

# 一种液体碱性蛋白酶制剂的应用性能研究

吕家华, 蒋婷, 张明辉, 陈志兵, 胡云箫  
(上海康地恩生物科技有限公司, 上海, 201210)  
DOI:10.61369/CDCST.2025040007

**摘 要:** 随着生活水平和环保意识提升, 酶制剂作为高效绿色的生物催化剂在家居清洁领域备受关注。其中蛋白酶作为洗涤剂添加的关键, 可高效分解蛋白类污渍, 目前市面上的一些碱性蛋白酶存在短时去污效果弱、稳定性差等问题。文章旨在研究一种新型液体碱性蛋白酶制剂, 研究了其在不同温度、不同添加量下的洗涤性能以及不同洗衣液基料中的应用稳定性, 实验结果表明其具有短时高效的清洁去污能力、良好的稳定性以及针对低温特定洗涤场景的应用优势, 具有广阔市场前景。

**关 键 词:** 碱性蛋白酶; 洗衣液; 低温; 快洗

**作者简介:** 吕家华, 东华大学博士, 2009年创立上海康地恩生物科技有限公司, 致力于酶制剂的应用研发与产业推广。E-mail: lvjh@vlandgroup.com。



吕家华

随着人们生活水平的日益提高和环保意识的逐步增强, 家居清洁产品的清洁和环保性能受到了越来越多的关注。酶制剂作为一种高效、绿色的生物催化剂, 已在家居清洁领域中广泛应用。酶是由生物体产生的一类具有特定催化活性的蛋白质, 能够加速化学反应的进程, 且同时具有高效性、特异性和温和性等特点。在家居清洁过程中, 酶制剂不仅可以有效地分解各种污渍, 降低表面活性剂的用量, 减少环境的污染, 同时还能提高产品的清洁效果和安全性。

家居清洁产品中常见的酶制剂主要包括蛋白酶、脂肪酶、淀粉酶和纤维素酶等, 它们通过特异性催化反应, 可针对性地分解蛋白质、油脂、淀粉等污渍, 在显著提升清洁效果的同时还能达到护理衣物的效果<sup>[1]</sup>。

日常生活中, 衣物常常会沾染各种蛋白质类污渍, 如血渍、奶渍、汗渍、草渍等难以去除的污渍, 这严重影响了衣物的美观和穿着舒适度。碱性蛋白酶作为去除蛋白类污渍的关键, 能够特异性地作用于相应蛋白质污渍(人体分泌物、奶渍、血渍等), 通过水解作用将蛋白质分子中的肽键切断, 使其分解为小分子的氨基酸或多肽, 提高其在水中的溶解性, 从而达到高效清除蛋白类污渍的目的<sup>[2]</sup>。凭借对蛋白质类污渍的高效分解能力, 蛋白酶已经成为洗涤剂中不可或缺的关键成分, 在衣物清洁领域扮演着举足轻重的角色。

然而, 尽管传统碱性蛋白酶在衣物清洁中已取得了一定的成效, 但随着人们生活品质的不断提高, 对洗涤剂的性能要求也日益严苛, 市场上的碱性蛋白酶在实际应用场景中逐渐暴露出一些局限性, 对温度、pH值等环境因素较为敏感, 在较高的温度和pH值范围内才能发挥最佳去污效果, 这在一定程度上限制了洗涤剂的使用场景和效果。此外, 部分传统碱性蛋白酶的稳定性较差, 在储存和运输过程中易失活, 这严重影响了洗涤剂的使用性能和保质期

限。因此, 开发稳定性更高、作用条件更广阔的碱性蛋白酶是行业亟待解决的关键问题<sup>[3]</sup>。科研人员针对此问题也进行了深入探索, 如李婷等通过定向改造显著提升蛋白酶的热稳定性与抗抑制剂能力, 为新型酶制剂研发提供了理论支持<sup>[4]</sup>; 刘畅等通过对海洋微生物源碱性蛋白酶的研究, 拓展了洗涤剂的去污能力与应用场景<sup>[5]</sup>。

基于上述背景, 本研究开发了一款新型洗涤用碱性蛋白酶——可丽净 NX100L, 该酶不仅具有短时高效的清洁去污能力和良好的稳定性, 对低温洗涤的特定场景相比市售碱性蛋白酶具有明显优势, 为消费者提供更加高效、便捷、环保的洗涤体验, 扩大了碱性蛋白酶的市场应用场景。

## 1. 实验材料和方法

### 1.1 实验材料

#### 1.1.1 实验仪器

荧光白度计: 北京京仪康光仪器有限公司(型号为 WSD-3U); 立式去污测定机: 中国日用化学工业研究院(型号为 RHLQ III); 分析天平: 梅特勒-托利多仪器(上海)有限公司(型号为 AL104); 制水机: 上海和泰仪器有限公司(型号为 Smart-20)。

#### 1.1.2 实验试剂

六水合氯化镁: 上海凌峰化学试剂有限公司; 无水氯化钙: 分析纯, 国药沪试试剂; 自制去离子水: 使用 2.1.1 中制水机制备; 自制硬水: 称取 20.37 g 六水合氯化镁和 16.70 g 无水氯化钙, 溶解后于 1000 mL 容量瓶定容后使用。

#### 1.1.3 实验洗涤剂与污布

标准洗衣液(原液 pH: 8.92): 中国日用化学工业研究院; 市售浓缩洗衣液 B(原液 pH: 7.92, 3倍浓缩不含

酶), 客户提供; 市售洗衣凝珠料体 L (原液 pH: 7.07, 8 倍浓缩洗衣凝珠料体不含酶), 客户提供; 市售普通洗衣液 N(不含酶), 客户提供;

EMPA117 污布: 血渍、奶渍、墨水渍混合污渍污布, Swissatest Test Materials Ltd;

EMPA111 污布: 血渍污布, Swissatest Test Materials Ltd;

JB-02 污布: 中国日用化学工业研究院。

## 1.2 实验方法

### 1.2.1 白度测定

参照 GB/T 13174-2021《衣料用洗涤剂去污力及循环洗涤性能的测定》<sup>[6]</sup>, 将污布按同一类别相叠, 使用荧光白度计在样品表面正反两面各选取 2 个测量点, 记录各点白度值, 计算平均值作为测定的白度值。

### 1.2.2 去污力测试

参照 GB/T 13174-2021《衣料用洗涤剂去污力及循环洗涤性能的测定》<sup>[6]</sup>, 将可丽净 NX100L 以及各竞品蛋白酶以相同添加量复配进不同洗衣液基料, 使用立式去污机进行去污力测试。普通洗衣液及标准洗衣液中添加量为 0.2%, 3 倍浓缩洗衣液 (测试取样量为普通洗衣液的三分之一) 及 8 倍浓缩洗衣凝珠中添加量为 0.6% (测试取样量为普通洗衣液的八分之一)。洗涤测试条件温度为 10℃、20℃、30℃及 40℃, 洗涤时长 20 min, 转速为 120 r/min。以洗涤后白度值减去洗涤前白度值表征去污力。

### 1.2.3 应用稳定性测试

应用稳定性测试将可丽净 NX100L 以及各竞品蛋白酶以相同添加量复配进标准洗衣液、市售浓缩洗衣液 B、以及市售洗衣凝珠 L 中, 放置于 40℃ 环境, 定时 (初始、4 周、8 周) 取样, 按照 1.2.2 方法, 使用立式去污机进行去污力测试。以各酶初始的去污白度差值 (扣除基料自身差值) 为 100%, 计算 4 周、8 周的去污白度差值 (扣除基料自身差值) 占初始的百分比即为去污力保留率。计算公式如下:

$$\text{去污力保留率} = \frac{A}{B} * 100\%$$

A——去污力值, 四周 / 八周去污白度差值

B——去污力值, 初始去污白度差值

白度差值保留率越高, 说明稳定性越好。所有洗涤测试均重复三次后取白度值的平均值。

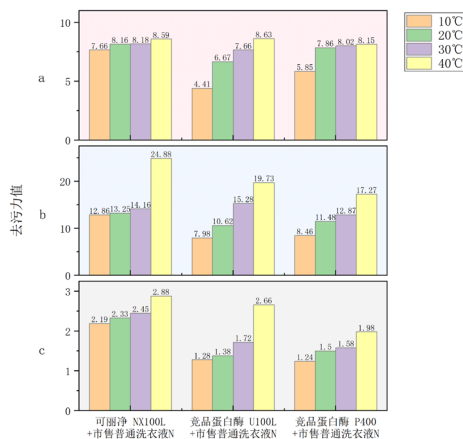
## 2. 结果与讨论

### 2.1 温度对洗涤性能的影响

以市售普通洗衣液 N 作为基料, 分别对 EMPA117、

JB-02 以及 EMPA111 三种标准污布, 在 0.2% 的酶添加量、20min、250mg/kg、120r/min 硬水条件下系统测试其在 10℃、20℃、30℃及 40℃温度条件下的去污效果。从图 1 数据可清晰看出, 在 10℃至 40℃这一温度区间内, 可丽净 NX100L、竞品蛋白酶 U100L 以及竞品蛋白酶 P400 的去污力均呈现出随温度升高而逐渐增大的趋势。这一现象直观表明, 在此温度范围内, 去污效果与温度呈正相关, 即温度越高, 洗涤效果越理想。值得注意的是, 可丽净 NX100L 在三种污布上所展现出的去污力均显著优于两种竞品蛋白酶。特别是在 10℃的低温洗涤条件下, 可丽净 NX100L 的去污力相较于两种竞品蛋白酶具有明显优势, 这一结果表明其在低温环境下仍能高效维持清洁效能。

观察图 1c 可见, 可丽净 NX100L 针对血渍污渍, 在所有测试温度下均呈现出较高的去污力, 这说明可丽净 NX100L 针对血渍洗涤的特定场景具有较好效果。有效地解决了用户长期以来面临的血渍洗涤难题, 为用户提供了便捷、高效且可靠的洗涤解决方案。综上所述, 可丽净 NX100L 不仅具备优良的洗涤应用效果, 而且在低温洗涤以及血渍洗涤领域展现出卓越的性能优势, 具有显著的应用价值。

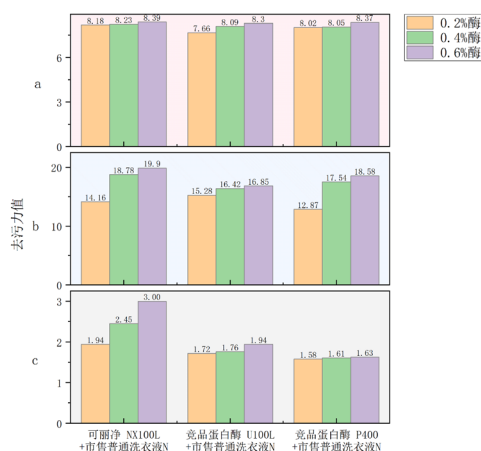


注: a: EMPA117 污布; b: JB-02 污布; c: EMPA111 污布。

图 1 温度对蛋白酶洗涤性能的影响

### 2.2 不同酶添加量对洗涤性能的影响

针对不同污布, 在 30℃、20min、250mg/kg、120r/min 硬水的条件下进一步对不同酶添加量条件下的洗涤性能展开测试。分析图 2 可知, 在市售普通洗衣液 N 中当酶添加量处于 0.2%~0.6% 区间时, 去污力随酶添加量的增加而上升, 呈现出明显的正相关性。据此, 客户能够依据自身特定需求, 选取适配的酶添加量。此外, 可丽净 NX100L 在 JB-02 污布和 EMPA111 污布上所展现出的去污效果相较于其他两种竞品蛋白酶具有显著优势, 这一结果与 2.1 节中的结论高度一致, 进一步佐证了研究结论的可靠性与一致性。



注：a：EMPA117污布；b：JB-02污布；c：EMPA111污布。

图2 不同酶添加量对蛋白酶洗涤性能的影响

### 2.3 快速洗涤条件下不同蛋白酶的去污效果

目前洗衣液的短时快洗越来越受客户追捧，这也要求了洗衣液在快速洗涤条件下需要达到较好的洗涤效果，因此我们探究了蛋白酶NX100L在10 min、30℃、250mg/kg硬水、120r/min、0.2%酶添加量的条件下与其他竞品蛋白酶的洗涤效果差异，结果如图3。结果表明蛋白酶可丽净NX100L在对JB-02、EMPA111的去污力优于竞品蛋白酶U100L和P400。在快速洗涤条件下，可丽净NX100L是更好的选择，这也满足了客户市场上洗衣液在快速洗涤的要求。

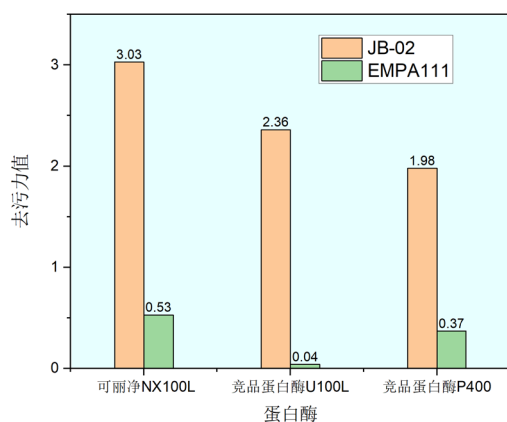


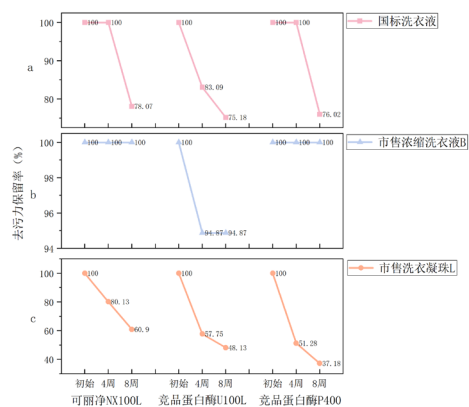
图3 快速洗涤（10 min）条件下不同蛋白酶的去污效果

### 2.4 酶应用稳定性

为深入探究可丽净NX100L的稳定性及其在各类洗涤剂中的普适性，分别选取具有广泛代表性的标准洗衣液、市售浓缩洗衣液B以及洗衣凝珠L在30℃、20min、120r/min、250mg/kg硬水的条件下展开研究。

首先，针对EMPA117污布，将可丽净NX100L及各竞品蛋白酶以相同添加量分别复配至各类洗涤剂中，并置于40℃环境进行为期8周的稳定性测试。由图4数据可知，可丽净NX100L在三类洗涤剂中，8周去污力保留率均处于最

高水平，分别达到78.07%、100%以及60.9%。进一步对图4c进行深入分析发现，可丽净NX100L在水含量极低的洗衣凝珠体系中，仍可维持较高的去污力保留率，这一结果表明，与竞品蛋白酶相比该蛋白酶在水含量稀缺的严苛环境下，具备更强的活性维持能力，为洗衣凝珠产品的配方优化及消费者选择提供了全新的思路与依据。

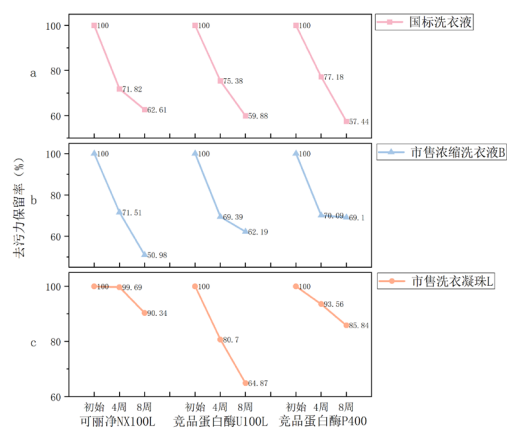


注：a：国标洗衣液；b：市售浓缩洗衣液B（3倍浓缩）；c：市售洗衣凝珠L（8倍浓缩洗衣凝珠）。

图4 不同蛋白酶的稳定性变化

（以EMPA117污布去污力保留率计）

接着，针对JB-02污布，将可丽净NX100L及各竞品蛋白酶以相同添加量分别复配至各类洗涤剂中，并置于40℃环境进行为期8周的稳定性测试。由图5数据可知，可丽净NX100L在国标洗衣液中8周去污力保留率可达62.61%，略高于竞品蛋白酶；在市售洗衣凝珠L中8周去污力保留率远高于竞品蛋白酶，可达90.34%，这一点与图4结论一致。然而，可丽净NX100L在市售浓缩洗衣液B中8周去污力保留率并不十分突出，略低于竞品蛋白酶，仅为50.98%。

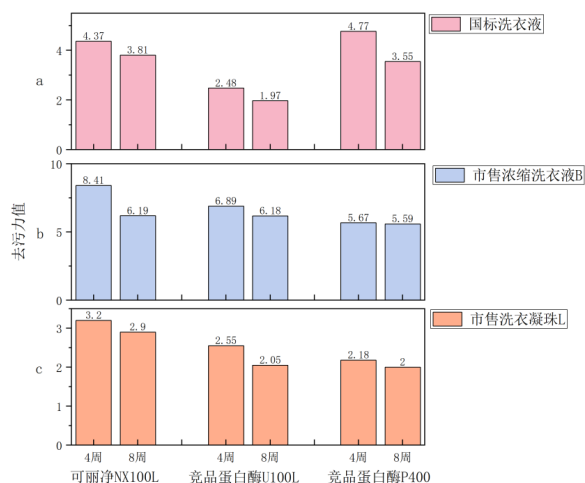


注：a：国标洗衣液；b：市售浓缩洗衣液B（3倍浓缩）；c：市售洗衣凝珠L（8倍浓缩洗衣凝珠）

图5 不同蛋白酶的稳定性变化

（以JB-02污布去污力保留率计）

尽管针对 JB-02 污布, 可丽净 NX100L 在市售浓缩洗衣液 B 中 8 周的去污力保留率未展现出显著优势, 通过对可丽净 NX100L 在 JB-02 污布上的去污力值数据分析可知 (图 6), 因其 4 周和 8 周去污力高于其他两种竞品蛋白酶, 即便在去污力保留率方面无突出表现, 在历经 8 周后, 其去污力相较于其他两种竞品蛋白酶仍处于较高水平。



注: a: 国标洗衣液; b: 市售浓缩洗衣液 B (3 倍浓缩); c: 市售洗衣凝珠 L (8 倍浓缩洗衣凝珠)

图6 不同蛋白酶的稳定性变化 (以对 JB-02 污布去污力值计)

### 3. 结论

本研究以可丽净 NX100L 为研究对象, 分别探究了其在不同温度、快洗条件下、不同酶添加量下的洗涤性能以及不同基料中的应用稳定性情况。结果表明:

在 10~40℃ 这一温度区间内时, 可丽净 NX100L 在

EMPA117 污布、JB-02 污布和 EMPA111 污布上的去污力均大于竞品蛋白酶, 说明其去污能力最佳。同时, 当洗涤温度为 10℃ 的低温时, 可丽净 NX100L 的去污力更强。在快洗条件下对 EMPA111 和 JB-02 应用效果更为突出, 优于竞品蛋白酶。这些结果说明蛋白酶可丽净 NX100L 同时具有明显的低温和快洗洗涤优势。

针对不同污渍的洗涤性能, 可丽净 NX100L 在 JB-02 污布上的去污力优于竞品蛋白酶, 说明其对蛋白污渍具有突出的洗涤效果。此外, 可丽净 NX100L 针对血渍污渍具有强大的去污能力, 在内衣洗护领域具有良好的应用前景。

可丽净 NX100L 在三大类洗涤剂 (普通洗衣液、3 倍浓缩洗衣液和 8 倍洗衣凝珠中) 均具有良好的稳定性 (去污力保留率高且洗后与绝对去污力大), 蛋白酶可丽净 NX100L 具有较好的配方兼容性以及稳定性。

### 参考文献

- [1] 朱慧, 李睿, 赵谋明. 蛋白酶在洗涤剂中的应用研究进展 [J]. 日用化学工业, 2019, 49 (3): 178-184.
- [2] 张慧, 陈敏, 徐岩. 嗜碱芽孢杆菌产碱性蛋白酶及其在洗涤剂中的应用 [J]. 食品与生物技术学报, 2017, 36 (12): 1309-1315.
- [3] 赵晓, 李勇, 王强, 等. 新型低温碱性蛋白酶的特性及其在洗涤剂中的应用潜力 [J]. 生物工程学报, 2020, 36 (5): 924-934.
- [4] 李婷, 王芳, 张宇, 等. 基于蛋白质工程的洗涤剂用蛋白酶性能优化研究 [J]. 精细化工, 2021, 38 (9): 1885-1891.
- [5] 刘畅, 杨悦, 孙健, 等. 海洋微生物源碱性蛋白酶在洗衣液中的应用研究 [J]. 中国洗涤用品工业, 2022 (7): 42-47.
- [6] GB/T 13174-2021 衣料用洗涤剂去污力及循环洗涤性能的测定
- [S]. 国家市场监督管理总局, 国家标准化管理委员会, 2021.

## Study on the Application Performance of Liquid Alkaline Protease Preparation Kleenzyme NX100L

Lü Jia-hua, Jiang Ting, Zhang Ming-hui, Chen Zhi-bing, Hu Yun-xiao  
(Shanghai Kangdien Biotechnology Co., LTD, Shanghai, 201210)

**Abstract :** With the improvement of living standards and environmental awareness, enzyme preparations, as efficient and green biocatalysts, have attracted much attention in the field of household cleaning as efficient and green biocatalysts. Among them, protease, as the key to add in detergents, can efficiently decompose protein stains. But traditional alkaline proteases still have problems such as environmental sensitivity, limited application scenarios, and poor stability. This paper aims to develop a new liquid alkaline protease preparation, Kleenzyme NX100L. Its washing performance at different temperatures and different addition amounts, as well as its application stability in different base materials, are studied. It is confirmed that it has high cleaning and decontamination ability, good stability, and application advantages for specific washing scenarios such as low temperature and blood stains, which has broad market prospects.

**Keywords :** alkaline protease; laundry detergent; low-temperature; quick wash