

复合酶制剂开拓深层清洁与长效抑菌的协同洗涤新路径

蔡悦，陈薇晓，高楠

(诺和新元(北京)，北京，100085)

DOI:10.61369/CDCST.2025040019

摘要：随着消费者对“成分安全”需求的持续升级，洗涤用品行业正加速向绿色功能化原料转型。文章系统探讨了复合酶制剂在洗衣液与洗洁精中的创新应用，重点分析其在抑菌、抗异味及防霉等方面的科学机制。研究表明，复合酶通过精准分解蛋白质、淀粉、甘露聚糖、脂肪等有机污渍，从根本上切断微生物营养源，实现“清洁即抑菌”的长效防护。实验数据表明，含复合酶的洗衣液可显著降低衣物霉菌滋生及异味发生率；食品级酶制剂在洗洁精中能有效抑制砧板霉菌生长及洗碗海绵异味，且符合A类洗洁精的食品级安全标准。为洗涤行业提供了一种兼顾清洁效能与健康安全的绿色解决方案。

关键词：复合酶制剂；深层清洁；长效抑菌；绿色洗涤；清洁效能

作者简介：蔡悦，理学博士，现就职于诺和新元，从事洗涤剂酶制剂应用研究。E-mail: YEC@novonesis.com。

蔡悦



随着消费升级与绿色可持续发展理念的深入，洗涤用品行业正经历由传统表面活性剂主导向绿色功能化原料创新的转型。消费者在选购洗衣液、洗洁精时，愈发关注“成分安全”、“无刺激”及“环保可降解”特性。根据英敏特发布的《购买家居清洁产品-中国-2004年》调查报告数据，50%的消费者愿意为“无化学添加”和“对宠物、儿童友好”的洗涤产品支付溢价，同时超半数消费者对“杀菌消毒”功能存在明确需求^[1]。如何平衡“无化学添加”与“杀菌消毒”的双重诉求，成为行业绿色升级的新机遇。

生物酶技术凭借其“高效、专一、天然、可生物降解”的绿色属性，成为洗涤剂配方创新的核心方向。酶制剂通过催化水解作用，精准分解衣物或餐具上的顽固有机污渍（如蛋白质、淀粉、脂肪、多糖等），不仅提升清洁效率，更通过切断微生物营养源，实现“清洁即抑菌”的长效防护。相较于化学杀菌剂的“杀灭式”作用，酶制剂的“清除式”策略更具温和性、持久性及生态友好性。本文聚焦复合酶制剂在洗衣液与洗洁精中的应用，系统解析其在抑菌、抗异味、防霉等方面的科学机制与实际效能，为行业提供兼具清洁性能与健康安全的解决方案。

1. 复合酶制剂在洗衣液中的应用：从去污到长效抑菌的协同机制

1.1 传统杀菌剂的局限性与健康隐忧

当前市售洗衣液中普遍添加化学杀菌成分，如对氯间二甲苯酚（PCMX）、三氯生（Triclosan）、季铵盐类等，

以实现“99.9%杀菌”或“除螨抑菌”功能。化学杀菌成分具有较好的广谱杀菌性，能够满足消费者对于短时强效的杀抑菌需求，但亦有多项研究表明长期使用含化学杀菌剂的产品可能增加过敏性疾病（如哮喘、过敏性鼻炎）风险^[2-4]，儿科协会及医学专家建议，仅在特定高风险场景使用易挥发消杀产品^[5,6]。

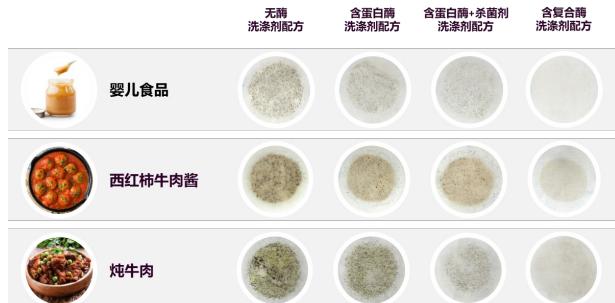
随着社交媒体科普的普及和全民防护意识的提升，“有孩”“有宠”和“敏感体质”人群对洗涤剂成分的审慎度显著提升，亟需更温和的抑菌方案。

1.2 复合酶制剂的去污机制与抑菌原理

我们生存的环境中处处存在着微生物，与其用传统杀菌成分全面“杀死”微生物，不如去关注微生物是如何在织物表面生存与繁殖，并从中截断它生长的“土壤”。经过实验室研究，细菌、真菌、病毒很难在干净、干燥的表面长期存活，因此保持衣物干燥和洁净是实现抑菌的最好办法。

下面用一组实验模拟梅雨天、室内阴干等高发霉场景，探索不同洗涤剂配方的抑菌、控制异味功效。将不同配方洗涤剂处理的测试片置于34°C、湿度>90%，霉菌富集的环境中培养6天。结果显示（见图1），残留有机物（如婴儿食品、肉酱）显著促进霉菌定植，继而带来一系列的卫生问题。而往往这些有机物又是较难被完全清洗干净的，如测试中的无酶洗涤剂配方，污渍与霉斑均明显；单一蛋白酶配方虽降低污渍残留，但未能彻底清除有机物，霉菌仍大量滋生；复合酶配方能高效分解蛋白质、淀粉、油脂为水溶性更高的分子（多肽、寡糖、甘油酸酯等），配合表面活性剂与机械力，彻底带走污渍，切断微生物营

养源，实现绿色“防菌”。实验中同步测试了杀菌剂的作用，其初期抑菌效果显著，但残留有机物持续为微生物提供营养，晾晒、干燥过程中杀菌剂的抑制作用降低，在洗涤6天后霉菌仍大量滋生，证明深层清洁对于长效抑菌的效果更为显著。



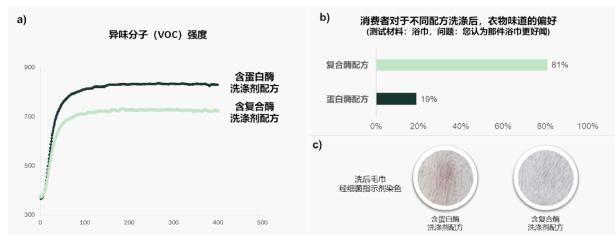
注：环境温度：34°C，相对湿度95%。洗涤方法：波轮洗衣机，2g/L洗衣液，25°C。

图1 不同污渍经过洗涤后，放置在霉菌富集环境中阴干6天后表面污渍残留和霉菌生长情况对比。

1.3 复合酶制剂的长效抗异味能力

很多报道都指出，衣物异味主要源于细菌代谢产生的挥发性有机化合物 (volatile organic compounds, 下文简称 VOCs)，如异戊酸 (汗臭)、硫化氢 (腐蛋味)、氨 (尿味) 等。可见抑制细菌生长，尤其是覆盖衣物存放、再次穿着等多环节的长效抑菌，才能从根本上解决异味反复的问题^[7]。

实验中，受试者连续使用2~3周的浴巾经不同配方洗涤后，在潮湿环境中阴干48小时，监测细菌活动与异味变化。经便携式气味传感器 (POLFA) 检测，复合酶的洗衣液能够显著降低总 VOC 的含量 (图2a)，感官评测结果进一步证实了 VOC 数量的区别可被人体感知。经过气味评定小组的嗅辩测试，81% 受试者认为复合酶配方洗涤后的浴巾气味更清新 (图2b)。同时，细菌指示剂染色显示毛巾经复合酶配方洗涤后细菌活动显著降低 (图2c)，印证复合酶配方通过清除蛋白质、甘露聚糖、皮脂等微生物营养物，实现长效抑菌与异味防控。



注：a) 经便携式气味传感器 POLFA 检测后的异味分子 (VOC) 强度；b) 气味评定小组的感官评测打分情况；c) 通过细菌指示剂染色后的毛巾照片，红色表示有细菌活动。

图2 浴巾经过洗涤、阴干与存储后细菌活动与异味变化

2. 食品级酶制剂在洗洁精中的应用：平衡“绿色安全”与“高效防菌”的新思路

2.1 餐洗产品的卫生痛点与消费者需求

《中国气候变化蓝皮书2025》指出，我国的气温增暖速度高于同期全球平均水平，2025年是有观测记录以来最暖的年份之一，降水线也发生了北移^[8]。暖湿气候为霉菌与细菌繁殖提供理想环境，砧板、抹布、洗碗海绵等厨具的霉斑与异味问题也不再是独属于南方梅雨季节的困扰。

在一项661人参与的线上调查问卷中，我们发现77%的消费者在选购洗洁精产品时会关注“抑菌”、“除菌”等与微生物控制相关的卫生需求，并愿意为此功能付出10%~20%的溢价。但同时消费者也非常关注洗洁精配方的安全性，“无残留”“食品级配方”“可降解”等关键词甚至在有孩家庭、养宠家庭中超越了去污性，成为他们最为关注的餐洗产品特性。这一结果也反映出消费者寻求微生物防控的同时，对配方的安全性有着更高的追求。

区别于织物清洁产品，有长效“防霉”“抑菌”的宣称的餐洗产品并不是很多，抗异味的效果多通过香精遮蔽技术实现。未能彻底清除的霉菌、细菌会持续带来餐厨安全健康隐患，因此，开发具备“防霉+抗异味”双重功能的绿色洗洁精，成为市场迫切需求。

2.2 酶制剂在防止霉菌生长中的作用

一项来自花王公司 (KAO) 的研究报道显示，家庭环境中，厨房中的大肠杆菌数量甚至要高于洗手间^[9]。虽然这项结果非常惊人，但也并不难想象——厨房中的食物残渣正是微生物生长的营养源，以砧板为例，反复的“切”“砍”“剁”会磨损砧板表面，微小的缝隙造成食物残渣的积累，成为卫生死角，是微生物生长的温床。

酶分子能深入砧板缝隙，通过其高效水解的能力，将残留的淀粉类物质分解为小分子糖类，随水冲洗彻底去除，从根本上切断霉菌的营养来源。如图3所示，经过含食品级淀粉酶洗洁精清洁后，砧板缝隙中的深层土豆淀粉污渍能够被高效水解去除，相较于普通洗洁精处理的砧板，霉菌的滋生概率显著下降。这种深层清洁能力使得砧板在梅雨季节也能保持干净、无霉菌，减少消费者对餐具安全的担忧。

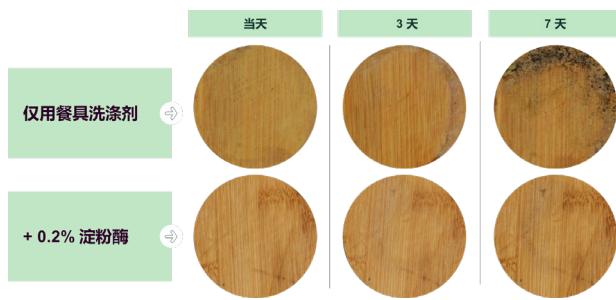


图3 有土豆淀粉污渍的砧板经过洗涤后，放置在霉菌富集环境中的霉菌生长情况对比。

2.3 防止洗碗海绵异味滋生的实证研究

洗碗海绵是厨房中最易滋生细菌的物品之一。美国亚利桑那大学研究发现，一块普通海绵中可能每平方厘米含有 $10^7\sim 10^{10}$ 个细菌，包括大肠杆菌、沙门氏菌等致病菌，并且这种情况并非个例，15%美国家庭的洗碗海绵中都检测到了沙门氏菌^[10,11]。在使用过程中，食物残渣很容易进入海绵的多孔结构中，简单的清理难以完全去除污垢，显著提升了海绵产生异味的概率。很多消费者在问卷调研中提到了海绵的异味问题，并表达了对安全问题的担忧，多数受试者的解决办法是提升洗碗海绵、洗碗抹布的更换频率。

为探索酶制剂对海绵异味的抑制效果，本研究团队开展了一项模拟实验：使用普通洗洁精和含有食品级蛋白酶的洗洁精产品清洁肉馅盘子（含猪肉、鱼肉、蛋），至污渍完全去除，重复三组后在流水下冲洗海绵1min后，将海绵放置在塑料密封袋内过夜后检测海绵上的异味分子（VOC）强度。如图4所示，普通洗洁精洗涤后的海绵上产生了更强的异味，同时，海绵表面的照片也显示，含食品级蛋白酶的洗洁精洗涤后的食物残留物更少。

该结果证实，食品级复合酶通过“清除营养基质”实现长效抑菌。安全性方面，食品级酶制剂符合GB 2760—2014《食品安全国家标准 食品添加剂使用标准》规定，酶蛋白可完全降解，符合消费者对成分天然与安全的健康需求。

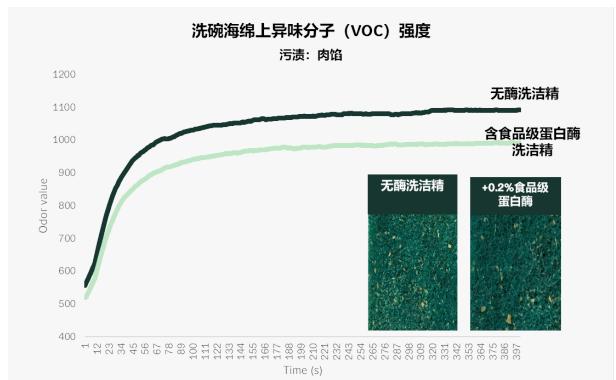


图4 便携式气味传感器 POLFA 检测后的异味分子（VOC）浓度与洗碗海绵的照片

3. 结论与展望

（1）复合酶制剂在洗涤剂中的应用，不仅实现了深层清洁的效果，还在抑菌、抗异味和防霉方面展现出独特优势。与传统化学杀菌剂相比，酶制剂更加安全、健康、环保，符合洗涤剂行业绿色发展的趋势。

（2）随着生物技术的不断进步和消费者健康意识的提升，酶制剂在洗涤剂中的应用将越来越广泛。未来，随着酶制剂技术的进一步优化，复合酶的稳定性和功效将进一步提升，为洗涤剂行业带来更多的创新和变革。

（3）酶制剂作为一种可持续、安全的解决方案，将为行业提供新的增长点，助力洗涤剂的绿色化、高效化升级。

参考文献

- [1] 英敏特. 购买家居清洁产品 - 中国 - 2004年 [EB/OL]. (2024)[2025-09]. <https://baijiahao.baidu.com/s?id=1808045483937492697&wfr=spider&for=pc>.
- [2] Hong S, Kwon HJ, Choi WJ, et al. Association between exposure to antimicrobial household products and allergic symptoms[J]. Environ Health Toxicol. 2014, 29:e2014017.
- [3] Sanidad KZ, Xiao H, Zhang G. Triclosan, a common antimicrobial ingredient, on gut microbiota and gut health[J]. Gut Microbes. 2019;10(3):434-437.
- [4] Bever CS, Rand AA, Nording M, et al. Effects of triclosan in breast milk on the infant fecal microbiome[J]. Chemosphere. 2018; 203:467-473.
- [5] JUD Allen, UD Allen, Canadian Paediatric Society (CPS), Infectious Diseases and Immunization Committee, Antimicrobial products in the home: The evolving problem of antibiotic resistance[J]. Paediatrics & Child Health. 2006, 11(3):169-173.
- [6] 崔玉涛. 崔玉涛育儿百科 [M]. 北京: 中信出版社, 2018.
- [7] Lam, T.H., Verzotto, D., Brahma, P. et al. Understanding the microbial basis of body odor in pre-pubescent children and teenagers[J]. Microbiome. 2018, 6:213.
- [8] 中国气象局气候变化中心. 中国气候变化蓝皮书 2025[M]. 北京: 中国气象局, 2025.
- [9] Ojima, M., Toshima, Y., Koya, E., et al. Hygiene measures considering actual distributions of microorganisms in Japanese households[J]. Journal of Applied Microbiology. 2002, 93: 800-809.
- [10] Cardinale, M., Kaiser, D., Lueders, T. et al. Microbiome analysis and confocal microscopy of used kitchen sponges reveal massive colonization by *Acinetobacter*, *Moraxella* and *Chryseobacterium* species[J]. Sci Rep 2017, 7:5791.
- [11] Abney SE, Ijaz MK, McKinney J, et al. Laundry hygiene and odor control: state of the science[J]. Appl Environ Microbiol. 2021, 87:e03002-20.

Exploration of Multi-enzyme Benefit on Deep Cleaning and Long-lasting Bacteria Inhibition

Cai Yue, Chen Wei-xiao, Gao Nan
(Novonesis, Beijing, 100085)

Abstract : With the continuous enhancement of consumer demand for "ingredient safety," the cleaning products industry is accelerating its transition toward green and functional formulation. This paper systematically investigates the innovative application of multi-enzyme in laundry detergents and dishwashing liquids, focusing on their mechanisms in bacteria inhibition, malodor control and mold prevention. It demonstrates that multi-enzyme realizes long-lasting protection by hydrolyzing organic stains such as proteins, starch, mannans, and fats, thereby cutting off microbial nutrient sources and enabling the concept of "no food for bacteria." Experimental results show that laundry detergents with multi-enzyme significantly reduce mold growth and malodor development on clothing. Furthermore, food-grade enzyme in dishwashing liquids effectively inhibits mold growth on cutting boards and eliminate sponge odors, while meeting the food safety standards of Class A dishwashing liquids. This study presents a sustainable solution for the cleaning industry that integrates superior cleaning performance with health and safety requirements.

Keywords : complex enzyme preparation; deep cleaning; long-lasting antibacterial; green washing; cleaning efficiency

