

DOI: 10.16210/j.cnki.1007-7561.2021.03.019

李静, 佟恩杰, 李慧, 等. 麦芽根营养成分分析及其应用前景[J]. 粮油食品科技, 2021, 29(3): 141-146.

LI J, TONG E J, LI H, et al. Analysis of malt root nutritional components and its application prospect[J]. Science and Technology of Cereals, Oils and Foods, 2021, 29(3): 141-146.

# 麦芽根营养成分分析及其应用前景

李 静<sup>1</sup>, 佟恩杰<sup>2</sup>, 李 慧<sup>1</sup>, 强婉丽<sup>1</sup>✉, 杨海莺<sup>1</sup>, 宫 雪<sup>2</sup>, 张连慧<sup>1</sup>, 颜国政<sup>1</sup>

(1. 中粮营养健康研究院, 营养健康与食品安全北京市重点实验室,

老年营养食品研究北京市工程实验室, 北京 102209;

2. 中粮麦芽(大连)有限公司, 辽宁 116200)

**摘要:** 对麦芽根的营养成分、活性成分、消化率等指标进行测定与分析, 并与麦麸的营养成分进行对比, 结果表明: 麦芽根中蛋白质(34.3%)、膳食纤维(39.4%)含量高于麦麸, 必需氨基酸含量(8.37 g/100 g)为麦麸(4.03 g/100 g)的2倍, 赖氨酸、苏氨酸、缬氨酸含量相对较高, 粗蛋白消化率为80.04%, 高于麦麸(74.08%)。麦芽根中维生素B<sub>2</sub>、B<sub>6</sub>、叶酸、B<sub>12</sub>、维生素C含量高于麦麸, 分别为0.6 mg/100 g、0.46 mg/100 g、0.17 mg/100 g、0.11 μg/100 g、4.35 mg/100 g, 并含有维生素E(3.14 mg/100 g)。钠、钾、钙、锌、铜、磷、铁、镁含量丰富, 并具有较高含量的总多酚(1.09%)及少量多糖。同时, 从饲料、食品、化妆品三个领域分析其法规现状、应用现状及前景, 为麦芽根副产物的高值化利用提供依据。

**关键词:** 麦芽根; 麦麸; 营养成分; 饲料; 食品原料; 化妆品; 应用前景**中图分类号:** TS209 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-7561(2021)03-0141-06

## Analysis of Malt Root Nutritional Components and Its Application Prospect

LI Jing<sup>1</sup>, TONG En-jie<sup>2</sup>, LI Hui<sup>1</sup>, QIANG Wan-li<sup>1</sup>✉, YANG Hai-ying<sup>1</sup>,  
GONG Xue<sup>2</sup>, ZHANG Lian-hui<sup>1</sup>, YAN Guo-zheng<sup>1</sup>

(1. Nutrition &amp; Health Research Institute, COFCO Corporation, Beijing Key Laboratory of Nutrition &amp; Health and Food Safety, Beijing Engineering Laboratory of Geriatric Nutrition &amp; Food, Beijing 102209, China; 2. COFCO Malt (Dalian) Co., Ltd., Dalian, Liaoning 116200, China)

**Abstract:** In this paper, the nutritional composition, active ingredients, and digestibility of malt roots were measured and analyzed and compared with those of wheat bran. The results showed that the content of protein (34.3%) and dietary fiber (39.4%) in malt roots are higher than those in wheat bran. The content of essential amino acids (8.37 g/100 g) is twice than that of wheat bran (4.03 g/100 g). The content of lysine, threonine and valine are relatively high in malt roots. Additionally, malt roots not only contain vitamin E (3.14 mg/100g), but also have a higher content of vitamin B<sub>2</sub>, B<sub>6</sub> and B<sub>12</sub>, folic acid, and vitamin C than those in wheat bran (0.6 mg/100 g, 0.46 mg/100 g, 0.11 μg/100 g, 0.17 mg/100 g, 4.35 mg/100 g, respectively). Furthermore, the malt roots are rich in sodium, potassium, calcium, zinc, copper, phosphorus, iron, and magnesium. It also contains a high content of total polyphenols (1.09%) and a small amount of polysaccharides. At the same time, the regulatory status, application status and application prospect were analyzed from the feed, food and

收稿日期: 2020-12-07

基金项目: 国家重点研发计划(2017YFD0400500)

Supported by: National Key Research and Development Project of China (No.2017YFD0400500)

作者简介: 李静, 女, 1994年出生, 硕士, 助理工程师, 研究方向为功能型食品研究与开发。E-mail: lijing13@cofco.com.

通讯作者: 强婉丽, 女, 1990年出生, 硕士, 高级工程师, 研究方向为功能型食品研究与开发。E-mail: qiangwanli@cofco.com.

cosmetics fields, which provided a basis for the high-value utilization of malt root by-products.

**Key words:** malt roots; wheat bran; nutritional components; feed; food ingredients; cosmetics; application prospects

麦芽根是发芽大麦或大麦芽清理过程中的副产品, 主要由大麦芽根、大麦细粉、外皮和碎麦芽组成。麦芽根作为啤酒生产的主要副产物, 占总投料量的 3%~4%左右<sup>[1]</sup>。我国在 2017 年的啤酒总产量约 4 000 万吨, 可产生 10 万吨以上麦芽根副产物<sup>[2]</sup>。研究表明, 麦芽根中蛋白质含量大于 30%, 营养价值丰富, 但目前国内对麦芽根尚无成熟的应用方案, 仅作为廉价的畜禽饲料(1 500 元/吨左右)直接利用<sup>[3-4]</sup>。同时, 麦芽根本身的咸鲜味、苦涩味限制了麦芽根的深加工, 长期以来我国的麦芽根只有少量作为饲料使用, 其余当作垃圾处理<sup>[2]</sup>。本文对麦芽根的营养成分及活性物质等进行了测定及全面分析, 并从饲料、食品、化妆品三个领域分析其应用前景, 为麦芽根副产物的高值化利用提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 主要原材料及仪器设备

麦芽根干品: 中粮麦芽(大连)有限公司提供; 硫酸铜、硫酸、氢氧化钠、乙醇、丙酮等均为分析纯。

CS101-2 型电热鼓风干燥箱: 重庆试验仪器设备厂; ZJ-1A 型电子天平: 上海精天电子仪器有限公司; JJ-2B 型高速组织捣碎机: 江苏金坛荣华仪器制造有限公司; HW SY11-K1 型电热恒温水浴锅: 北京长风仪器仪表公司; PHS-3C 型雷磁 pH 计: 上海精密科学仪器有限公司; ICE3500 型原子吸收分光光度计: 美国 Thermo Fisher 公司; TU1901 型紫外可见分光光度计: 北京普析通用仪器有限责任公司; AFS-2202E 型原子荧光光度计: 北京海光仪器有限公司。

### 1.2 试验方法

#### 1.2.1 基本营养成分分析

蛋白质: GB 5009.5—2010 凯氏定氮法; 脂肪: GB/T 5009.6—2003; 碳水化合物: GB/Z 21922—2008; 膳食纤维: GB/T 5009.88—2008; 水分: GB 5009.3—2010 直接干燥法; 灰分: GB 5009.4—2016。

#### 1.2.2 氨基酸含量的测定

采用氨基酸自动分析仪测定。

#### 1.2.3 维生素含量的测定

维生素 B1: GB/T 5009.84—2016; 维生素 B2: GB/T 5009.85—2016; 烟酸: GB 5009.89—2016; 维生素 B6: GB 5009.154—2016; 叶酸: GB 5009.211—2014; 维生素 B12: GB/T 5009.217—2008; 维生素 A、E: GB 5009.82—2016; 维生素 C: GB 5009.86—2016; 维生素 K1: GB 5009.158—2016。

#### 1.2.4 矿物质含量的测定

铁: GB/T 5009.90—2016; 钠和钾: GB/T 5009.91—2017; 钙: GB/T 5009.92—2016; 锌: GB/T 5009.14—2017; 铜: GB/T 5009.13—2017; 磷: GB/T 5009.87—2016; 镁: GB/T 5009.241—2017。

以上每个指标重复检测 3 次, 取平均值。

#### 1.2.5 麦芽根活性成分测定

多酚: T/AHFIA 005—2018; 多糖: SNT4260—2015。

#### 1.2.6 麦芽根仿生消化率测定

根据《单胃动物仿生消化系统操作手册》(第二版)进行操作, 测定麦芽根和麸皮样品猪仿生消化干物质消化率、能量消化率和粗蛋白消化率。

## 2 结果与分析

### 2.1 基本营养成分含量

如表 1 所示, 麦芽根中的蛋白质含量较高,

表 1 麦芽根中基本营养成分含量 (n=3)  
Table 1 The nutrition components of malt root (n=3)

	麦芽根	麦麸 <sup>[6]</sup>
能量/(kJ/100 g)	1 214.13	1 158.7
蛋白质/%	34.3	14.1
脂肪/%	2.2	3.9
碳水化合物/%	13.79	29.1
膳食纤维/%	39.4	35
可溶性膳食纤维/%	1.06	2
不溶性膳食纤维/%	38.3	33
水分/%	3.79	12.2
灰分/%	6.52	5.7

高达 34.3%，其蛋白质含量与大豆（35%）中的相近，远高于小麦麦麸中的蛋白质含量，作为饲料时可弥补麦麸中的蛋白质含量不足<sup>[5]</sup>。麦芽根中的水分含量比较低，为 3.79%，远低于麦麸（12.2%）。同时，麦芽根中含有丰富的膳食纤维，为 39.4%，其中不可溶性膳食纤维占比 38.3%。

## 2.2 氨基酸含量

麦芽根中氨基酸种类及含量的测定结果见表 2。麦芽根中的必需氨基酸的含量为 8.37%，非必需氨基酸含量为 12.75%，其中必需氨基酸量占氨基酸总量的 39.63%。与麦麸相比，麦芽根中的赖氨酸、苏氨酸、缬氨酸的含量较高，其必需氨基

酸含量为麦麸的 2 倍，更接近 FAO/WHO 推荐的蛋白模式必需氨基酸总量达 40% 左右的标准。

食物蛋白质氨基酸模式与人体蛋白质氨基酸模式越接近，必需氨基酸被机体利用的程度就越高，食物蛋白质的营养价值也相对较高，其中鸡蛋蛋白中氨基酸模式与人体氨基酸模式最接近，通常作为参考蛋白<sup>[8]</sup>。由表 3 可知，麦芽根蛋白质氨基酸模式与鸡蛋相比，其赖氨酸、苏氨酸、色氨酸、亮氨酸和异亮氨酸含量与参考蛋白氨基酸含量非常接近。因此从营养学的角度来看，麦芽根蛋白质可以弥补植物蛋白中相对缺乏的赖氨酸、苏氨酸和色氨酸，是一种营养价值较高的蛋白质。

表 2 麦芽根的氨基酸组成 (g/100 g, n=3)

Table 2 The kinds and contents of amino acids of malt root (g/100 g, n=3)

必需氨基酸	麦芽根	麦麸 <sup>[7]</sup>	非必需氨基酸	麦芽根	麦麸 <sup>[7]</sup>
赖氨酸	1.52	0.56~0.61	脯氨酸	1.33	0.70~1.0
蛋氨酸	0.33	0.20~0.26	精氨酸	1.34	1.01~1.12
苯丙氨酸	1.00	0.51~0.62	天门冬氨酸	3.10	1.05~1.12
苏氨酸	0.95	0.36~0.53	丝氨酸	0.84	0.57~0.76
色氨酸	0.26	0.26	谷氨酸	3.52	2.16~3.21
缬氨酸	1.47	0.54~0.79	甘氨酸	1.33	0.82~0.94
亮氨酸	1.77	0.80~0.86	组氨酸	0.67	0.39~0.50
异亮氨酸	1.07	0.39~0.50	酪氨酸	0.62	0.38~0.47
合计	8.37	平均值 4.03	合计	12.75	平均值 5.44

表 3 麦芽根蛋白质氨基酸模式 (g/100 g 蛋白质, n=3)

Table 3 Amino acid pattern of malt root (g/100 g protein, n=3)

必需氨基酸	麦芽根	全鸡蛋 <sup>[8]</sup>
赖氨酸	4.4	4.1
蛋氨酸	1.0	3.4
苯丙氨酸	2.9	5.5
苏氨酸	2.8	2.8
色氨酸	0.8	1.0
缬氨酸	4.3	3.9
亮氨酸	5.2	5.1
异亮氨酸	3.1	3.2
总计	24.5	29.0

## 2.3 维生素种类及含量

麦芽根中维生素种类及含量的测定结果见表 4。麦芽根中几乎包含所有 B 族中的维生素单体，其中维生素 B2 含量较高，是藜麦（0.39 mg/100 g）的 1.5 倍，麦麸（0.33 mg/100 g）的 1.8 倍，且含有一般谷物中缺乏的叶酸和维生素 B12<sup>[9]</sup>。同时，麦芽根中还含有植物类原料中含量较少的维生素

E，且主要形式为活性最高的  $\alpha$ -生育酚，此外，还含有 4.35 mg/100 g 维生素 C，而麦麸中不含维生素 C。

表 4 麦芽根维生素含量 (n=3)

Table 4 The kinds and contents of vitamins of malt root (n=3)

	麦芽根	麦麸 <sup>[7]</sup>
维生素 B1/(mg/100 g)	0.08	6.50
维生素 B2/(mg/100 g)	0.60	0.33
烟酸/(mg/100 g)	8.70	26.60
维生素 B6/(mg/100 g)	0.46	/
叶酸/(mg/100 g)	0.17	0.09
维生素 B12/( $\mu$ g/100 g)	0.11	/
维生素 A/(mg/100 g)	未检出	/
维生素 C/(mg/100 g)	4.35	/
维生素 E/(mg/ $\alpha$ -生育酚当量)	3.14	6.29
维生素 K1/( $\mu$ g/100 g)	2.30	/

注：/表示不含有。

## 2.4 矿物质种类及含量

麦芽根中矿物质种类及含量的测定结果见表

5. 结果表明, 麦芽根中钾含量是麦麸的 2.4 倍、大豆(15 030 mg/kg)的近 1.6 倍。麦芽根中钙含量较高, 是麦麸的 1.9 倍、牛奶(1 040 mg/kg)的约 1.7 倍、鸡蛋(500 mg/kg)的约 3.5 倍。除此之外, 麦芽根中的铁、镁和锌含量也相对较高, 其中铁是牛肉(33 mg/kg)中的 2.1 倍, 镁是小米(1 070 mg/kg)中的 2.1 倍, 锌是猪肝(57.8 mg/kg)中的约 1.4 倍<sup>[5]</sup>。

表 5 麦芽根的矿物质组成 (mg/kg, n=3)

	麦芽根	麦麸 <sup>[7]</sup>
钠	667	/
钾	23 900	9 800
钙	1 740	900
锌	80.2	170
铜	9.79	/
磷	8 890	11 700
铁	70.6	120
镁	2 260	3 200

注: /表示不含有。

### 2.5 麦芽根中活性成分含量

麦芽根中总多糖含量较低, 为 0.001 3%, 总多酚含量相对较高, 为 1.09%, 其中, 植物多酚主要是缩合单宁类物质, 单宁类物质是天然的抗氧化剂, 可帮助清除体内自由基<sup>[10]</sup>。

### 2.6 麦芽根仿生消化率测定

根据麦芽根营养成分测定结果, 可知麦芽根蛋白质含量是麦麸的 2.4 倍, 且必需氨基酸组成模式优于麦麸。但在饲料领域, 麦芽根的价格低于麦麸, 按照麦芽根的蛋白质含量可作为高蛋白饲料售卖, 但其消化利用率尚不明确。检测结果显示, 麦芽根的干物质含量及粗蛋白消化率均高

表 6 麦芽根消化率测定

(样品仿生猪消化结果, 干物质为基础, n=3)

Table 6 Digestibility of malt root (Digestion results of sample by bionic pig, based on dry matter, n=3)

样品名称	麦芽根	麦麸
干物质含量/%	94.89	89.14
干物质消化率/%	45.04±0.53	49.22±0.47
酶水解物能值/(kcal/kg)	2 166±51.67	2 277.98±28.51
能量消化率/%	47.15±1.12	50.26±0.63
粗蛋白消化率/%	80.04±0.23	74.08±0.49

于麦麸, 而干物质消化率、酶水解物能值、能量消化率低于麦麸。

## 3 麦芽根的应用前景

麦芽根中营养素含量丰富, 水分含量较低, 不易腐败变质, 便于运输及保藏。麦芽根中蛋白质(34.3%)、膳食纤维(39.4%)含量高于麦麸, 必需氨基酸(8.37%)为麦麸的 2 倍, 赖氨酸、苏氨酸、缬氨酸含量相对较高, 粗蛋白消化率为 80.04%, 高于麦麸(74.08%)。麦芽根中维生素 B2、B6、叶酸、B12、维生素 C 含量高于麦麸, 分别为 0.6 mg/100g、0.46 mg/100g、0.17 mg/100g、0.11 μg/100g、和 4.35 mg/100g, 并含有维生素 E(3.14 mg/100g)。钠、钾、钙、锌、铜、磷、铁、镁含量丰富, 并具有较高含量的总多酚(1.09%)及少量多糖。基于麦芽根营养丰富特点, 以大麦芽根为原料进行深加工, 有望开发出具有高附加值的功能性食品; 同时, 从营养学的角度来看, 大麦芽根具有食品营养特性和作为食品原料的应用潜力。因此, 本文结合麦芽根营养特性、目前国内外法律法规及应用现状, 对麦芽根的应用前景进行深度分析, 以期拓展麦芽根的应用领域, 提高其附加值。

### 3.1 麦芽根作为饲料使用

根据中国农业农村部 2012 年发布的《饲料原料目录》(中华人民共和国农业部公告第 1773 号)<sup>[11]</sup>的要求, 大麦芽根属于谷物及其加工产品, 可以作为饲料原料使用, 其相关定义如下:

原料编号	原料名称	特征描述	强制性标识要求
1.1.13	大麦芽根	发芽大麦或大麦芽清理过程中的副产品, 主要由大麦芽根、大麦细粉、外皮和碎麦芽组成。	粗蛋白质 粗纤维

根据欧盟公布的饲料原料目录法规(EU) No 68/2013<sup>[12]</sup>要求, 大麦芽根(Malt rootlets)可以作为饲料原料使用, 其相关定义和要求与中国农业部《饲料原料目录》目录的内容基本一致。美国农业部官方网站(USDA)的相关资料显示, 大麦芽根(Malt sprouts)是大麦萌芽后的根, 是麦芽制造过程的主要副产物, 干大麦芽根常与啤

酒糟混合后作为奶牛的饲料,大麦芽根的粗蛋白含量 24.6%,粗纤维含量 13.9%。根据加拿大农业部官方网站的资料显示,脱水大麦芽根(Barley malt sprouts dehydrated (or Malt sprouts)) 可以作为饲料原料使用。

目前,麦芽根和麸皮均作为能量饲料售卖,原料附加值较低。根据国际饲料分类法,干物质中粗纤维含量在 18%以下、粗蛋白质含量在 20%以上的一类饲料可作为蛋白补充饲料,其售价高于能量饲料。而根据麦芽根营养丰富的特点,可进一步进行以麦芽根为原料的深加工,开发成具有高营养价值的饲料原料。

### 3.2 麦芽根作为食品原料使用

麦芽根具有类似麦芽的特殊风味,近年来,已有少量的研究对麦芽根在食品领域进行了探索及应用,如用于制造酱油、食品增鲜剂、乳酸等<sup>[13-15]</sup>。但美国、日本、加拿大、欧盟、澳大利亚等国均未有批准大麦芽根作为食品原料和新食品原料在食品中使用的食品法规文件。查询目前中国的食品法规标准资料,没有批准大麦芽根或大麦芽根提取物作为普通食品原料的依据,而且大麦芽根在我国没有传统食用习惯(注:根据《新食品原料安全性审查管理办法》<sup>[16]</sup>的规定:“传统食用习惯”是指在省辖区域内有 30 年以上作为定型或者非定型包装食品生产经营的历史,并且未载入《中华人民共和国药典》)。因此,无论是大麦芽根还是大麦芽根提取物如果作为普通食品原料使用,都存在着原料合规风险,需要向国家卫生健康委员会(以下简称“国家卫健委”)提交大麦芽根作为新食品原料申请获批准后,才能作为食品配料使用。

根据《中华人民共和国食品安全法》的要求,食品生产经营应当符合食品安全标准,禁止用非食品原料生产食品,利用新的食品原料生产食品,应当向国务院卫生行政部门提交相关产品的安全性评估材料。如果申请大麦芽根为新食品原料,需依据《新食品原料安全性审查管理办法》<sup>[16]</sup>《新食品原料申报与受理规定》<sup>[17]</sup>《新食品原料安全性审查规程》<sup>[18]</sup>等文件的要求,向国家卫健委提出大麦芽根作为新食品原料使用申请。提交文件包括申请表、新食品原料研制报告、安全性评估

报告、生产工艺、执行的相关标准(包括安全要求、质量规格、检验方法等)、标签及说明等,申请平均周期为 2~3 年。

国外对于新食品原料的审批时间相对中国的要短一些,建议在国外申报为新食品原料后出口,比如 FDA(美国食品药品监督管理局)提出的“GRAS (Generally Recognized As Safe) 备案制度”(GRAS 类似中国新食品原料)。根据该制度,当食品生产者要把一种新食品成分用于食品中,并不需要经过 FDA 审查其安全性。申请者自己组织专家,根据已有的科学文献和生产者自己的实验结果,评估其所采用的生产流程、使用方式以及使用量下的安全性。如果评估结果符合 GRAS 要求,就向 FDA 备案。FDA 不进行研究,只对申请材料是否可靠进行评估。在“备案制”流程下,GRAS 资格审核从申请到 FDA 批复的时间大大缩短,平均不到 6 个月。

### 3.3 麦芽根作为化妆品原料使用

根据目前国内外的化妆品法规体系,大麦芽根提取物(HORDEUM VULGARE ROOT EXTRACT)在欧盟已经批准列为化妆品原料,在《国际化妆品原料标准中文名称目录》<sup>[19]</sup>中有记载,且在国内外高端品牌护肤品中已有应用案例,但在国内化妆品中没有应用案例,若将大麦芽根提取物应用于化妆品中,需要符合国家有关法规、标准、规范的相关要求,并对原料进行安全性风险评估,并由企业承担产品质量安全责任。因此大麦芽根在深度加工后,可以出口至国外作为化妆品原料使用,但需按不同国家的相关进口法规和流程执行。

### 参考文献:

- [1] 周广田. 现代啤酒工艺技术[M]. 北京: 化学工业出版社, 2007: 73.  
ZHOU G T. Modern beer technology[M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2007: 73.
- [2] 沈佳奇. 麦芽根多肽制备及其抑制  $\alpha$ -葡萄糖苷酶活性的研究[D]. 华南理工大学, 2019.  
SHEN J Q. Preparation of malt root polypeptide and its inhibition on  $\alpha$ -glucosidase activity[D]. South China University of Technology, 2019.
- [3] 韩丽, 负建民, 温科. 麦芽根营养成分分析[J]. 甘肃农业大学学报, 2008, 43(2): 136-138.

- HAN L, YUN J M, WEN K. Nutrition components of dried malt root[J]. Journal of Gansu Agricultural University[J]. 2008, 43(2): 136-138.
- [4] 邵荣, 许琦, 刘珊珊, 等. 以淀粉废水、麦芽根制备生物材料—短梗霉多糖[J]. 食品科学, 2007, 28(8): 314-317.  
SHAO R, XU Q, LIU S S, et al. Preparation of biomaterial-pullulan with starch waste water and malt root[J]. Food Science, 2007, 28(8): 314-317.
- [5] 杨月欣, 王亚光, 潘兴昌. 中国食物成分表(第一册)[M]. 北京: 北京大学医学出版社, 2009.  
YANG Y X, WANG Y G, PAN X C. China food composition (volume 1)[M]. Beijing: Peking University Medical Press, 2009.
- [6] 贾天广, 刘邦迪, 郭亚辉. 麦麸的功能成分及其应用研究进展[J]. 食品研究与开发, 2014, 35(7): 122-126.  
JIA T G, LIU B D, GUO Y H. Research progress of the wheat bran functional composition and its application[J]. Food Research and Development, 2014, 35(7): 122-126.
- [7] 史建芳, 胡明丽. 小麦麸皮营养组分及利用现状[J]. 现代面粉工业, 2012, 26(2): 25-28.  
SHI J F, HU M L. Nutritional components and utilization of wheat bran[J]. Modern Flour Milling Industry, 2012, 26(2): 25-28.
- [8] 孙长颢. 营养与食品卫生学[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2017.  
SUN C H. Nutrition and food Hygiene[M]. Beijing: People's Medical Publishing House, 2007.
- [9] 申瑞玲, 张文杰, 董吉林, 等. 藜麦的营养成分、健康促进作用及其在食品工业中的应用[J]. 中国粮油学报, 2016, 31(9): 150-155.  
SHEN R L, ZHANG W J, DONG J L, et al. Nutritional components, health-promoting effects of quinoa (chenopodium quinoa) and its application in the food industry[J]. Journal of Chinese Cereals and Oils Association, 2016, 31(9): 150-155.
- [10] 左丽丽, 王振宇, 樊梓鸾, 等. 植物多酚类物质及其功能研究进展[J]. 中国林副特产, 2012, (5): 39-43.  
ZUO L L, WANG Z Y, FAN Z L, et al. Progress research of plant polyphenols and function[J]. Forest By-Product and Speciality in China, 2012, (5): 39-43.
- [11] 中华人民共和国农业部公告. 饲料原料目录[Z]. 2012-06-01. Announcement of the Ministry of Agriculture, PRC. Catalogue of feed materials[Z]. 2012-06-01.
- [12] European Union. Commission Regulation (EU) No. 68/2013 on the Catalogue of feed materials[Z]. 2013-01-16.
- [13] 韩丽, 毕阳, 俞建民. 利用大麦芽根酿造酱油的研究[J]. 中国酿造, 2007, (12): 48-50.  
HAN L, BI Y, YUN J M. Study on soy sauce brewage with barley malt sprouts[J]. China Brewing, 2007, (12): 48-50.
- [14] 徐礼鹏. 从麦芽根中提取 5'-磷酸二酯酶的工艺研究[D]. 湖北工业大学, 2013.  
XU L P. Study on extraction of 5'-phosphodiesterase from malt root[D]. Hubei University of Technology, 2013.
- [15] 易吉萍, 刘序章, 余敦寿. 麦芽根替代米糠发酵制备乳酸的研究[J]. 氨基酸和生物资源, 1996, (2): 10-12.  
YI J P, LIU X Z, YU D S. Study on the replacement of rice bran with malt sprout in lactic acid fermentation[J]. Amino Acid & Biotic Resources, 1996, (2): 10-12.
- [16] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. 新食品原料安全性审查管理办法[Z]. 2017-12-26.  
National Health and Family Planning Commission, PRC. Measures for the administration of safety review of new food raw materials [Z]. 2017-12-26.
- [17] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. 新食品原料申报与受理规定[Z]. 2013-10-15.  
National Health and Family Planning Commission, PRC. New food raw material declaration and acceptance regulations[Z]. 2013-10-15.
- [18] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. 新食品原料安全性审查规程[Z]. 2013-10-15.  
National Health and Family Planning Commission, PRC. Procedures for the safety review of new food materials[Z]. 2013-10-15.
- [19] 中华人民共和国国家药品监督管理局. 国际化妆品原料标准中文名称目录[Z]. 2010-12-14.  
National Medical Products Administration, PRC. Catalogue of Chinese names of international cosmetic ingredient standards [Z]. 2010-12-14. 完