

# 除味啤酒酵母提取物的护肤功效研究

刘峻熙, 李慧, 倪贺, 李海航

(华南师范大学生命科学学院, 广东省植物发育生物工程实验室, 广东广州 510631)

**摘要:** 啤酒酵母作为啤酒生产中主要的副产物具有较高的开发利用价值, 本文以啤酒酵母为材料, 通过自溶以及乙酸乙酯萃取获得除味啤酒酵母提取物, 研究了其防紫外线与酪氨酸酶抑制效果、DPPH 清除力、吸湿与保湿性等护肤功效。结果表明, 经自溶及乙酸乙酯萃取获得的除味啤酒酵母提取物的蛋白质量浓度为 4.77 g/L, 该提取物对紫外线的平均吸收率为 85.08%, 对 UVA 的平均吸收率为 64.25%, 对 UVB 的平均吸收率为 93.42%, 对 UVC 的平均吸收率为 100.00%, 对酪氨酸酶的抑制率为 97.90%, 对 DPPH 的清除力为 31.12%, 吸湿性显著高于甘油, 保湿性与甘油效果相当。结果表明, 除味酵母提取物可以作为良好的 UVB 吸收剂以及酪氨酸酶抑制剂, 避免紫外线导致的晒伤与皮肤癌等问题, 有效清除自由基, 具有防晒美白、抗氧化和保湿等多重护肤功效。

**关键词:** 啤酒酵母; 自溶; 酪氨酸酶; 抗氧化; 紫外线; 吸湿; 保湿

文章编号: 1673-9078(2017)8-141-145

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2017.8.021

## Skin Care Benefits of Odorless Brewer's Yeast Extract

LIU Jun-xi, LI Hui, NI He, LI Hai-hang

(Guangdong Provincial Key Lab of Biotechnology for Plant Development, School of Life Science, South China Normal University, Guangzhou 510631, China)

**Abstract:** Brewer's yeast, as the main byproduct of the beer industry, has a high value for development and utilization. Here, brewer's yeast was used as the raw material from which an odorless extract was prepared by autolysis and ethyl acetate extraction. Ultraviolet (UV) protection, tyrosinase inhibitory effect, 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) radical scavenging ability, hygroscopicity, moisture retention, and other skin care benefits of the extract were studied. The results showed that when the protein mass concentration of the odorless extract of brewer's yeast was 4.77 g/L, the average UV, UVA, UVB, and UVC absorbance, the tyrosinase inhibition rate and DPPH scavenging rate were 85.08%, 64.25%, 93.42%, 100%, 97.90%, and 31.12%, respectively. The hygroscopicity of this extract was significantly higher than that of glycerin, and the moisture-retention capacity of this extract was equivalent to that of glycerin. The results indicate that the odorless yeast extract could serve as a good UVB absorber and tyrosinase inhibitor. It could also prevent sunburn caused by UV absorption, skin cancer, and other associated health problems. It also shows sun screening and whitening effects, antioxidant activity, moisture retention capacity, and other skin care benefits.

**Key words:** brewer's yeast; autolysis; tyrosinase; antioxidant; ultraviolet; hygroscopicity; moisture retention

中国啤酒产量连续 10 年保持世界第一, 每年大约有 50 万 t 的啤酒酵母产生。除一些啤酒厂将啤酒渣烘干作为饲料低价出售外, 大部分废啤酒酵母被直接排放, 浪费资源并且严重污染环境。啤酒酵母含有约 50% 人体易吸收的完全植物性蛋白质, 其氨基酸组成接近理想的营养蛋白质水平, 尤其是谷物中所缺乏的赖氨酸在啤酒酵母中含量极为丰富, 兼具瘦身、美容和养生的功效<sup>[1]</sup>。因此, 开发啤酒酵母的生理生化功能对提高啤酒酵母的附加值具有重要意义。

收稿日期: 2017-02-02

基金项目: 广东省自然科学基金项目 (2014A030313423); 广东省科技计划项目 (2014A010107026)

作者简介: 刘峻熙 (1995-), 男, 学士, 研究方向: 生物技术

通讯作者: 倪贺 (1985-), 女, 博士, 讲师, 研究方向: 生物技术

啤酒酵母提取物含有丰富的生物活性物质包括活性多肽、 $\beta$ -葡聚糖、B 族维生素、锌、铜和锰等微量元素以及核苷酸等。研究表明, 与人类的细胞类似, 酵母细胞可以通过积累维生素与微量元素来进行氧化应激, 还可以通过吸收外界的酚类化合物来抵抗抗氧化物质的侵害<sup>[2]</sup>。酵母提取物和酵母活性多肽都具有良好的抗氧化、抗衰老、提高免疫力和防癌的作用。酵母细胞壁中含有大量的碳水化合物, 包括葡聚糖、甘露聚糖和几丁质等, 其中  $\beta$ -葡聚糖具有清肠、降低胆固醇、调节血糖、提高免疫的功效, 被欧洲食品安全局认定为新的食品原料<sup>[3]</sup>。酵母细胞质中含有较丰富的核糖核酸, 含量约为 3.0%~8.3%, 可以用于制备为核糖核酸药物<sup>[4]</sup>。此外, 酵母还可用于制备麦角甾醇、凝血质、酵母卵磷脂、谷胱甘肽和超氧化物歧化酶等

活性物质。

现今的酵母产品种类繁多,用途广泛。近年来,国内对酵母提取物的需求量逐渐增加,但主要依赖于进口。其原因是啤酒酵母的脱苦、脱嗅工艺不完善,且酵母细胞壁坚硬,破碎技术未得到很好解决,酵母中营养和风味物质的提取率偏低,致使产品成本高。国内关于酵母提取物的应用主要是集中在饲料业上,如家鸡疾病的防治、促进家鸡的生长<sup>[6]</sup>、鲫鱼养殖的应用<sup>[7]</sup>,而国外则多用作食品添加剂。目前关于酵母嗅味成分的研究鲜有报道,陈廷登与许培雅<sup>[8]</sup>和 In<sup>[9]</sup>等分别用添加 *S. cerevisiae* 活性细胞和 HP20 层析分离等方法来消除啤酒酵母提取物的异味,但这些方法对技术要求较高、成本高,限制了其工业应用。

本研究利用自溶法制备啤酒酵母提取物,通过乙酸乙酯萃取去除酵母提取物的酵母味,并对除味提取物的美容功效进行了研究,以期对酵母自溶提取物的深度开发利用提供基础。

## 1 材料与方法

### 1.1 实验材料

啤酒废酵母,取自本地啤酒厂,保存温度为 -20.0 °C;酪氨酸,购于源叶生物科技有限公司,保存于 -20.0 °C。

### 1.2 除味酵母提取物的制备

#### 1.2.1 啤酒酵母的自溶

啤酒酵母与蒸馏水以固液比为 1:20 (m/m) 混合自溶的蛋白质得率最高。将 20 g 干酵母粉平均分装于 4 个锥形瓶,每个锥形瓶加入 100 mL 蒸馏水,调节 pH 至 6.0,置于 45 °C 振荡培养箱中自溶 48 h。自溶培养后,沸水浴 5 min,以 5000 r/min 离心 15 min 后收集上清液<sup>[1]</sup>。

#### 1.2.2 酵母提取物的除味处理

通过预实验比较活性炭吸附,乙酸乙酯、石油醚萃取等方法对酵母味的去除效果,结果证实乙酸乙酯萃取的效果最优。将酵母提取液用等体积的乙酸乙酯萃取,充分萃取后,以 5000 r/min 离心 10 min,收集水相,重复萃取 3 次后,置于旋转蒸发器,50 °C 蒸发剩余乙酸乙酯。

#### 1.2.3 蛋白质含量的测定

蛋白质含量的测定采用双缩脲法<sup>[10]</sup>。以不同浓度的牛血清白蛋白为标准品制作蛋白质定量标准曲线。取提取液 1.0 mL,置于试管内,加入双缩脲试剂 4.0 mL,混匀后静置 30 min,测其在 540 nm 下的吸光度,

根据标准曲线可得提取液中蛋白质量浓度。

### 1.3 除味酵母提取物护肤功效检测

#### 1.3.1 紫外吸收的测定

分别测定酵母除味提取物在 UVC 区中 200~280 nm 的透过率;UVB 区 280~320 nm 的透过率;UVA 区中 320~400 nm 的透过率。换算成吸收率后,分析酵母提取物对 UVA、UVB 和 UVC 的吸收率,以此评价其防晒功效。

#### 1.3.2 酪氨酸酶抑制率的测定

以磷酸盐标准缓冲溶液(PBS, pH 6.8)分别配置酪氨酸酶溶液(200 U/mL)、左旋多巴溶液(质量分数为 0.03%)和一系列浓度梯度的除味啤酒酵母提取物,再配制成为 A、B、C 和 D 四种测试液,在 25 °C 恒温条件下放置 10 min,测量 475 nm 波长处的吸光度值<sup>[11]</sup>。酪氨酸酶抑制率计算公式如下:

$$\text{酵母酪氨酸酶抑制率}(\%) = \frac{(A - B) - (C - D)}{(A - B)} \times 100\%$$

式中, A: 3 mL PBS+0.5 mL 酪氨酸酶溶液; B: 3.5 mL 左旋多巴溶液; C: 2 mL 左旋多巴溶液+1 mL 不同浓度的除味酵母提取物+0.5 mL 酪氨酸酶溶液; D: 2.5 mL 左旋多巴溶液+1 mL 除味酵母提取物。

#### 1.3.3 抗氧化性测定

1-二苯基-2-三硝基苯肼(DPPH·)清除力的测定参照文献的方法进行<sup>[12]</sup>。DPPH·在 517 nm 处有特征吸收,用紫外分光光度法测定含有样品的 DPPH·溶液在 517 nm 光吸收值的下降,可计算出样品的自由基清除能力,其计算公式如下:

$$\text{清除力ORS}(\%) = 1 - \frac{A - B}{A_0} \times 100\%$$

式中, A: 酵母提取物 0.1 mL+2.9 mL DPPH 反应 20 min 后的吸光度; B: 酵母提取物 0.1 mL+2.9 mL 50% 乙醇静置 20 min 的吸光度; A<sub>0</sub>: 2.9 mL DPPH+0.1 mL 50% 乙醇静置 20 min 的吸光度。

#### 1.3.4 吸湿性的测定

分别将等量除味酵母提取物置于多个蒸发皿在 105 °C 烘箱中烘干后,分别放在 RH(相对湿度)为 81% (以饱和硫酸铵溶液维持)与 32% (以饱和氯化钙溶液维持)的干燥器中,以甘油作为对照,每隔一段时间后精确称量各样品质量,直至 72 h 后取出。

$$\text{吸湿率}(\%) = \frac{W_n - W_0}{W_0} \times 100\%$$

式中, W<sub>n</sub> 为样品吸湿后重量, W<sub>0</sub> 为样品吸湿前重量。

#### 1.3.5 保湿性的测定

将上述烘干的酵母提取物按照与蒸馏水比例为

10:1 (*m/m*) 加入蒸馏水后, 分别置于 RH 为 81%、32% 以及 0% (以干燥硅胶维持) 的干燥器重, 以含水量相同的甘油作为对照, 每隔一段时间精确称量各样品质量, 直至 72 h 后取出。

$$\text{保湿率}(\%) = \frac{H_n}{H_0} \times 100\%$$

式中,  $H_n$  为样品放置后的含水量,  $H_0$  为样品放置前的含水量。

## 2 结果与讨论

### 2.1 除味酵母提取物蛋白质含量分析

啤酒酵母在固液比为 1:20, 自溶温度 45.0 °C, pH 6.0 的条件下自溶 48 h, 自溶后提取液蛋白质浓度为 4.97 g/L。经过乙酸乙酯萃取 3 次后, 酵母提取液基本无酵母味, 除味酵母提取液的蛋白质质量浓度为 4.77 g/L, 三次萃取的蛋白质损失率为 4.02%。

### 2.2 除味酵母提取物防晒美白效果分析

#### 2.2.1 紫外线吸收效果

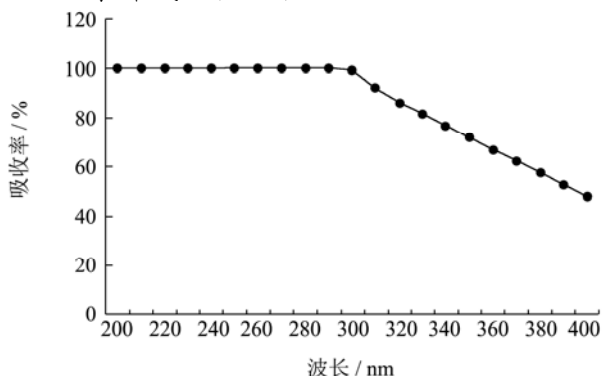


图1 除味啤酒酵母提取物对不同波长紫外线吸收率

Fig.1 Ultraviolet absorbance of brewer's yeast extract at different wavelengths

紫外线一般分为 UVC 区 (200~280 nm)、UVB 区 (280~320 nm) 和 UVA 区 (320~400 nm)。到达地球表面的紫外线 98% 为 UVA, 穿透性最强, 可直达真皮层, 是皮肤晒黑的主因<sup>[13]</sup>。另外, 只有不足 2% 为 UVB, 过量照射会造成皮肤晒伤与红斑的主要元凶, 而 UVC 虽一般被臭氧层吸收, 但短波紫外线对人体危害性最大, 长期照射会造成皮肤癌<sup>[14]</sup>。图 1 显示了除味酵母提取物对 200~400 nm 紫外线的吸收率, 其对 200~290 nm 波段的紫外线吸收率为 100%, 对 300~400 nm 波段紫外线的吸收率随波长上升而下降, 平均紫外吸收率为 85.1%。其中, 提取物对 UVA 区的平均吸收率为 64.25%, 表明提取物对防止皮肤晒黑有一定的作用。另外, 对 UVB 的平均吸收率为 93.42%,

对 UVC 区平均吸收率为 100.00%。结果表明, 提取物吸收绝大部分的中短波紫外线, 有效抵御紫外线对皮肤的伤害。酵母提取物的防晒效果与氨基苯甲酸酯及其衍生物、水杨酸酯及其衍生物、肉桂酸酯类和樟脑类衍生物等常用 UVB 吸收剂的作用相类似, 具有良好的防晒护肤作用<sup>[15]</sup>。

#### 2.2.2 酪氨酸酶抑制效果

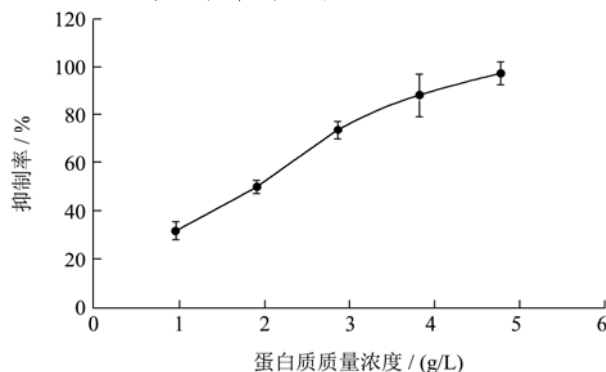


图2 酵母提取物对酪氨酸酶的抑制效果

Fig.2 Effect of the yeast extract on tyrosinase inhibition

黑色素主要是人皮肤的基底层产生, 保护皮肤免受紫外线晒伤。在人体内酪氨酸与左旋多巴都可以作为酪氨酸酶催化的底物, 生成多巴醌, 最终合成黑色素<sup>[16]</sup>。酪氨酸酶抑制剂能够有效的抑制酪氨酸酶活性, 进而抑制黑色素的生成, 具有美白功效。图 2 为提取液的酪氨酸酶抑制率随提取物蛋白浓度变化的曲线。结果表明, 酵母提取液对酪氨酸酶的抑制效果与其蛋白质含量呈浓度依赖性。酵母提取液的蛋白浓度为 1.9 g/L 时, 提取物对酪氨酸酶的抑制率达到 50% (即  $IC_{50}=1.91$  g/L)。提取液的蛋白质浓度为 4.77 g/L, 对酪氨酸酶催化左旋多巴反应的抑制率达到 97.90%, 与常作为美白剂添加在化妆品的物质熊果苷的抑制效果类似<sup>[16]</sup>, 表明酵母提取液对酪氨酸酶有很强的抑制作用。

UVA 过量照射会造成黑色素过度沉着, 出现雀斑、黑斑和老年斑等皮肤病变<sup>[17,18]</sup>, 是导致皮肤老化和严重损害的原因之一。同时, 酪氨酸酶是黑色素形成的限速酶。酵母提取物能有效吸收 UVA, 同时能有效抑制酪氨酸酶活性, 可避免黑色素的过度沉着, 有潜在的防晒美白功效。

### 2.3 酵母除味提取物抗氧化活性

研究表明, 自由基攻击线粒体与染色体等细胞结构, 造成细胞衰老及癌症发生, 而抗氧化剂则可以有效清除自由基, 防止皮肤衰老<sup>[12]</sup>。本研究分析了酵母提取物对 DPPH· 的清除能力。结果表明, 啤酒酵母提取液的 DPPH· 清除能力呈现质量浓度依赖性 (图 3), 提

取液的蛋白质浓度为 4.77 g/L 时, 对 DPPH· 的清除力为 31.12%, 与常作为化妆品中抗氧化添加剂抗坏血酸(维生素 C) 对 DPPH· 的清除力类似<sup>[19]</sup>, 表明其具有较好的抗氧化活性。

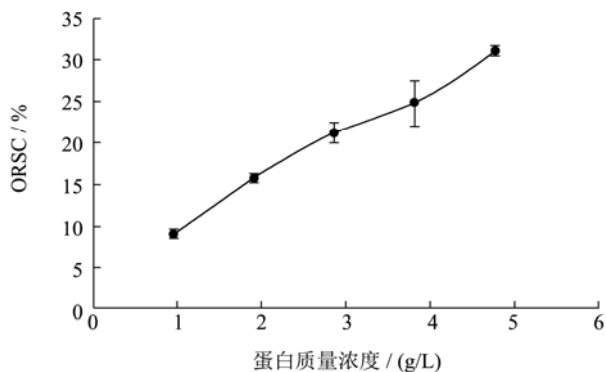


图3 酵母提取物对 DPPH· 清除力的影响

Fig.3 Effect of the yeast extract on DPPH· radical-scavenging activity

## 2.4 酵母除味提取物的吸湿与保湿性

### 2.4.1 吸湿性

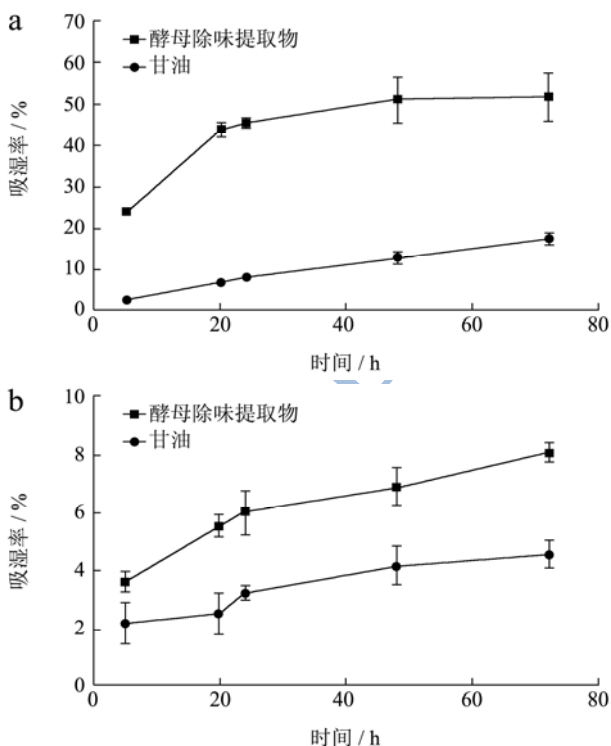


图4 酵母提取物在 RH=81% (a) 和 RH=32% (b) 的吸湿率

Fig.4 Hygroscopicity of the yeast extract at RH=81%(a) and RH=32% (b)

当空气中相对湿度 (RH) 较低时, 皮肤容易失水过度而产生皱纹及丧失弹性。良好的吸湿性物质可以提高皮肤的含水量、减少干燥引起的皱褶, 常用的保湿剂有甘油、乳酸钠和透明质酸等<sup>[20]</sup>, 本研究以除味啤酒酵母提取物与甘油作比较, 来分析其吸湿与保湿

性能。如图4所示, 在 RH=81%(a)与 RH=32%(b)下, 提取物与甘油的吸湿率都随时间而升高。在相对湿度较高 (RH=81%) 和相对湿度较低 (RH=32%) 时, 提取物的吸湿率均显著高于甘油, 该结果表明酵母提取物具有良好的吸湿性能。

### 2.4.2 保湿性

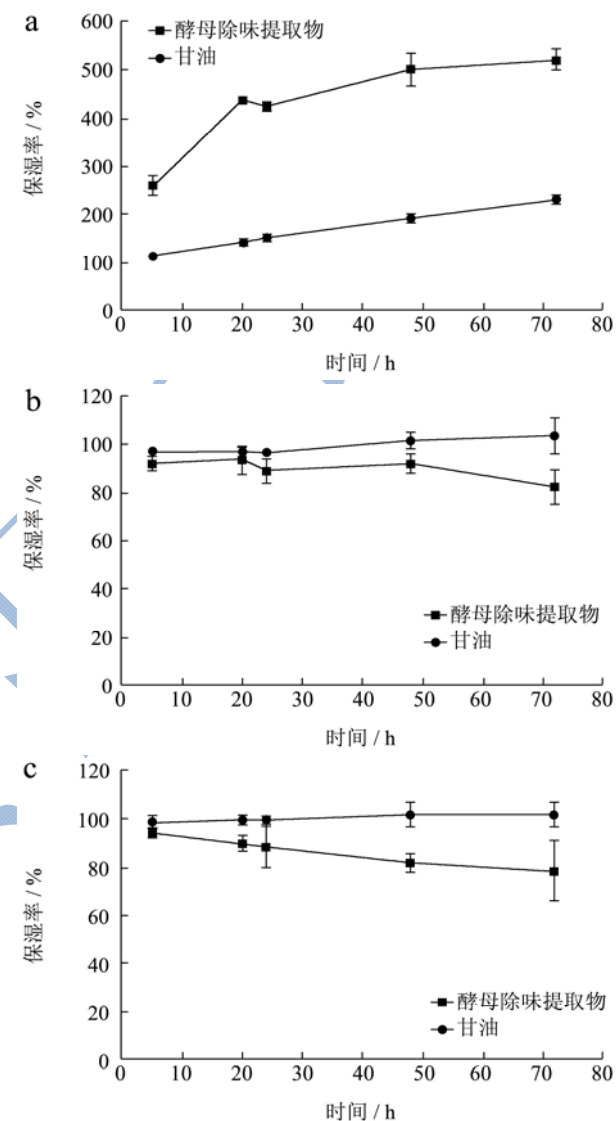


图5 酵母除味提取物在 RH=81% (a)、RH=32% (b) 和 RH=0% (c) 的保湿率

Fig.5 Moisture retention capacity of the yeast extract at RH=81% (a), RH=32% (b), and RH=0% (c)

皮肤含水量的下降或缺水会导致干燥、发黄、暗淡无光泽、松弛和皱纹等皮肤衰老现象。成年女性的皮肤含水量只有 15% 以下, 远低于婴儿时期的 25%, 缺水是皮肤衰老的根本原因<sup>[21]</sup>。护肤品的保湿性是衡量护肤品的关键性能指标之一。图5为酵母提取物与甘油的保湿率在不同湿度下随时间变化的曲线。在相对湿度较高时 (RH=81%, 5a), 提取物和甘油, 两者都表现出吸收水分(吸湿性)的特性。在测定时间内,

提取物吸收的水分量远高于甘油。在相对湿度较低时 (RH=32%, 5b) 和完全干燥的条件下 (RH=0%, 5c), 酵母提取物都有较好的保湿性能, 72 h 内保湿率达到 80%。但其保湿性能稍低于甘油。

### 3 结论

本研究探讨了除味酵母提取物的护肤功效。通过自溶以及乙酸乙酯萃取除味, 获得蛋白质含量 4.8 g/L 的除味酵母提取物。该提取物对 UVA 的平均吸收率为 64.25%, 对 UVB 的平均吸收率为 93.42%, 对 UVC 的平均吸收率为 100.00%, 对酪氨酸酶抑制率为 97.90%, 对 DPPH· 的清除力为 31.12%, 吸湿性显著高于甘油, 而保湿性能与甘油相当。结果表明, 除味酵母提取物拥有良好的防晒美白功效, 有较高的抗氧化活性, 并能够有效保持水分, 能够应用于护肤品中, 提高啤酒酵母的产品附加值。

### 参考文献

- [1] 罗依雨, 罗维, 刘峻熙, 等. 啤酒废酵母自溶提取物的制备及抗氧化活性研究[J]. 华南师范大学学报, 2016, 48(1): 89-93  
LUO Yi-yu, LUO Wei, LIU Jun-xi, et al. Preparation and antioxidant activity of peptides from waste *Saccharomyces Cerevisiae* [J]. Journal of South China Normal University, 2016, 48(1): 89-93
- [2] Vieira Elsa F, Carvalho Joana, Pinto Edgar, et al. Nutritive value, antioxidant activity and phenolic compounds profile of brewer's spent yeast extract [J]. Journal of Food Composition and Analysis, 2016, 52: 44-51
- [3] Hassn Hazem M M. Antioxidant and immunostimulating activities of yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) autolysates [J]. World Applied Sciences Journal, 2011, 15(8): 1110-1119
- [4] Pancrazio G, Cunha S C, Pinho P G D, et al. Spent brewer's yeast extract as an ingredient in cooked hams [J]. Meat Science, 2016, 121: 382-389
- [5] 邵伟, 乐超银, 唐明, 等. 啤酒废酵母中谷胱甘肽提取工艺条件优化研究[J]. 食品科学, 2008, 29(5): 173-175  
SHAO Wei, LE Chao-yin, TANG Ming, et al. Study on optimization of extraction technique of glutathione from beer yeast waster with response surface methology [J]. Food Science, 2008, 29(5): 173-175
- [6] 徐晓明, 余冰, 贺淼, 等. 酵母水解物对肉鸡生长性能、肠道、发育免疫及屠宰性能的影响[J]. 饲料研究, 2014, 36(15): 33-35  
XU Xiao-ming, YU Bing, HE Miao, et al. Effect of yeast extraction on growth, intestines immune and slaughter of chicken [J]. Feed Research, 2014, 36(15): 33-35
- [7] 杨凡, 陈昌福, 易建华, 等. 酵母水解物对异育银鲫生长和免疫性能的影响[J]. 饲料工业, 2015, 36(4): 60-64  
YANG Fan, CHEN Chang-fu, YI Jian-hua, et al. Effect of autolyzed yeast on the growth and immune function of silver crucian carp (*Carassius auratus gibelio*) [J]. Feed Industry, 2015, 36(4): 60-64
- [8] 陈廷登, 许培雅. *S. Cerevisiae* 活性细胞消除啤酒酵母提取物的异味[J]. 食品工业科技, 2001, 22(5): 49-52  
CHEN Yan-deng, XU Pei-ya. *S. Cerevisiae* active cells remove odor of brewer yeast extraction [J]. Science and Technology of Food Industry, 2001, 22(5): 49-52
- [9] IN Man Jin, KIM Dong Chung, CHAE Hee Jeong. Downstream process for the production of yeast extract using brewer's yeast cells [J]. Biotechnology & Bioprocess Engineering, 2015, 10: 85-90
- [10] 程涛, 孙艳波, 李健. 双缩脲法测定乳中酪蛋白含量[J]. 中国乳品工业, 2000, 28(3): 33-35  
CHENG Tao, SUN Yan-bo, LI Jian. Determination of casein content in milk by biuret's method [J]. China Dairy Industry, 2000, 28(3): 34-35
- [11] 穆燕. 千日红酪氨酸酶抑制剂的分离纯化及其抑制机理研究[D]. 广州: 华南理工大学, 2012  
MU Yan. Study of tyrosinase inhibitors from the gomphrenaglobosa and the inhibitory mechanisms [D]. Guangzhou: South China University of Technology, 2012
- [12] 韦献雅, 殷丽琴, 钟成, 等. DPPH 法评价抗氧化活性研究进展[J]. 食品科学, 2014, 35(9): 324-329  
WEI Xian-ya, YIN Li-qin, ZHONG Cheng, et al. Advances in the DPPH radical scavenging assay for antioxidant activity evaluation [J]. Food Science, 2014, 35(9): 324-329
- [13] 刘淑芳, 康苗苗, 冯佳, 等. 地木耳护肤品的配制及性能检验和功效测试[J]. 山东农业科学, 2016, 48(3): 129-135  
LIU Shu-fang, KANG Miao-miao, FENG Jia, et al. Preparation, performance examination and efficacy test of skin care products of *Nostoc commune* [J]. Shandong Agricultural Sciences, 2016, 48(3): 129-135
- [14] 康苗苗, 冯佳, 李砧, 等. 地木耳活性成分的提取及其护肤功效研究[J]. 香料香精化妆品, 2014, 147(6): 64-67  
KANG Miao-miao, FENG jia, LI Zhan, et al. Extraction technology of active ingredients in plant *Nostoc commune* vanch and its function in cosmetics [J]. Flavour Fragrance Cosmetics, 2014, 147(6): 64-67
- [15] 樊豫萍. 防晒化妆品功效性评价与发展趋势[J]. 香料香精化妆品, 2013, 139(4): 49-54

- FAN Yu-ping. Review on efficacy and future development for sunscreen [J]. *Flavour Fragrance Cosmetics*, 2013, 139(4): 49-54
- [16] 刘琦,刘洋,吴金昊,等.几种美白剂抑制酪氨酸酶活性的研究[J].*日用化学品科学*,2015,38(11):22-26  
LIU Qi, LIU Yang, WU Jin-hao, et al. Studies on the inhibition of tyrosinase activity by several whitening agents [J]. *Detergent & Cosmetics*, 2015, 38(11): 22-26
- [17] Sima V H, Patris S P, Aydogmus Z, et al. Tyrosinase immobilized magnetic nanobeads for the amperometric assay of enzyme inhibitors: application to the skin whitening agents [J]. *Talanta*, 2011, 83(3): 980-987
- [18] 彭宁,张海波,张彦.酵母提取物对多酚氧化酶及黑素瘤细胞的抑制作用[J].*香料香精化妆品*,2013,138(3):29-31  
PENG Ning, ZHANG Hai-bo, ZHANG Yan. The inhibition effect of yeast extraction on polyphenol oxidase and melanoma cells [J]. *Flavour Fragrance Cosmetics*, 2013, 138(3): 29-31
- [19] 李铉军,崔胜云.抗坏血酸清除 DPPH 自由基的作用机理[J].*食品科学*,2011,32(1):86-90  
LI Xuan-jun, CUI Sheng-yun. DPPH radical scavenging mechanism of ascorbic acid [J]. *Food Science*, 2011, 32(1): 86-90
- [20] 邹鹏飞,刘志河,路万成,等.皮肤自身保湿系统和保湿护肤品设计思路[J].*日用化学品科学*,2012,35(1):24-26  
ZHOU Peng-fei, LIU Zhi-he, LU Wan-cheng, et al. Skin's natural moisturizing system and the design of moisturizing cosmetics [J]. *Detergent & Cosmetics*, 2012, 35(1): 24-26
- [21] 李幸.鳕鱼皮胶原肽保湿护肤效果的研究[D].青岛:中国海洋大学,2014  
LI Xing. Study on the water retention and skin care of cod skin collagen peptide [D]. Qingdao: Ocean university of China, 2014