

乳酸在家居清洁行业中的应用

张恺, 石荣莹, 叶霄
(上海和黄白猫有限公司, 上海, 200231)

摘 要: 概述了乳酸的性能和生产方法, 详细介绍了乳酸在家居清洁产品中的应用。同时, 对比了乳酸在家居清洁产品中的国内外应用现状, 并对国内家居清洁行业在乳酸应用方面的未来愿景进行了展望。

关键词: 乳酸; 家居清洁; 应用

作者简介: 张恺, 硕士, 产品开发工程师, 主要从事家居清洁产品的设计与开发。

E-mail: kai.zhang@whitecat.com。



在新冠疫情曾全球蔓延的背景下, 公众对于卫生防护的需求急剧增长, 尤其是对消毒、抗菌、抑菌产品的关注度显著提升。然而, 现有产品往往伴随着多种问题, 如强效杀菌产品可能导致的微生物耐药性增强^[1]、高效杀菌产品可能带来的环境或人体危害^[2]、长效抗菌产品可能引发的皮肤过敏^[3]等。因此, 探索更天然绿色的抗抑菌技术, 成为家居清洁领域重点研究方向之一。

伴随着消费者对日化产品更安全、更绿色、更环保等概念的期待, 以天然来源的成分作为原料已成为日化行业现阶段的发展方向。乳酸, 学名2-羟基丙酸, 是一种广泛存在于自然界中的羟基羧酸。一直以来, 乳酸在人体及动物体内对健康和免疫系统起到了重要的作用, 其功能包括调节血液 pH 值、促进肠道健康、免疫调节及促进伤口愈合等。乳酸的发现起源于1780年, 瑞典化学家 Scheele 于酸牛奶中第一次发现了乳酸这一化学物质。1881年, Fermi 通过发酵的方法首次获得了乳酸。到2023年, 全球乳酸市场表观消费量约为69.24万吨, 未来五年将会以5.73%的复合增速增长。中国是全球第二大乳酸消费国, 也是最大的乳酸出口国。而乳酸之所以会引起广泛关注, 主要是因为它是一种被公认为安全的 (GRAS) 天然无害物质。作为一种多功能性的天然有机酸, 一直在多个领域内扮演着举足轻重的角色。在食品行业中, 乳酸通常用于食品保鲜、调节 pH 值或抑制细菌滋长^[4]; 在化妆品行业中, 乳酸被用于制造卫生和美容产品, 因其对皮肤有保湿、抗菌和恢复活力等作用; 在医疗和制药行业中, 聚乳酸是一种具备生物相容性的聚合物, 通常用于制造假体装置、缝合线以及内部给药, 而乳酸则是合成聚乳酸的关键前体^[5]。随着技术的进步和市场需求的不断增长, 乳酸在各行各业的应用范围和深度也在不断扩展。

乳酸因其抗菌效果优异、舒适度高、可生物降解、天然来源等优势, 在家居清洁产品中的应用正倍受瞩目。

目前, 日化行业不断推出含有乳酸的产品, 如高乐士 (Clorox) 的消毒清洁剂、利洁时 (Reckitt) 的滴露家居清洁喷雾、联合利华 (Unilever) 的卫宝抑菌护肤洗手液、白猫 (Whitecat) 的乳酸抑菌洗洁精等。乳酸在家清行业中的应用开始逐渐为大众所知晓。作为一种天然来源的化学原料, 乳酸的使用为消费者提供更安全、更健康的清洁选择。

1. 乳酸的性能

根据乳酸的构型和旋光性的不同, 乳酸可被分为 D-型、L-型和 DL-型三种类型。其中 L-乳酸为左旋型, D-乳酸为右旋型。乳酸的异构体形式取决于其发酵菌株的类别, 如乳球菌和肉食杆菌产生的为 L-乳酸, 而明串珠菌产生的则为 D-乳酸^[6]。尽管 D-乳酸和 L-乳酸的理化性质大致相同, 但因为生物体内酶系统更倾向于 L-型乳酸, 因此在食品、医药、日化和工业中应用得更多的是高光学纯度 L-乳酸。

1.1 温和性

乳酸是一种结构简单的有机酸, 具有出色的温和性能, 通常用作化妆品和皮肤治疗的成分。乳酸的温和性能主要体现在三个方面: (1) 乳酸因其分子结构与人类皮肤中的天然保湿因子 (NMF) 高度相似, 因此具有高度皮肤兼容性, 能够轻松融入并适应肌肤环境; (2) 乳酸能自然调节皮肤 pH 值, 帮助皮肤维持健康的酸碱平衡; (3) 乳酸的分子量适中, 使得它能够以一种温和而渐进的方式渗透进入皮肤深层, 这种渗透方式不仅有助于温和去除老化角质, 还能为肌肤带来深层的滋养, 同时最大限度地减少对皮肤的潜在损伤。

1.2 保湿和抗氧化性

在日常使用的化妆品中, 皮肤保湿剂是非常重要的成

分。其中， α -羟基酸（AHA）和多羟基酸（PHA）是最常见的保湿剂。研究表明，AHA和PHA在缓解皮肤干燥症状、减少皱纹方面具备有益作用。AHA中最常用的就是乳酸和乙醇酸，乳酸是含有不对称碳原子（C2）化合物中最简单的AHA。由于多羟基作用，AHA能够在表皮结合水分，帮助皮肤保持水分；并且乳酸能够抑制皮肤大多数活性自由基的产生，由于乳酸具有优异的金属螯合性能，使其易与人体存在的铁蛋白和含铁血黄素两种重要蛋白质形成络合物，防止它们与过氧化氢发生竞争性反应，从而导致皮肤衰老^[7]。

1.3 抗菌性能

酸奶作为一种经过发酵过程的乳制品，其稳定性在很大程度上得益于乳酸这一关键成分。正是由于乳酸具备抗菌活性，才能遏制酸奶中的细菌滋生，为益生菌的生长提供合适环境。因此乳酸在食品工业中常被用作食品防腐剂。

有研究表明，0.2%~2%的乳酸在作用于鲜切果蔬上的常见致病菌（大肠杆菌、李斯特菌等）方面效果显著^[8]。乳酸对于去壳牡蛎上的创伤弧菌和腐败菌、鸡皮中的肠炎沙门菌和弯曲杆菌以及牛肉表面的大肠杆菌的抗菌效果明显^[9]。并且乳酸钙、乳酸钾及乳酸钠单独或与其他抗菌剂的联合使用对沙门菌、单增李斯特菌等均有明显的抗菌作用。虽然目前对乳酸的抗菌机理尚不十分清楚，但依旧有着大量学者对乳酸的抗菌机理进行探究。有研究证实0.5%乳酸便可使肠炎沙门氏菌、大肠杆菌和单核增生乳杆菌完全失活2h，且抑菌作用源自对细胞质膜的破坏作用^[10]。乔等人发现乳酸对致病菌的抑菌、杀菌作用主要是通过延长致病菌的代时及破坏正常的细胞膜电位^[11]。此外，乳酸可导致病原菌胞内钾离子渗透，破坏细胞膜通透性和完整性以及改变膜表面电荷，从而达到抑菌效应^[12]。

2. 乳酸的生产方法

2.1 化学合成法

化学合成生产乳酸的主要途径是通过乳腈法和丙酸法。由于丙酸价格较高、生产工艺复杂、收率低等因素，工业生产中最为常见的方法是乳腈法。乳腈法是将乙醛和冷的氢氰酸连续送入反应器生成乳腈（或直接乳腈作原料），用泵将乳腈打入水解釜，注入硫酸和水，水解得到粗乳酸；再将粗乳酸送入酯化釜，加入乙醇酯化，经精

馏、浓缩、分解制得精乳酸^[13]。

合成法生产乳酸的优点是生产过程简单，可以在大规模生产中使用。然而，化学合成法缺点也非常明显，如生产成本较高、环境影响较大、乳酸收率较低，并且反应过程需要使用有毒的化学物质，会对环境和人类健康造成潜在风险。

2.2 发酵法

生物发酵法是一种通过微生物发酵碳源（葡萄糖、蔗糖等糖类）的方式来生产乳酸。在发酵过程中，细菌和真菌等微生物能够将碳源转化为乳酸。此外，生物发酵法可以利用玉米淀粉、木薯淀粉和甘蔗渣等多种可再生的碳源，这使其在可持续发展方面具有明显优势。

生物发酵作为一种绿色、高效和可持续发展的生物转化方式，具备许多显著的优点。首先，发酵法具有高度的专一性，在确保合适的微生物菌种和优化发酵条件下，可以极大程度提高乳酸收率。其次，生物发酵技术绿色、环保，它利用微生物的天然代谢生产所需要的产品，减少有害物质的产生，降低对环境的影响。此外，生物发酵能源消耗较低，凸显其环保的优势。但是，生物发酵也存在一些缺点，相比化学合成，发酵过程需要更长的时间，且对发酵条件的要求更高。

3. 乳酸在家居清洁行业中的应用

乳酸因其卓越的抗菌性能、高舒适度、对环境友好的特性，其在家居清洁领域的应用备受期待。目前，国外家居清洁行业已在不同家居清洁产品中实现了乳酸的应用，许多知名品牌，如美国的高乐士、荷兰的联合利华以及日本的花王等，已对乳酸的功能及应用有了较为深入的了解。然而，在国内，尽管一些品牌已经开始关注乳酸的功能，相关的报道和专利申请仍然相对较少。在乳酸的应用方面，国外的研究和开发相对较为成熟，而国内在这方面的探索尚有发展空间。

3.1 除菌剂

进入后疫情时代，公众对于个人卫生和环境安全的关注达到了一个全新的水平。在这样新常态背景下，消费者对日常使用的除菌产品期望更高，他们追求产品的杀菌效力，同时也非常关心产品的安全性。人们渴望找到那些既能有效消灭细菌和病毒，又不对人体健康造成负面影响的除菌产品。为了满足这一市场需求，一些品牌推出了使用

天然成分的除菌产品。

例如，利洁时旗下滴露推出的自然[®]系列家居清洁除菌喷雾，采用了源于植物的蔗糖发酵乳酸作为主要杀菌成分，这种杀菌成分不仅环保，而且杀菌效率极高，可达99.9%，覆盖多种微生物类别。该产品特别为婴幼儿及家居环境设计，旨在保障宝宝的健康与安全。

此外，花王推出的Joan除菌喷雾，结合了发酵乳酸和抗菌成分，提供了一种温和和无刺激的除菌方案，其抗菌效果可持续24h。这款产品同样适用于各种硬表面及婴幼儿用品，并且能够达到99.9%的除菌效果。

3.2 消毒剂

目前，美国环境保护署（EPA）已将乳酸列为几种消毒剂的活性成分，经EPA环境设计（DfE）认证乳酸与传统消毒剂一样有效。

高乐士推出的Ecoclean[™]消毒清洁剂，使用少量量的乳酸、非乙氧基阴离子表面活性剂、N-酰基氨基酸表面活性剂和少量羧酸，实现了优异的清洁能力和抗微生物功效，甚至可以对抗更难杀死的病毒，如诺如病毒和柯萨奇病毒。并且该消毒剂可做到2min或更短时间内对99.999%的致病细菌进行消灭。Ecoclean[™]消毒清洁剂于2023年获得美国总统绿色化学挑战（The Presidential Green Chemistry Challenge, PGCC）奖中的设计绿色化学品奖（Designing Greener Chemicals Award）。

3.3 硬表面清洁剂

市面上常见的浴室清洁剂通常采用强酸或者中强酸作为主要成分，但此类酸性物质会导致味道刺鼻、腐蚀常见金属、混凝土和大理石等硬表面，并且功能结构单一，使得配方组分选择受限。立白推出的威王魔力果净卫浴清洁剂，添加以蔗糖为糖原发酵得到的乳酸成分，可轻松去除浴室表面顽固水垢，在保证清洁力的功能基础上，不损伤家居表面，并且除菌率可达99.9%。除立白外，联合利华旗下奥妙推出的浴室清洁喷雾也采取了天然乳酸与柠檬酸复配方式以达到温和去垢的效果，且除菌效果也可达到99%。

3.4 抗菌洗手液

抗菌洗手液一般是以表面活性剂作为主体，复配各类抗/杀菌剂的配方体系。洗手液中的抗菌剂包括对氯间二甲苯酚（PCMX）、三氯生、三氯卡班、吡啶硫酮锌和水杨酸等，但这些抗菌剂均存在不可忽视的问题，如污染环境、配伍不稳定、对人体皮肤造成刺激等。为避免此类问

题，联合利华的卫宝洗手液选择采用阴离子表面活性剂复配天然乳酸的配方体系，通过银离子和乳酸的联合作用，渗透细菌胞膜，破坏细菌内部结构，以达到抑制99.99%变异细菌的功效；同时利用乳酸的保湿效果，可保持双手持续滋润9h。同时该公司旗下个护品牌力士（LUX）也推出了含有乳酸的抑菌洗手液，可做到有效抑制99.999%细菌。

3.5 餐具洗涤剂

餐具洗涤剂的配方以表面活性剂为主，复配螯合剂、防腐剂等助剂。由于和餐具直接接触，在安全性、温和性等方面更加受到消费者的关注。

高露洁棕榄（Palmolive）的Ultra Experimentals洗洁精，使用乳酸替代常规刺激性较强的卡松类防腐剂，在满足安全温和的前提下达到防腐功效。劳诗曼（Rossmann）旗下的Eco Freude作为知名的家清生态品牌，推出了一款采用乳酸配伍的高浓缩洗洁精，确保100%成分源自天然。

此外，白猫是国内首家将乳酸应用于餐具洗涤剂中的品牌，推出的乳酸抑菌洗洁精以源自天然植物的食品级乳酸来实现洗洁精的抑菌功效，应用植物源乳酸，赋予了洗洁精良好清洁效能之外的卓越抑菌功能，经过了严格的测试和验证，对大肠杆菌、金黄色葡萄球菌和幽门螺旋杆菌的抑菌效果均大于99.9%。相较于传统的化学合成杀菌剂成分，天然植物发酵的乳酸更加环保更安全，这是对消费者健康的高度关注和对环保的承诺，亦是白猫技术的又一次新突破。该产品被成功列入工信部《升级和创新消费品（轻工 第十批）》（2023）目录。

4. 乳酸在家居清洁行业中的应用展望

目前，国内品牌对于乳酸的应用案例相对较少，乳酸在国内家清产品中的应用发展仍有较大的提升空间。未来，随着技术的进步和消费者需求的变化，乳酸有望推动整个家居清洁行业向更加安全、环保和高效的方向发展。并且随着国内越来越多的品牌开始关注乳酸的功能，相关的报道和专利申请也将逐渐增多，这将进一步促进乳酸在国内日化行业中的应用和发展。

参考文献

[1] Zhang G., Li W., Chen S., et al. Problems of conventional disinfection and new sterilization methods for antibiotic resistance

control[J]. *Chemosphere*, 2020, 254: 126831.

[2] 杜兵兵. 抗菌剂长期压力下污水处理系统中微生物群落, 污泥特性和耐药性演化的机制研究 [D]. 河南师范大学, 2020.

[3] Soutelino M. E. M., Silva A. C. D. O., Rocha R. D. S. Natural Antimicrobials in Dairy Products: Benefits [J], Challenges, and Future Trends[J]. 2024, 13, 415.

[4] Komesu, Andrea, et al. Lactic Acid Production to Purification: A Review[J]. *BioResources*, 2017, 12(2): 4364–4383.

[5] Castillo Martinez F. A., Balcunas E. M., Salgado, José Manuel, et al. Lactic acid properties, applications and production: A review[J]. *Trends in Food Science & Technology*, 2013, 30(1): 70–83.

[6] 高莉莉. 明串珠菌的筛选及其生理代谢特性研究 [D]. 河北农业大学, 2005.

[7] Algiert-Zielińska, Barbara, Mucha P., Rotsztein H. Lactic and lactobionic acids as typically moisturizing compounds[J]. *International Journal of Dermatology*, 2019, 58(3): 374–379.

[8] Akbas M. Y., Lmez H. Inactivation of *Escherichia coli* and *Listeria*

monocytogenes on iceberg lettuce by dip wash treatments with organic acids[J]. *Letters in Applied Microbiology*, 2007, 44(6): 619–624.

[9] Chaîne A., Arnaud E., Kondjoyan A., et al. Effect of steam and lactic acid treatments on the survival of *Salmonella* Enteritidis and *Campylobacter jejuni* inoculated on chicken skin[J]. *International journal of food microbiology*, 2013, 162(3): 276–282.

[10] Chenjie Wang, Tong, et al. Antibacterial mechanism of lactic acid on physiological and morphological properties of *Salmonella* Enteritidis, *Escherichia coli* and *Listeria monocytogenes*[J]. *Food Control*, 2015.

[11] 乔支红, 程永强, 鲁战会, 等. 乳酸对三种食源性致病菌的抑菌及杀菌作用 [J]. *食品科技*, 2008(10): 187–191.

[12] Chenjie Wang, Tong, et al. Surface physiological changes induced by lactic acid on pathogens in consideration of pKa and pH[J]. *Food Control*, 2014, 46: 525–531.

[13] 黄光斗, 李柯, 张智, 等. 乳酸的生产方法及应用研究 [J]. *轻工科技*, 2006, 000(005): 36–37.

Application of Lactic Acid in Household Cleaning Industry

Zhang Kai, Shi Rong-ying, Ye Xiao

(Shanghai Hutchison Whitecat Company Limited, Shanghai, 200231)

Abstract : This article firstly provides an overview of the functionality and production methods of lactic acid, and introduces its performance and application in household cleaning products in detail. Then, the application status of lactic acid in household cleaning products at home and abroad was compared. Finally, future prospects of the lactic acid application in domestic household cleaning industry was discussed.

Keywords : lactic acid; household cleaning; application

