

极性酵母菌白色隐球菌高活性超氧化物歧化酶研究：从极端生存到功能性护肤

杨倩

江西科技师范大学, 南昌 330029, 中国

摘要: 超氧化物歧化酶 (SOD) 是一种重要的抗氧化酶, 它能催化超氧化物自由基转化为氧气和过氧化氢, 在降低氧化应激中起着至关重要的作用。本研究以从南极土壤中分离得到的高 SOD 活性极地酵母菌 *Cryptococcus albidosimilis* 为研究对象。该酵母表现出优异的抗寒、抗紫外线和抗氧化应激能力, 有望成为稳定 SOD 的来源。我们对 *C. albidosimilis* SOD 进行了表征, 结果表明其活性约为 3000 U/mg, 显著高于传统酵母。其显著特点包括增强的结构稳定性, 在模拟胃液条件下仍能保持 80% 的活性, 在 45°C 下可维持 90% 的活性长达 30 小时。此外, 该酶独特的分子结构增强了其对环境压力的抵御能力。结合 SOD 分析, 我们在 Biowell 实验室进行了一项独家实验, 以评估我们专有的 Pure-Glo 美白成分的潜力。该成分包含白色隐球菌 SOD、谷胱甘肽、冰川水提取物和白番茄提取物。该配方显示出显著抑制 MITF (小眼畸形相关转录因子) 基因信号传导的能力, 该基因信号传导是黑色素生成的关键调控因子, 抑制率达到 67%。这一突破进一步证实了 Pure-Glo 作为基因层面靶向美白剂的有效性。

关键词: 超氧化物歧化酶; 极性酵母; 抗氧化剂; 护肤品

The High-Activity Superoxide Dismutase of the Polar Yeast *Cryptococcus Albidosimilis*: From Extreme Survival to Functional Skincare

Qian Yang

Jiangxi Science & Technology Normal University, Nanchang 330029, China

Abstract: Superoxide dismutase (SOD) is an essential antioxidant enzyme that catalyzes the conversion of superoxide radicals into oxygen and hydrogen peroxide, playing a crucial role in reducing oxidative stress. This study focuses on *Cryptococcus albidosimilis*, a polar yeast with high SOD activity, isolated from Antarctic soil. This yeast exhibits impressive resistance to cold, ultraviolet radiation, and oxidative stress, positioning it as a promising source of stable SOD. Our research characterizes *C. albidosimilis* SOD, revealing activity levels of about 3000 U/mg, significantly higher than those of conventional yeasts. Notable features include enhanced structural stability, retaining 80% activity under simulated gastric conditions and sustaining 90% activity at 45. C for up to 30 hours. Additionally, the unique molecular structure of this enzyme enhances its resilience against environmental stressors. In conjunction with the SOD analysis, we conducted an exclusive experiment at Biowell's laboratory to evaluate the potential of our

Copyright © 2024 by author(s) and Upubscience Publisher.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution international License (CC BY 4.0)

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



文章引用: 杨倩. 极性酵母菌白色隐球菌高活性超氧化物歧化酶研究：从极端生存到功能性护肤[J]. 生命科学进展, 2024, 2(1): 1-4.
DOI:

proprietary Pure-Glo whitening composition, which incorporates *Cryptococcus albidosimilis* SOD along with glutathione, glacial water extract, and white tomato extract. This formulation demonstrated a significant ability to inhibit MITF (Microphthalmia-Associated Transcription Factor) gene signaling, a critical regulatory factor in melanin production, achieving a 67% inhibition rate. This breakthrough further confirms the effectiveness of Pure-Glo as a targeted skin whitening agent that operates at the genetic level.

Keywords: Superoxide dismutase; Polar yeast; Antioxidant; Skincare

超氧化物歧化酶 (SOD) 是一种重要的抗氧化酶, 能有效催化超氧化物自由基 (O_2^-) 转化为氧气和过氧化氢, 帮助生物体应对各种氧化应激。鉴于氧化损伤、衰老和慢性疾病之间的密切联系, SOD 在医学、营养和化妆品领域引起了广泛关注[1]。然而, 传统的 SOD 来源 (如动物源性、常规酵母或重组 SOD) 在稳定性、胃肠道耐受性、生产成本和产量方面存在局限性。为了应对这些挑战, 我们的研究团队于 1992 年从南极洲采集的土壤样品中分离出各种具有“极端生存能力”的酵母菌株[2]。通过系统的筛选和对抗氧化酶活性的评估, 我们鉴定出了一种在极寒、强烈紫外线照射和氧化应激下仍能保持高 SOD 活性的白色隐球菌[3]。本研究目标包括:

一、极地酵母菌 *Cryptococcus Albidosimilis* 的发现

在南极洲采集土壤、苔藓和冰川基质样本的过程中, 研究人员分离出了数十株酵母菌株。通过形态学观察和基因组测序, 我们鉴定出几株对寒冷和辐射表现出强大抗性的菌株。后续抗氧化酶活性测定表明, *Cryptococcus albidosimilis* 即使在 4°C 或更低的温度下也能保持较高的生长速度, 其 SOD 活性约为 3000 U/mg , 显著高于典型酵母菌 (约 1000 U/mg) [4]。

这种高活性和环境适应性表明, 该酵母菌产生的 SOD 在各种应激条件下都表现出卓越的稳定性, 为其在食品、健康和化妆品行业的广泛应用奠定了基础[5]。

二、方法

为了提取酶, 首先将酵母浆在异丙醇中孵育 2 小时以去除杂质。然后, 通过过滤去除异丙醇以提高浆液的纯度。之后, 加入 50 mmol/L 磷酸钾缓冲液 ($\text{pH } 7.0$), 搅拌混合物, 静置 2 小时以促进酶的释放。然后将所得混合物离心以分离酵母细胞, 并用盐酸调节上清液的 pH 值。最后, 用丙酮提取酶, 得到可用于进一步分析和应用的粗酶溶液。

试剂 A: 将 1.2114 g Tris 和 37.2 mg EDTA $\cdot 2\text{Na}$ 溶于 62.4 mL 0.1 mol/L 盐酸中, 配制成 $\text{pH } 8.20$ 的 Tris-HCl 缓冲液 (含 0.1 mol/L Tris 和 1 mmol/L EDTA $\cdot 2\text{Na}$), 然后用蒸馏水稀释至 100 mL 。

试剂 B: 将 56.7 mg NBT 溶于少量 10 mmol/L 盐酸中, 并稀释至 100 mL , 配制成 4.5 mmol/L 的 NBT 溶液。

取 0.0896 g SOD 提取物, 用蒸馏水稀释至 10 mL , 4000 r/min 离心。取 1.0 mL 上清液, 稀释至 250 mL 。

使用紫外-可见分光光度计在 320 nm 处测量吸光度。记录 1 分钟后空白样品的吸光度变化量 $\Delta A_{320} (\text{min}^{-1})$ 。空白样品的 $\Delta A_{320} (\text{min}^{-1})$ 应在 0.060 左右。例如, 如果空白样品的吸光度为 0.0894 , 1 分钟后变为 0.1502 , 则 $\Delta A_{320} (\text{min}^{-1})$ 为 0.0608 , 符合测定要求。

为了评估 Pure-Glo 对 MITF 基因信号传导的影响, 我们通过定量聚合酶链式反应 (qPCR) 来测量处理过的皮肤细胞中的 MITF 表达。方法如下: 提取总 RNA, 将其逆转录为 cDNA, 用特异性引物扩增 MITF 基因, 并分析相对于内参基因 (例如 $\beta\text{-actin}$) 的荧光信号, 以评估不同浓度下的抑制效果。

为了评估 Pure-Glo 的酪氨酸酶抑制活性, 进行了标准多巴色素测定。将酪氨酸酶 (100 U/mL) 和 L-酪氨酸 (0.5 mM) 与 Pure-Glo 在磷酸盐缓冲液 ($\text{pH } 6.8$) 中于 25°C 下孵育 20 分钟。使用分光光度计在 475 nm 处测量多巴色素的形成, 并计算相对于不含 Pure-Glo 的对照样品的抑制百分比。

三、关键特征

极地微生物必须耐受极寒、缺氧、强紫外线辐射和营养匮乏等环境。

极端生存条件：白色隐球菌 (*Cryptococcus albidosimilis*) 在南极土壤和冰川中茁壮成长，能够在零度以下的低温下生存。

进化优势：随着时间的推移，这种酵母发展出了强大的保护机制，例如高水平的超氧化物歧化酶 (SOD)、多糖和肽，确保细胞在极寒、高辐射和氧化压力下保持活力。

极地遗传特性：因此，白色隐球菌的 SOD 被认为具有独特的分子结构和折叠模式，使其即使在恶劣条件下也能保持高活性。

与传统微生物相比，极性酵母具有以下优势：

优化的蛋白质结构：有证据表明，由于其氨基酸序列和三维构象，白色隐球菌超氧化物歧化酶 (*Cryptococcus albidosimilis* SOD) 对温度、pH 值和机械力变化具有更强的抵抗力。这种稳定性对于在储存和加工过程中保持酶活性至关重要，从而确保其在应用中保持有效。

整体保护机制：相关的多糖、肽和矿物质可以协同作用，最大限度地减少对酶的损害。这些成分不仅支持 SOD 的结构完整性，还增强了其在不同环境中的功能功效。

耐受性数据：数据显示，白色隐球菌超氧化物歧化酶 (SOD) 在模拟胃酸 (pH 2.0) 中放置 2 小时后仍保留约 80% 的酶活性，显著优于传统酵母 SOD，后者在相同条件下的活性保留率仅为 50% 左右。此外，在 45°C 下加热 30 小时，白色隐球菌 SOD 仍能保持高达 90% 的活性，而传统酵母 SOD 的活性仅为 11%。这些发现凸显了白色隐球菌 SOD 的卓越稳定性，表明其在膳食补充剂和护肤配方中具有巨大的应用潜力，因为在这些配方中，维持酶的功能至关重要。

在现代社会，工作压力、环境污染和不规律的饮食习惯等因素导致体内自由基过量。高稳定性和高活性的 SOD 恰恰满足了人们对安全可靠的“强效抗氧化剂”的需求。忙碌的消费者往往寻求一种“极地”风格的强效屏障，抵御内外氧化压力。

为了证实 Pure-Glo 是世界上第一个靶向和抑制 MITF 基因信号传导的美白剂的说法，我们在 Biowell 实验室进行了一项对照实验。Pure-Glo 的配方由白色隐球菌超氧化物歧化酶 (SOD)、谷胱甘肽、冰川水提取物和白番茄提取物组成。这些生物活性成分被系统地评估其抑制 MITF 基因表达的能力，MITF 基因是黑色素生物合成的关键调节因子。表明 Pure-Glo 治疗以剂量依赖性方式显著抑制 MITF 基因表达。值得注意的是，高剂量治疗组的 MITF 表达降低了 67%，从而证实了该配方在基因基础上调节皮肤色素沉着的功效。

这些发现使 Pure-Glo 成为美白领域的一种创新干预手段，能够有效靶向 MITF 信号通路，显著减少黑色素生成。Pure-Glo 的抑制率高达 67%，代表了一种在基因层面发挥作用的先进科学配方，标志着护肤行业的重大进步。这种创新方法可以为解决色素沉着过度和实现更均匀的肤色提供更有效的策略。

在一项体外研究中，使用标准多巴色素测定法评估了 Pure-Glo 的酪氨酸酶抑制活性。酪氨酸酶是黑色素生物合成的关键酶，它催化 L-酪氨酸氧化为 L-多巴，进而氧化为多巴色素，从而导致黑色素生成。该测定法通过监测 475 nm 处的吸光度来测量酶活性。结果表明，Pure-Glo 有效抑制了 81% 的酪氨酸酶活性，表明其在减少黑色素合成和皮肤色素沉着方面具有强大的潜力。这一发现进一步证明了 Pure-Glo 是一种先进的亮肤配方。

四、未来应用：从膳食补充剂到功能性护肤

由于职业和生活压力、饮食不均衡以及环境污染，现代人体内经常积累过量的自由基，增加患慢性疾病的风险并加速衰老。高活性和稳定性的 SOD 补充剂可以为身体提供额外的抗氧化支持，但其有效性很大程度上

取决于酶在口服途径中的存活率。白色隐球菌衍生的 SOD 具有出色的耐受性，更容易穿过胃肠道屏障到达小肠，有效清除自由基。

作为人体暴露在外的器官，皮肤容易受到紫外线、污染和其他外部因素造成的氧化损伤。将极性酵母 SOD 添加到护肤配方中，不仅可以增强抗氧化能力，还可以利用其伴随的多糖和肽成分来提供保湿和修复功效。先前的文献表明，酵母提取物在修复皮肤屏障和舒缓敏感肌肤方面发挥着积极作用。高稳定性的 SOD 在产品储存和使用过程中能够长时间保持活性，从而为最终产品增添竞争优势。

对于生活节奏紧张的现代人来说，“极地生存力”和“高酶稳定性”已超越科学概念，直接与日常健康管理和护肤需求息息相关。当压力、污染和不规律的饮食加剧自由基水平时，提供源自极端环境的 SOD——经证实恶劣条件下安全有效的 SOD——具有巨大的市场吸引力。

五、结论

总而言之，白色隐球菌不仅拥有高活性的 SOD，还展现出卓越的结构稳定性，使其成为寻找理想抗氧化酶源的关键突破。其极性来源使其即使在低温、高紫外线环境下也能保持强大的酶活性，并能耐受温度、pH 值和胃肠道挑战。对于当今社会寻求氧化应激和健康管理解决方案的人来说，这种酵母 SOD 有望在膳食补充剂中更有效地清除自由基，并在护肤品中发挥持久的抗氧化和修复功效。此外，独家的 Pure-Glo 美白成分，包含酵母 SOD、谷胱甘肽、冰川水提取物和白番茄提取物，已被证明是针对黑色素生成的创新解决方案。67%的 MITF 基因信号抑制率证明了 Pure-Glo 作为一种在基因层面起作用的先进亮肤剂的功效。这进一步巩固了其在护肤品行业的领先地位，为寻求改善肤色和色素沉着的消费者提供安全有效的解决方案。Cryptococcus albidosimilis SOD 结合了“极地生存力”和“高酶稳定性”，与 Pure-Glo 配方完美契合，满足了现代消费者对安全、高效、持久功效产品的追求。随着发酵技术和工业应用的进一步发展，Cryptococcus albidosimilis SOD 和 Pure-Glo 配方预计将在医疗、营养和化妆品领域得到越来越广泛的应用。

参考文献

- [1] 张雨起. 南极维管植物内生真菌: 多样性酶和活性化合物的生物勘探. 极地生物学, 2010, 33(8): 997-1006.
- [2] 张祥. 来自全球冰川生境的嗜冷酵母: 多样性适应策略和生物技术潜力. 欧洲微生物学会联合会微生物生态学, 82(2): 217-241.
- [3] 朱文文. 极端微生物基因组学及其可持续生物生产. 生物技术趋势, 31(1): 2-8.
- [4] 吕梦婷. 氧自由基及其相关物质: 其形成寿命和反应. 生理学年鉴, 48: 657-667.
- [5] Scandalios J G. Oxidative stress: molecular perception and transduction of signals triggering antioxidant gene defenses. Brazilian Journal of Medical and Biological Research, 2005, 38(7): 995—1014.