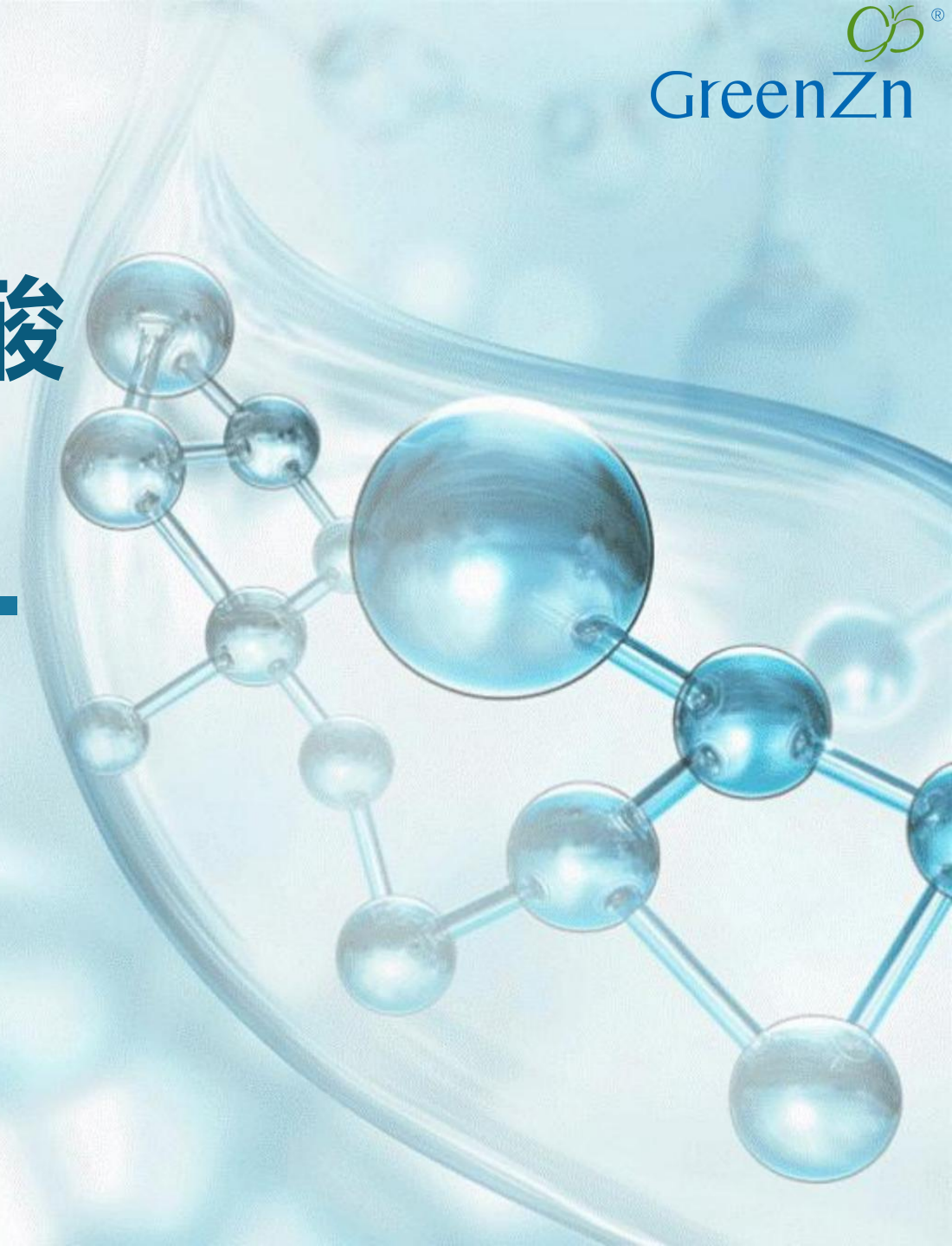


生物发酵原料 ϵ -聚赖氨酸

产品介绍



目录

CONTENTS

01 原料概述

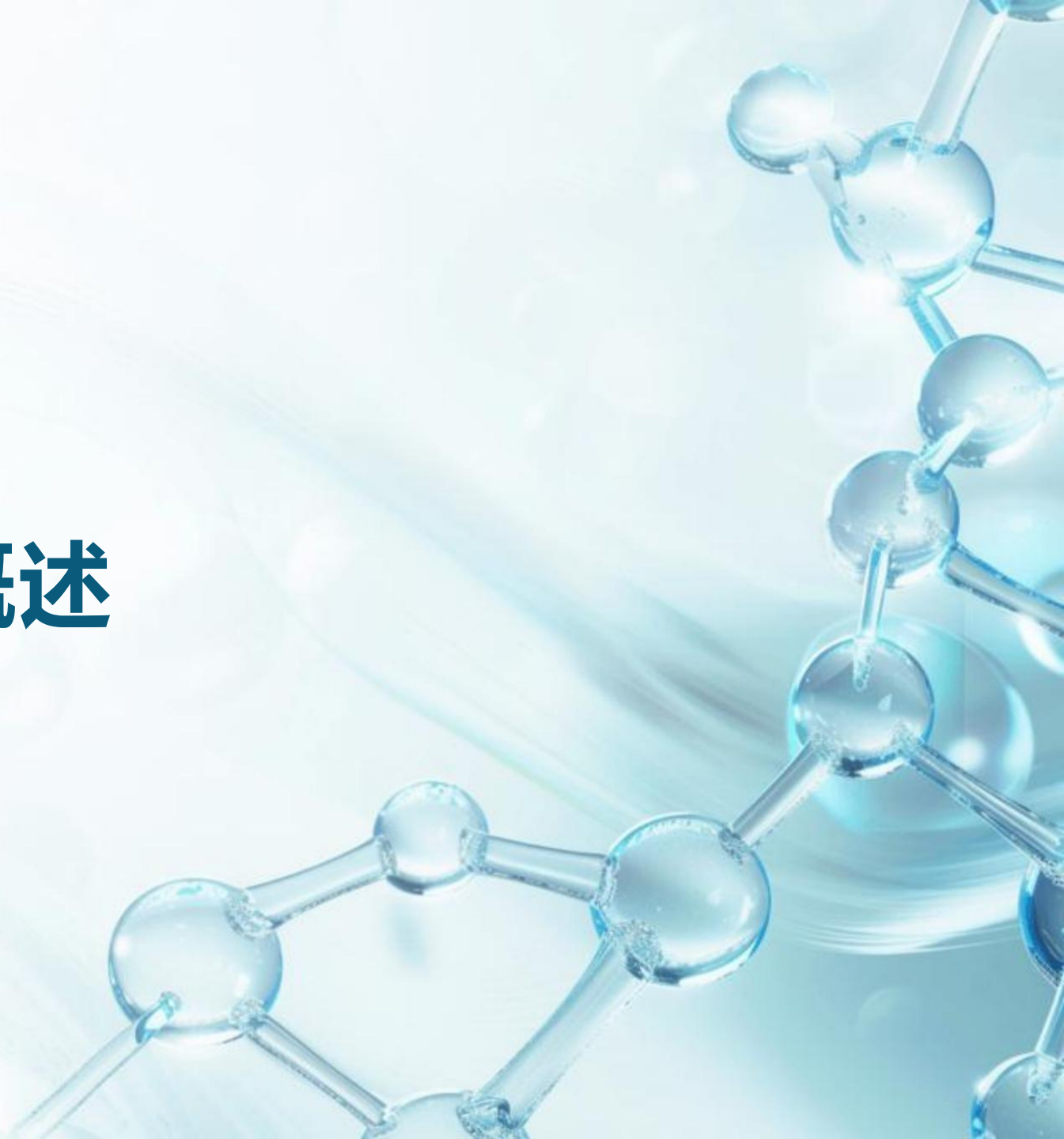
02 抗菌机理

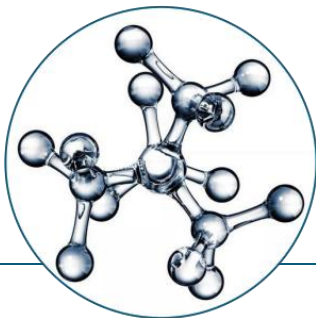
03 抗菌谱系

04 应用领域

PART 01

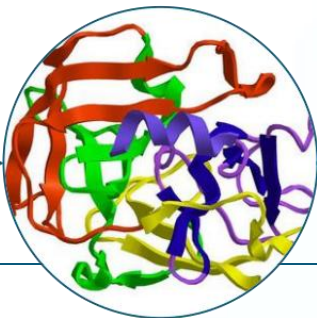
ϵ -聚赖氨酸 原料概述





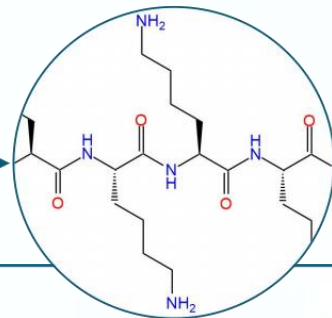
结构特征

聚赖氨酸是由L-赖氨酸通过 α -或 ϵ -位点聚合而成的直链多肽，其侧链带有大量游离氨基 ($-\text{NH}_3^+$)，形成强阳离子特性。其中 ϵ -聚赖氨酸的聚合度通常为25-35个赖氨酸单元，分子量范围为3600-4300Da。



物理性质

外观呈淡黄色至白色粉末，具有强吸湿性（相对湿度80%时吸水量可达30%），易溶于水，形成澄清溶液（溶解度 $>500\text{g/L}$ ），在pH为2-9范围内保持稳定， 120°C 高温处理20分钟仍保持90%以上活性。



化学特性

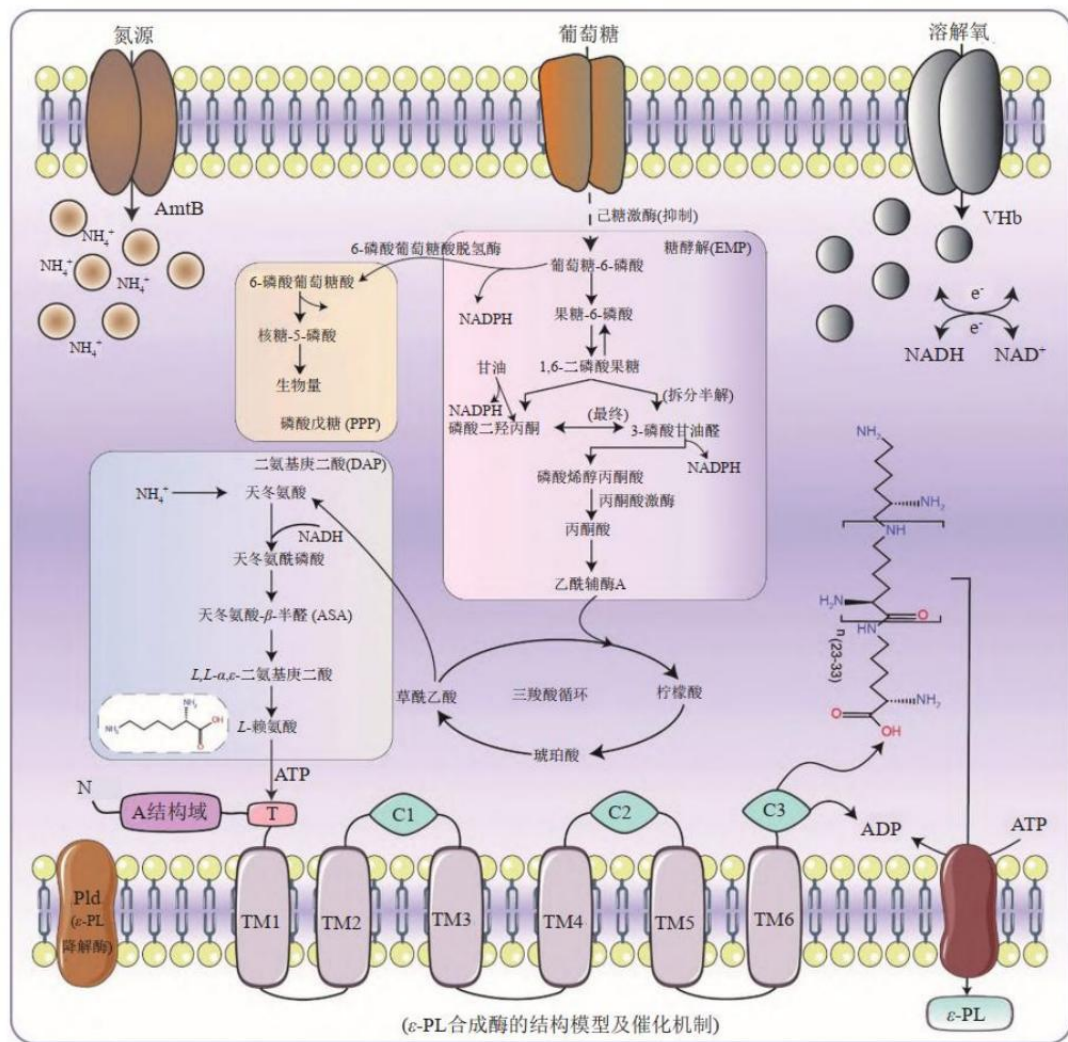
作为两性电解质，其等电点为9.0，在酸性条件下质子化程度更高。独特的正电荷特性使其可通过静电作用与带负电的细胞膜结合，这是其抗菌作用的核心机制。

聚赖氨酸的化学合成是在1947年首先完成的，化学法合成的聚赖氨酸为 α 型，其赖氨酸残基之间的酰胺键是有 α -氨基和 α -羧基缩合而成。

由L-赖氨酸聚合酶催化单体赖氨酸聚合而成，所以 ϵ -聚赖氨酸的代谢途径可能经赖氨酸合成途径，筛选聚赖氨酸产生菌株，并利用其进行发酵生产聚赖氨酸。

1977年：日本科学家Shima和Sakai在白色链霉菌(*Streptomyces albulus*)发酵液中首次发现 ϵ -聚赖氨酸。

1998年：日本科学家Hiraki采用“S-2-(氨基乙基)-L-半胱氨酸甘氨酸”抗性筛选结合诱变方法选育出了诱变株*S. albulus* 11011A，其 ϵ -PL产量达到2.11g/L。





● 毒理学数据

FDA认证为GRAS物质（食品添加剂的安全性指标：GRN No.135），急性经口LD₅₀>5g/kg（大鼠），与氯化钠4g/kg毒理数据相当；无致突变性（Ames试验阴性），亚慢性毒性试验显示每日允许摄入量（ADI）为50mg/kg。

● 稳定性表现

在pH为2-9的水溶液中25℃储存6个月活性保留率>90%，粉末状产品铝箔袋包装下37℃加速试验3个月未见明显降解，高温环境下（120℃，20min）不分解，但需避免与强氧化剂（如过硫酸盐）接触。

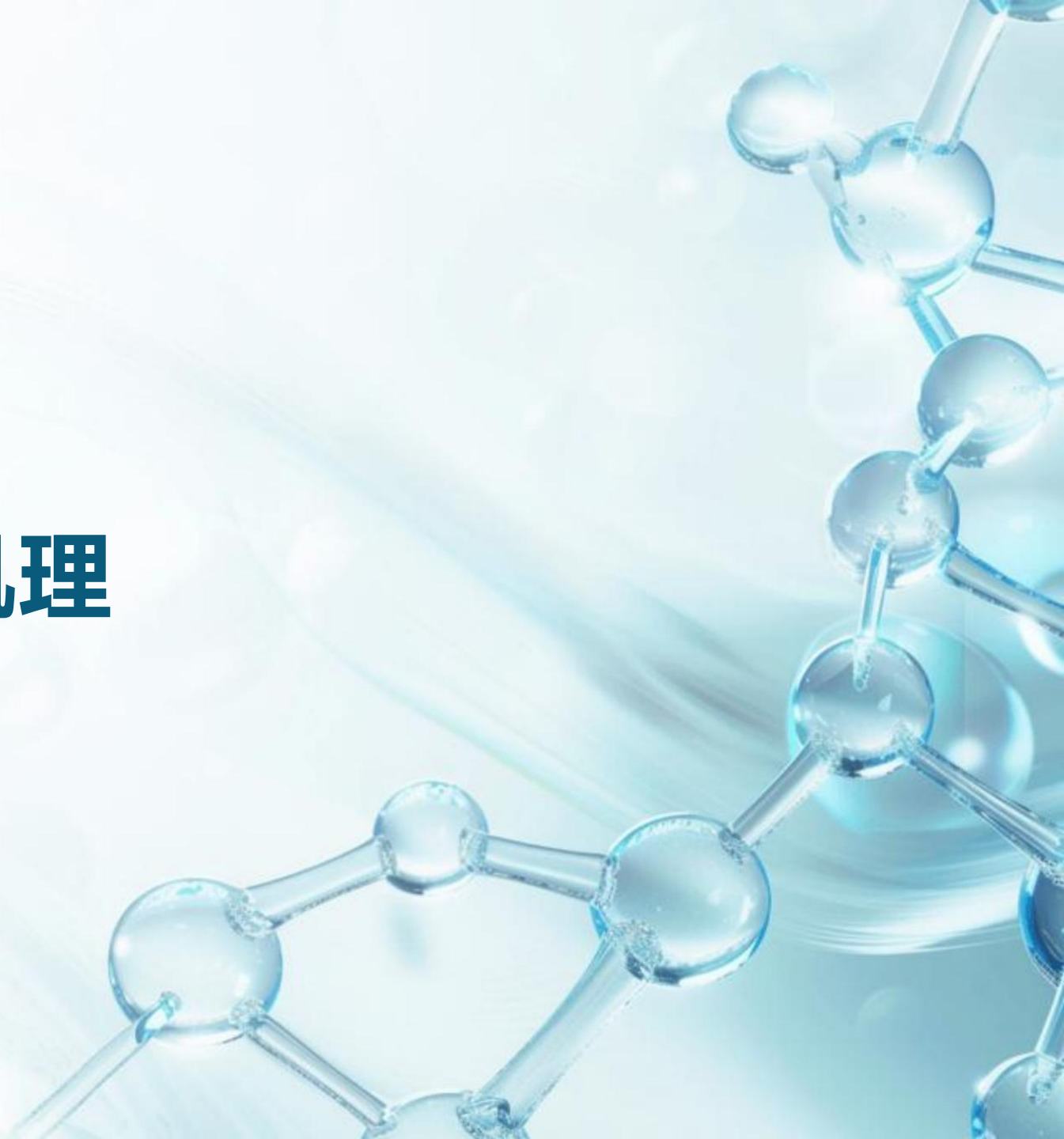


● 代谢特性

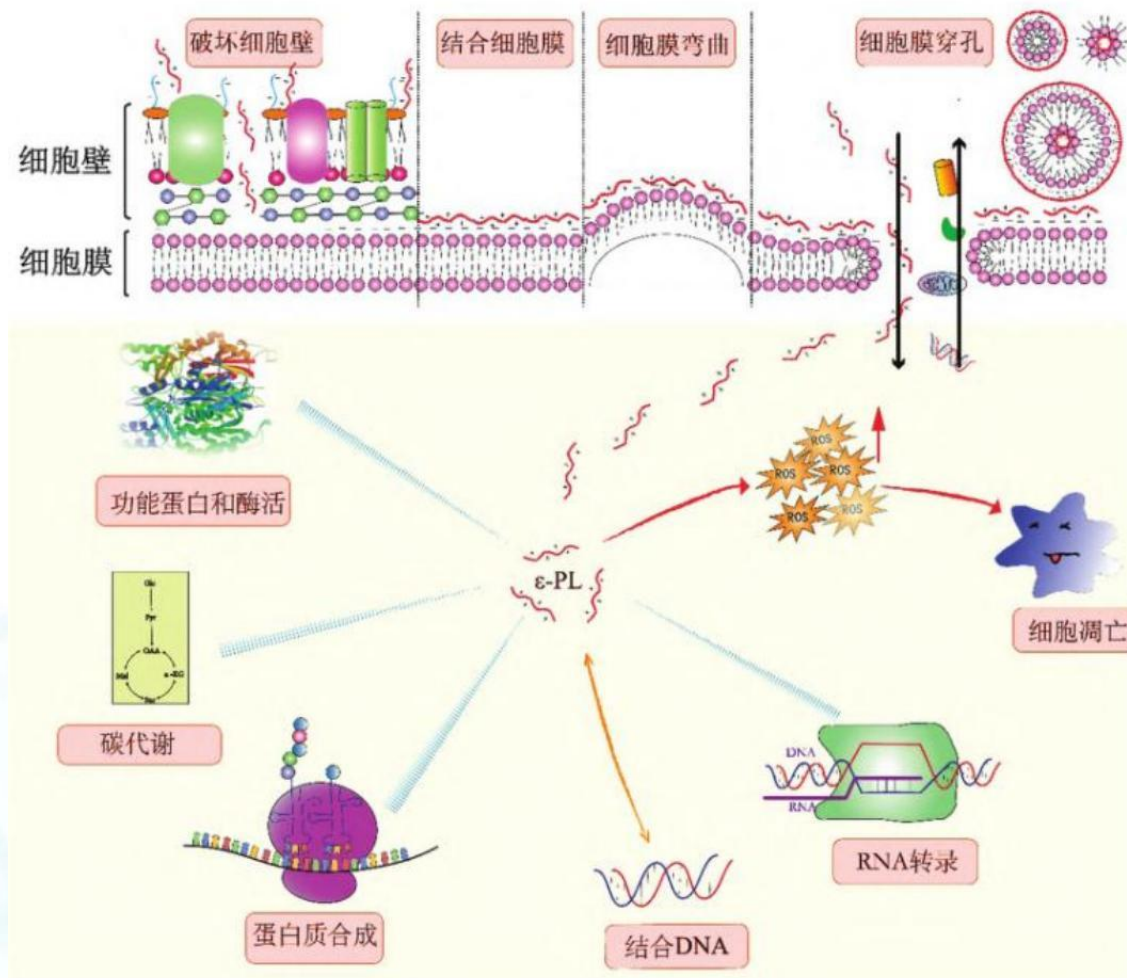
可在哺乳动物体内被蛋白酶降解为赖氨酸单体，经Krebs循环完全代谢，生物半衰期约4-6小时，无生物蓄积风险，符合OECD绿色化学品标准。人体摄入ε-聚赖氨酸后，能降解成赖氨酸营养物，被吸收利用。

PART 02

ϵ -聚赖氨酸 抗菌机理



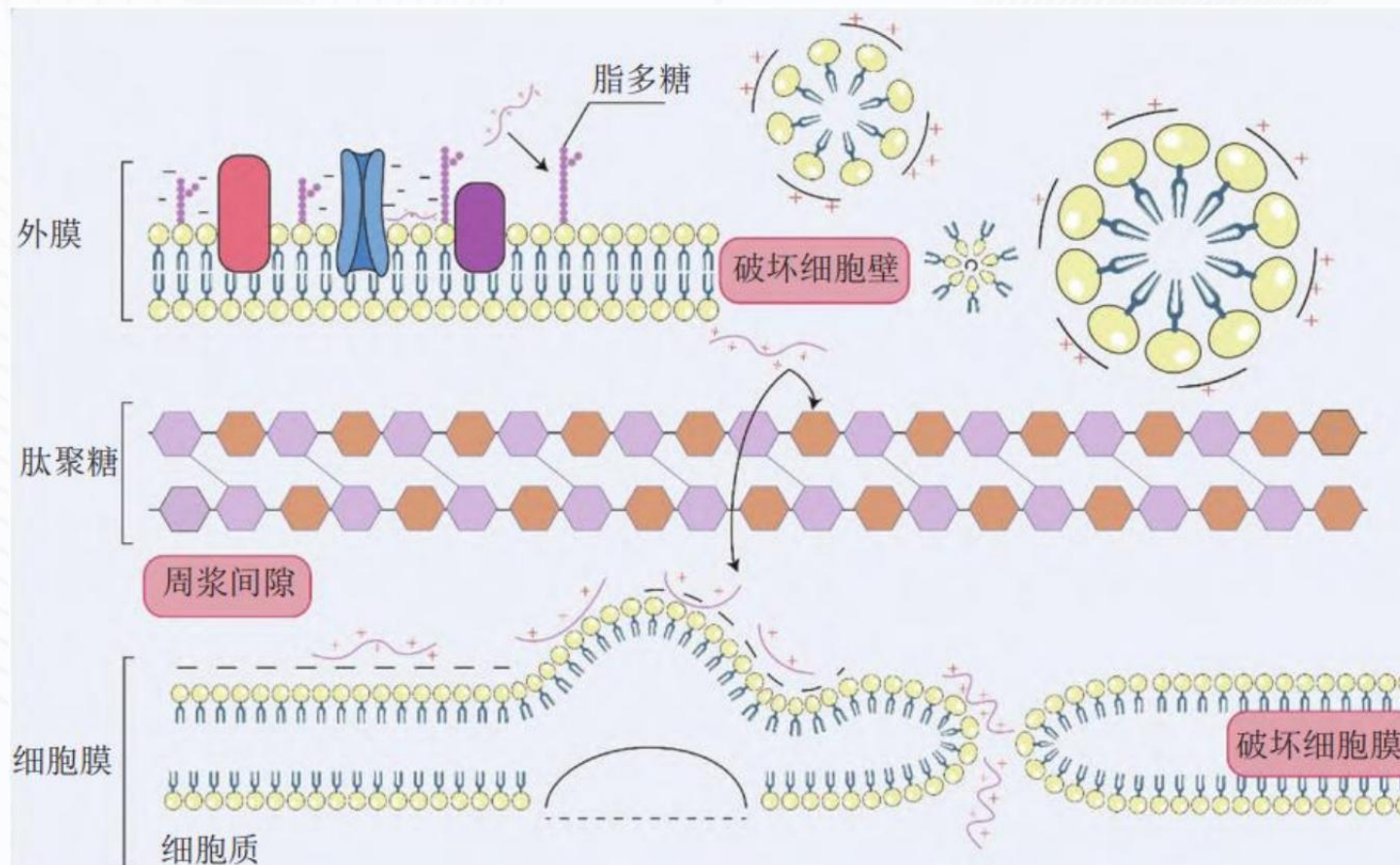
ϵ -聚赖氨酸 (ϵ -PL) 的抑菌机理



ϵ -PL 的抑菌机制:

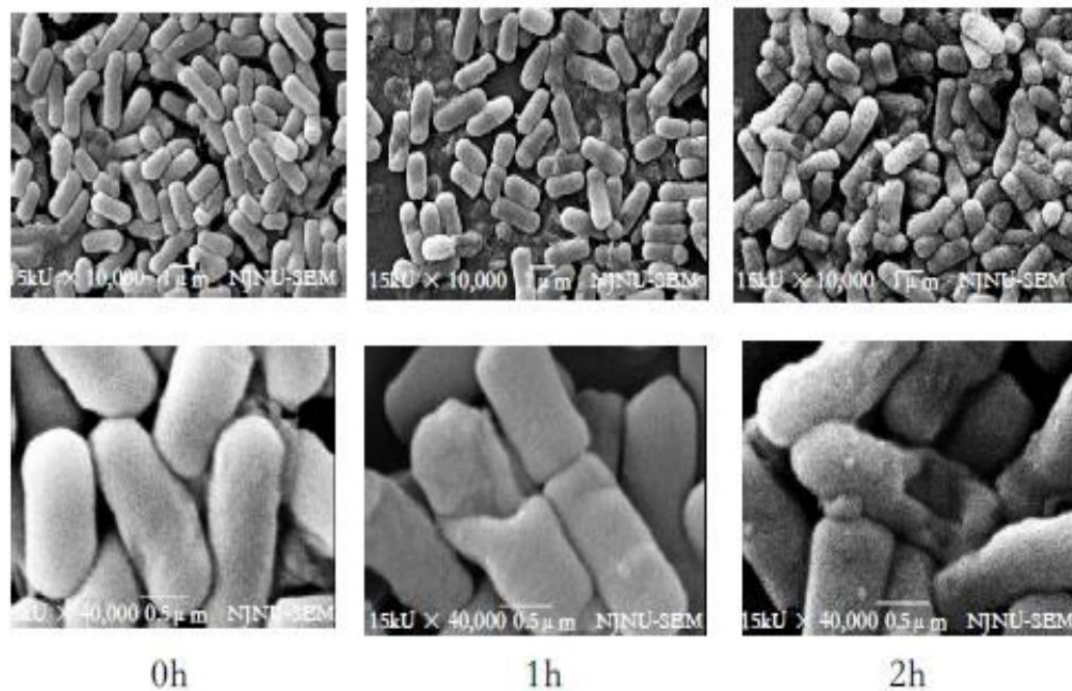
- (1) ϵ -PL 对**细胞膜**的影响，干扰细胞的能量、物质和信息的传输；
- (2) ϵ -PL 对**功能性蛋白质**或**主要酶**的影响，导致能量代谢障碍；
- (3) ϵ -PL 对**基因**的影响，导致DNA的破坏。

以大肠埃希菌为例：

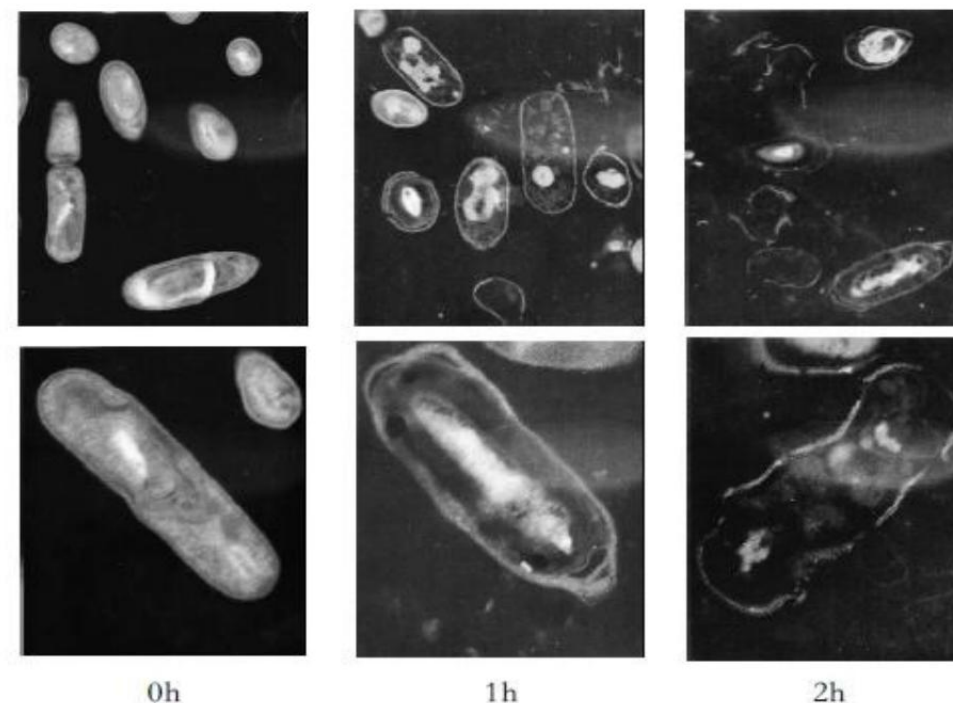


ϵ -PL 先是通过**静电作用**与细胞膜结合，铺满细胞膜表面，使大肠埃希菌细胞磷脂双分子层弯曲受损，**细胞膜逐渐分解**，细胞内物质如电解质、胞内核酸与蛋白质流出，进而导致菌体死亡。

细胞膜结构图

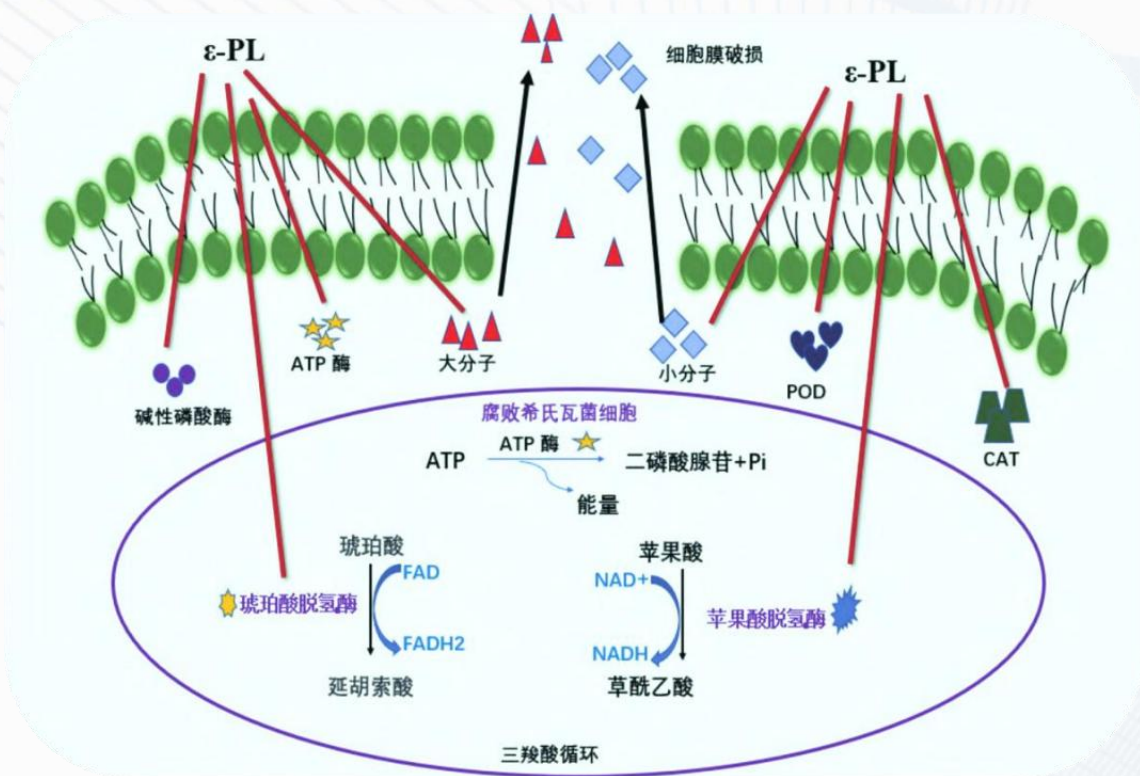


ε-聚赖氨酸分别处理0、1、2h的大肠杆菌扫描电镜图

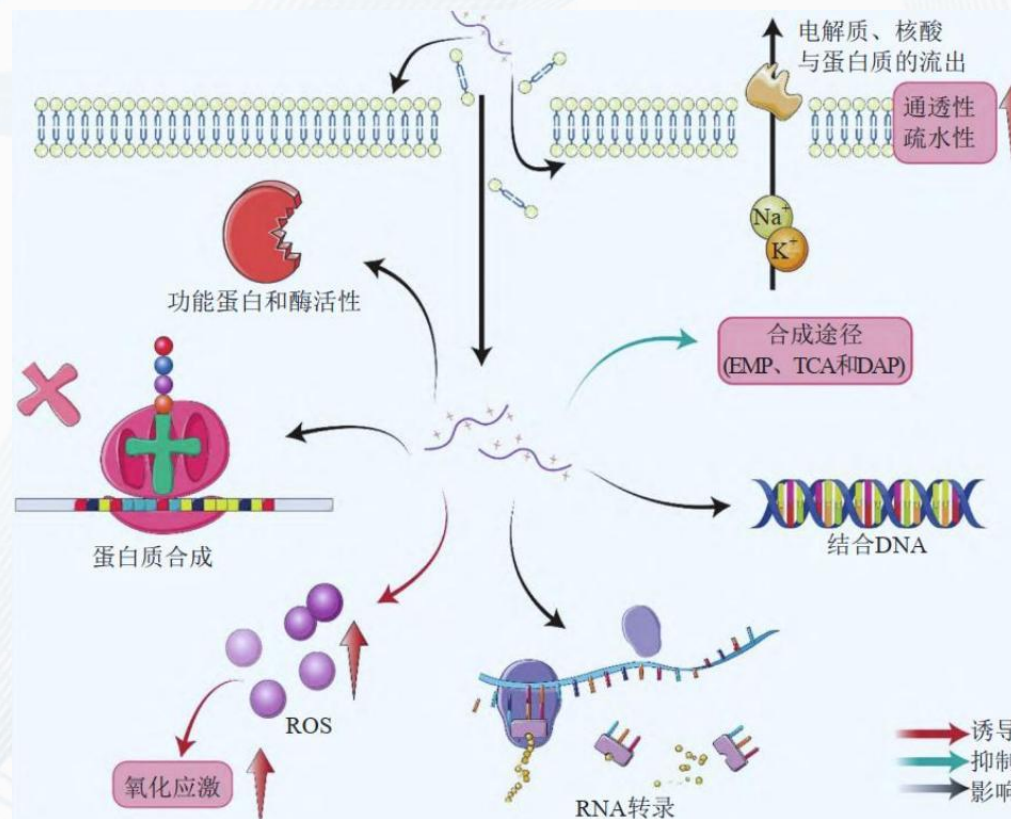


ε-聚赖氨酸分别处理0、1、2h的大肠杆菌透射电镜图

以腐败希瓦氏菌为例：



ε-PL 能抑制细菌的糖酵解和三羧酸循环途径，从而对其代谢产生一定的影响，并导致细菌的死亡。



ε-PL进入细胞质后，会刺激活性氧(ROS)的产生，影响细胞对氧化应激和自卫的反应，最终阻碍细胞呼吸，影响细胞活力，进而诱导细胞死亡。

PART 03

ϵ -聚赖氨酸 抗菌谱系



革兰氏阳性菌（如金黄色葡萄球菌、李斯特菌、枯草芽孢杆菌等）的细胞壁主要由厚的肽聚糖层构成，其表面带有较多的**负电荷**（如磷壁酸）。

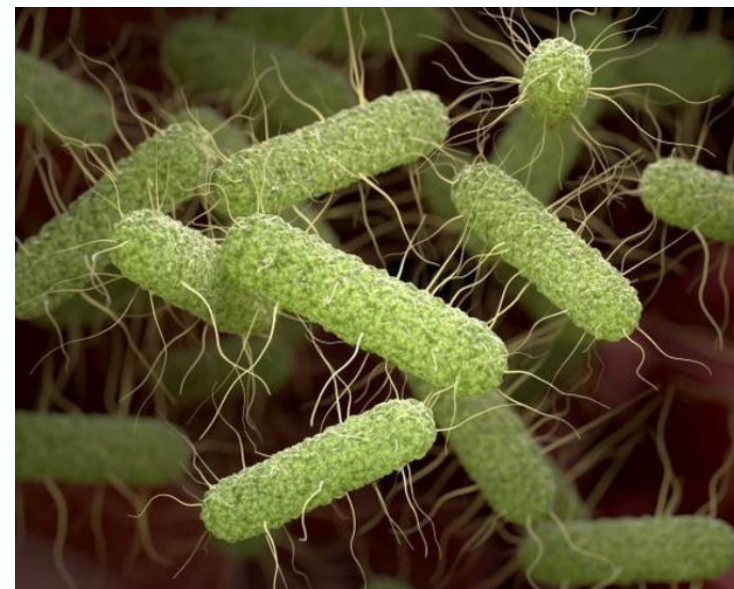
聚赖氨酸带**正电荷**，很容易通过**静电作用**吸附在细胞壁上，破坏细胞壁和细胞膜的完整性。

- **抑制效果：**聚赖氨酸对革兰氏阳性菌的抑制作用**较强**，通常在较低浓度（如 50-200 $\mu\text{g}/\text{mL}$ ）下即可发挥显著效果。
- **典型案例：**
 - 对金黄色葡萄球菌的最小抑菌浓度（MIC）约为 50-100 $\mu\text{g}/\text{mL}$ ；
 - 对李斯特菌最小抑菌浓度（MIC）约为 25-50 $\mu\text{g}/\text{mL}$ ，能有效抑制其在低温环境下的繁殖。



革兰氏阴性菌（如大肠杆菌、沙门氏菌、铜绿假单胞菌等）的细胞壁外层有脂多糖（LPS）构成的外膜，对阳离子物质的穿透有一定**阻碍**作用。聚赖氨酸需要穿透或破坏这层外膜才能作用于内膜。

- **抑制效果：**聚赖氨酸对革兰氏阴性菌的抑制作用**弱于革兰氏阳性菌**，需较高浓度（如 100-500 $\mu\text{g/mL}$ ）才能发挥作用，部分菌株可能需要与其他物质协同（如 EDTA，可破坏外膜结构）以增强效果。
- **典型案例：**
 - 对大肠杆菌的MIC约为 200-300 $\mu\text{g/mL}$ ；
 - 对沙门氏菌的MIC约为 300-500 $\mu\text{g/mL}$ ，单独使用时抑制效果有限，联合使用有机酸（如柠檬酸）可提升抗菌活性。

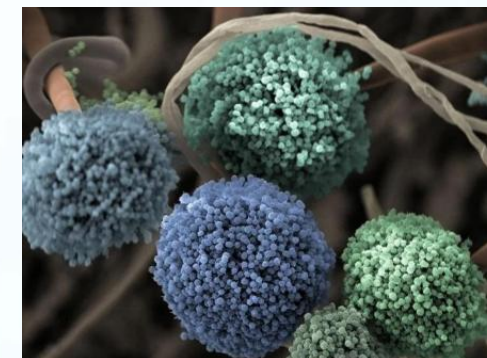


真菌（如酵母菌，常见的有酿酒酵母、白色念珠菌等）属于真核生物，细胞膜也含有带负电荷的成分（如磷脂），聚赖氨酸通过与细胞膜相互作用，破坏其通透性和功能。

- **抑制效果：**聚赖氨酸对真菌的抑制作用**中等**，对酵母菌的抑制浓度通常高于细菌，部分酵母菌对其敏感性较低。
- **典型案例：**
 - 对酿酒酵母的MIC约为 300-600 μ g/mL；
 - 对白色念珠菌的MIC约为 200-400 μ g/mL，但其抑制效果弱于抗真菌药物（如氟康唑）。

霉菌是多细胞真菌，细胞壁通常更厚、更复杂，主要成分有几丁质、葡聚糖、纤维素等，对聚赖氨酸的穿透构成更大障碍。

- **抑制效果：**聚赖氨酸对霉菌的抑制作用**相对较弱**，通常需要较高浓度，且对不同霉菌的敏感性差异较大。
- **典型案例：**
 - 对黑曲霉的MIC约为 500-1000 μ g/mL；
 - 对青霉菌的抑制效果有限，单独使用时难以完全阻止其生长，需与其他防霉剂（如山梨酸钾、纳他霉素）联合使用以增强效果。



不同聚合度分布范围 ϵ -聚赖氨酸的最小抑菌浓度

Test strain	$c(\text{MIC}) / (\mu\text{g/mL})$		
	8 – 35	30 – 35	8 – 20
Gram-positive bacteria			
<i>Staphylococcus aureus</i>	1	0.25	4
<i>Bacillus subtilis</i> CICIM B0629	1	0.5	2
<i>Aerobacter aerogenes</i>	1	0.25	4
Gram-negative bacteria			
<i>Escherichia coli</i> CICIM B0013	1	0.5	2
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> CICIM B0125	1	1	4
<i>Proteus bacillus vulgaris</i>	1	1	2
Yeasts			
<i>Saccharomyces cerevisiae</i> CICIM Y0086	320	320	160
<i>Schizosaccharomyces octosporus</i> CICIM Y0045	320	320	160
<i>Torulopsis globosa</i> CICIM Y1017	640	640	320
Molds			
<i>Aspergillus niger</i> CICIM F0045	> 1280	> 1280	> 1280
<i>Aspergillus oryzae</i> CICIM F1005	> 1280	> 1280	> 1280
<i>Penicillium chrysogenum</i> CICIM F0058	> 1280	> 1280	> 1280

聚合度为30-35 时， ϵ -PL 对细菌的抑制能力最强；低聚合度的 ϵ -PL有利于抑制酵母菌。

PART 04

ϵ -聚赖氨酸 应用领域



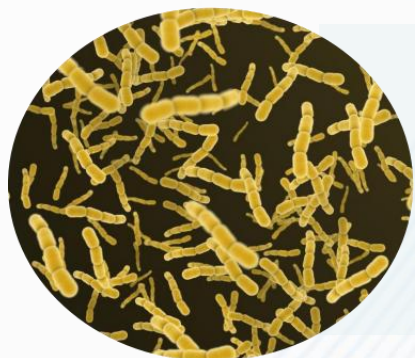
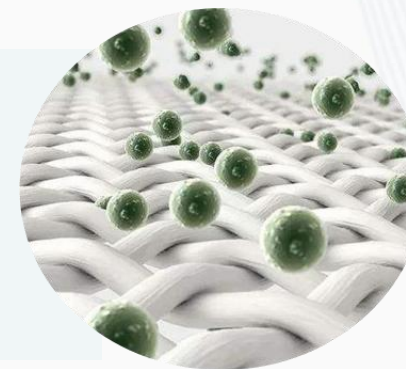


● 广谱抗菌性

能有效抑制革兰氏阳性菌（如金黄色葡萄球菌）、阴性菌（如大肠杆菌）、酵母菌及霉菌，尤其对耐热芽孢杆菌的抑制效果显著，适用于高温加工食品防腐。

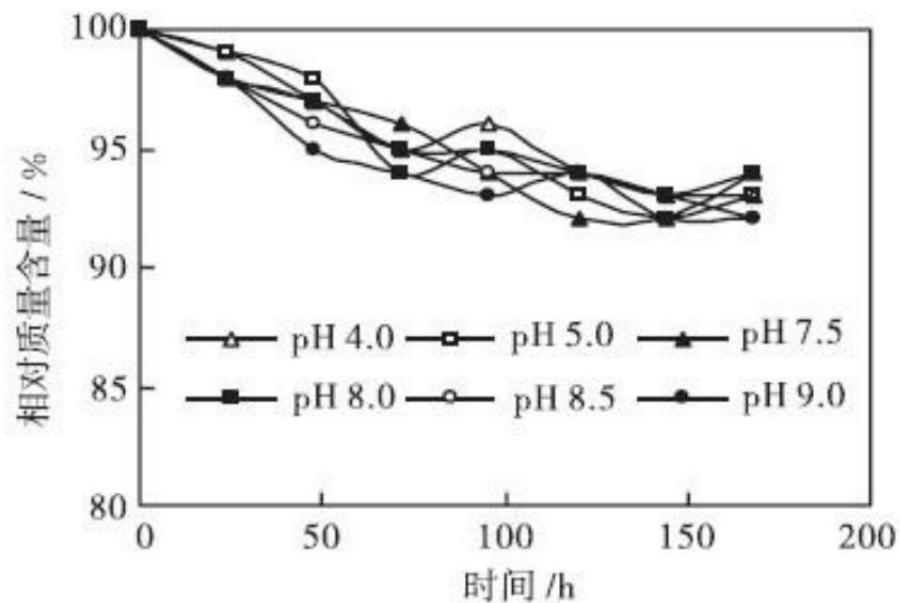
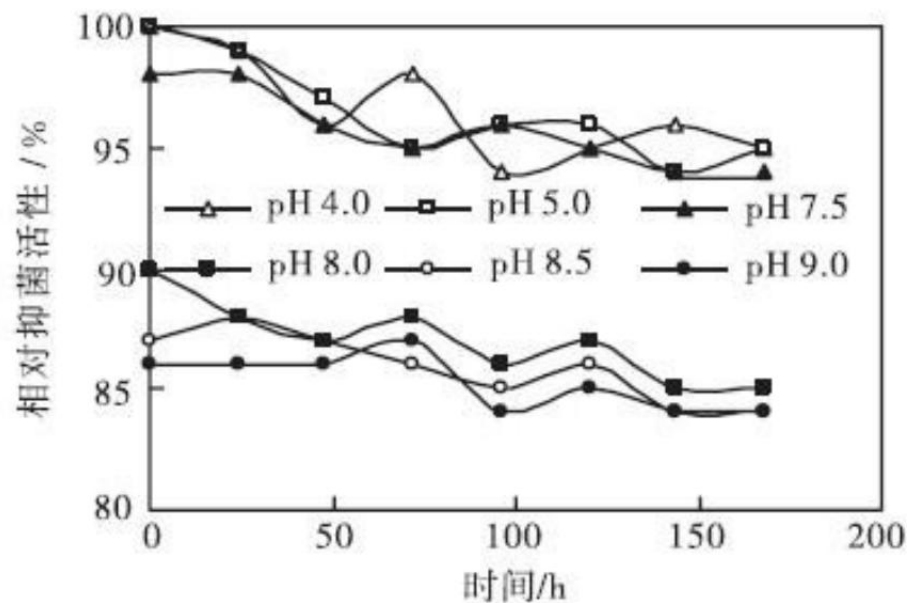
● 热稳定性与pH适应性

在120℃高温下维持20分钟不分解，适用于热处理食品；pH 2-9范围内均保持活性，弥补传统防腐剂在中碱性环境失效的缺陷。



● 安全性与溶解性

易溶于水且无色无味，添加量仅需0.15‰即可起效，其水解产物为人体必需赖氨酸，被归类为营养型抑菌剂，符合食品级安全标准。

(a) pH 对 ϵ -PL 相对质量含量的影响(b) pH 对 ϵ -PL 相对抑菌活性的影响

- 1、 ϵ -聚赖氨酸相对质量含量在pH 4.0~9.0 范围内，随放置时间的延长，含量下降幅度小于8%。
- 2、在 pH 4.0~9.0 范围内， ϵ -聚赖氨酸相对抑菌活性在放置期间波动范围低于5%，效果稳定。
- 3、在pH 4.0~7.5 范围内， ϵ -聚赖氨酸相对抑菌活性维持在95%以上，pH 8.0~9.0的聚赖氨酸相对抑菌活性下降约15%。

ϵ -聚赖氨酸 应用领域

01

食品领域

ϵ -聚赖氨酸盐酸盐被广泛应用于食品、饮料中。如肉制品、高盐食品、罐头、快餐、糕点、饮料、酒类等食品的防腐保鲜，而且效果较好。具有防腐、乳化双重功效。

02

日化领域

ϵ -聚赖氨酸由于具有广谱抗菌性，能有效抑制各种微生物的生长，广泛应用于牙膏、漱口水、肥皂、洗手液、湿巾、厨房清洗、妇女卫生巾、婴儿尿片等日化产品。

03

医药领域

ϵ -聚赖氨酸富含阳离子，与带有阴离子的物质有较强的静电作用力并且对生物膜有良好的穿透力，与氨甲嘌呤(治疗白血病、肿瘤的药物)聚合，能提高药物的疗效。在生物科学研究领域， ϵ -聚赖氨酸是电融合技术中的有效促融剂。

ZeniVital PL-L—基本信息

产品信息：ZeniVital-PL-L

外观：淡黄色液体

气味：特征性气味

推荐用量：0.5-2.2%

储存：阴凉、干燥、通风保存期限：2 年

应用：洗护用品

ZeniVital PL-P—基本信息

产品信息：ZeniVital-PL-P

外观：淡黄色至白色粉末

气味：无异味

推荐用量：0.1-0.5%

储存：阴凉、干燥、通风保存期限：2 年

应用：洗护用品

测试方法：《消毒技术规范》（2002年版） 2.1.8抗（抑）菌试验2.1.8.2抑菌环试验

含0.1% OCT洗发水

测试菌种	组别	试验样品抑菌环直径 (mm)	对照样抑菌环直径 (mm)	标准要求	结论
糠秕马拉色菌 (糠秕孢子菌) ATCC 44344	1	24, 23, 25, 24	5	抑菌环直径>7mm 者, 判为有抑菌作用; 抑菌环直径≤7mm 者, 判为无抑菌作用。	符合
	2	26, 25, 25, 24,	5		符合
	3	27, 26, 27, 26	5		符合

含0.1% ε-聚赖氨酸洗发水

测试菌种	组别	试验样品抑菌环直径 (mm)	对照样抑菌环直径 (mm)	标准要求	结论
糠秕马拉色菌 (糠秕孢子菌) ATCC 44344	1	27, 28, 30, 27	5	抑菌环直径>7mm 者, 判为有抑菌作用; 抑菌环直径≤7mm 者, 判为无抑菌作用。	符合
	2	30, 28, 28, 30,	5		符合
	3	30, 29, 28, 28	5		符合

含0.1% ε-聚赖氨酸洗发水和0.1% OCT洗发水均有抑菌作用

同等测试条件：ε-聚赖氨酸抑菌效果优于OCT

测试洗发水的去屑效果，分别采用2个不同的测试方法，稀释比例为1:10。

测试方法：QB/T 2738 日化产品抗菌抑菌效果的评价方法。

序号	原料汇总	抑菌剂含量/%	洗发水pH	作用10min	作用20min
1	市售OCT	0.20%	5.47	41.27%	54.96%
2	ε-聚赖氨酸-批次1	0.2%	5.41	48.71%	63.05%
3	ε-聚赖氨酸-批次2	0.2%	5.42	55.15%	65.72%
4	市售二硫化硒	0.20%	5.41	65.26%	72.70%

测试方法：TGDC A 010-2022去屑产品去屑功效测试方法。

序号	原料汇总	抑菌剂含量/%	洗发水pH	作用20min
1	市售ZPT	0.20%	5.59	61.35%
2	ε-聚赖氨酸-批次1	0.2%	5.49	82.46%
3	ε-聚赖氨酸-批次2	0.2%	5.52	85.04%

结论：同等浓度下对比，ε-聚赖氨酸的去屑效果优于OCT和ZPT，比二硫化硒略差。

THANKS

