research, 2009, 18(2): 203-209
- [20] Wang J P, Lee J H, Yoo J S, et al. Effects of phenyllactic acid on growth performance, intestinal microbiota, relative organ weight, blood characteristics, and meat quality of broiler chicks[J]. Poultry science, 2010, 89(7): 1549-1555
- [21] Wang J P, Yoo J S, Lee J H, et al. Effects of phenyllactic acid on

海参皂苷的分离提取及分析方法研究进展

袁炜辉¹,李赫宇²,李倩¹,杨中振¹,赵余庆^{1,3,*}

(1. 沈阳药科大学 中药学院, 辽宁 沈阳 110016; 2. 天津市益倍建生物技术有限公司, 天津 300457;
3. 基于靶点的药物设计与研究教育部重点实验室, 沈阳药科大学, 辽宁 沈阳 110016)

摘要: 海参皂苷是海参的主要活性物质之一,有巨大的开发价值和应用潜力。但是海参皂苷在海参中含量较少并且种类较多,不易于大量提取与分析。因此海参皂苷的大量提取与分析成为研究的热点。从提取方法、分离纯化方法、分析方法三个方面综述了海参皂苷的研究进展,为进一步研究海参皂苷提供了线索和依据。

关键词: 海参皂苷;提取;分离;分析方法

Research Progress on Extraction, Separation and Analytical Method of Triterpene Glycosides of Sea Cucumber

YUAN Wei-hui¹, LI He-yu², LI Qian¹, YANG Zhong-zhen¹, ZHAO Yu-qing^{1,3,*}

(1. College of Traditional Chinese Medicine, Shenyang Pharmaceutical University, Shenyang 110016, Liaoning, China; 2. Tianjin Ubasichealth Nutrition Co., Ltd., Tianjin, 300457; 3. Key Laboratory of Structure-Based Drug Design and Discovery, Ministry of Education, Shenyang Pharmaceutical University, Shenyang 110016, Liaoning, China)

Abstract: Sea cucumber glycosides was main active substance of sea cucumber, which had great development value and potential application. But the content of the sea cucumber glycosides in sea cucumber was low and structure was complicated, difficult to fully extract and analyse. So the sea cucumber glycosides extraction and analysis has become a hot research topic. In this paper, the research progress of Sea cucumber glycosides was discussed from its extraction, purification and analytical method. It provided good clues and evidence for further study on sea cucumber glycosides.

Key words: sea cucumber glycosides; extraction; separation; analytical method

海参(Holothuria)为棘皮动物门(*Echinodermata*)

作者简介:袁炜辉(1993—),男(汉),硕士研究生,研究方向:中药化学。

*通信作者

海参纲(*Holothuroidea*)动物,主要分布于世界温带区和热带区^[1]。海参味美可口,营养丰富,具有较高的药用价值。清代《本草纲目拾遗》中记载有“海参性温补,足敌人参,故名海参”,“降火滋肾,通肠润燥,除劳怯

growth performance, nutrient digestibility, microbial shedding, and blood profile in pigs[J]. Journal of animal science, 2009, 87(10): 3235-3243

[22] 陈瑞敏,陈伟萍. 食品中食源性致病菌安全问题分析[J]. 安徽农业科学, 2013, 41(12): 5479-5482

[23] Lavermicocca P, Valerio F, Visconti A. Antifungal activity of phenyllactic acid against molds isolated from bakery products[J]. Applied and Environmental Microbiology, 2003, 69(1): 634-640

[24] Schnürer J, Magnusson J. Antifungal lactic acid bacteria as biopreservatives[J]. Trends in Food Science & Technology, 2005, 16(1): 70-78

[25] Warmerdam M, De Haan B. Method for the covering of food with polyene antifungal compositions: U.S. Patent Application 10/523,881[P]. 2003-8-6

[26] 王庭芳,郑莉萍,张宁,等. 丹参素衍生物的研究进展[J]. 药学实践杂志, 2011, 29(2): 83-88

[27] 薛芬,邵以德. 一种带节育器出血的治疗药物及其制备方法. CN1141772[P]. 1997-02-05

[28] Urban F J, Moore B S. Synthesis of optically active 2-benzylidihydrobenzopyrans for the hypoglycemic agent englitazone[J]. Journal of heterocyclic chemistry, 1992, 29(2): 431-438

收稿日期:2016-05-29