

# 萌动青稞的研究进展

申瑞玲, 绍舒, 董吉林

(郑州轻工业学院 食品与生物工程学院, 河南 郑州 450000)

**摘要:** 萌动谷物的研究越来越受到广大学者的关注, 特别是萌动青稞。萌动青稞是一种新型的功能性食品, 因其具有良好的口感和较高的营养价值而受到人们的喜爱。通过比较青稞萌动前后营养成分的变化、萌动后青稞的生理功效, 以及国内外萌动青稞产品的研发现状, 综述了国内外萌动青稞研究进展, 为我国萌动青稞的开发与利用提供参考。

**关键词:** 青稞; 萌动; 营养成分; 生理功效; 食品

**中图分类号:** TS 210.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-7561(2015)03-0021-05

## Research progresses in germinating hull-less barley

SHEN Rui-ling, SHAO Shu, DONG Ji-lin

(College of Food and Biological Engineering, Zhengzhou University  
of Light Industry, Zhengzhou Henan 450000)

**Abstract:** Research on germinating cereal was drawn more and more attention by scholars, especially for the germinating hull-less barley, which was loved by the people because of its characteristics of good taste and high nutritive qualities. The changes in nutrition components before and after germination, physiological functions during hull-less barley seed germination, research status and progress in development of germinating hull-less barley at home and abroad were summarized, which provided theoretical basis for development of germination hull-less barley in China.

**Key words:** hull-less barley; germination; nutrition components; physiological functions; food

萌动是生命发展的初级阶段,也是生物中最有活力的阶段。经研究发现,谷物萌动过程中发生了许多生理代谢变化,而这种变化大部分对人体营养来说是有益的<sup>[1]</sup>。萌动后谷物的营养价值不仅得到了提高,蛋白质、淀粉、脂肪等营养物质变得更容易被人类吸收与利用<sup>[2]</sup>,而且谷物中的有毒、有害或抗营养物质被降解或消除,特别是,萌动后谷物中对人体有益的活性物质含量增加了,例如多酚、维生素、 $\gamma$ -氨基丁酸等<sup>[3]</sup>。

青稞,又称裸大麦,一种最具高原特色的无公害的谷类作物,主要生长在中国西北、西南地区,特别是西藏、青海、甘肃等偏远地区。青稞的营养成分总指标符合现代营养学对新型功能食品所提出的“三

高二低”要求,即高蛋白、高膳食纤维、高维生素、低糖和低脂肪<sup>[4]</sup>,此外,在所有谷物中,青稞 $\beta$ -葡聚糖含量最高,达到8.62%,具有降脂、降糖和降血压等多种生理功能<sup>[5]</sup>。随着全球方便食品和营养保健食品生产的飞速发展,萌动青稞食品的开发和利用受到了国内外食品专家的关注,成为一种新型食品的开发热点。目前,日本一家啤酒公司已经成功开发防治溃疡性大肠炎的萌动青稞食品,被日本厚生省认定批准为溃疡性大肠炎患者用食品,商品名为“GBF”。这种产品为粉末状食品,富含谷氨酰胺和膳食纤维,具有保持肠内水分、改善溃疡性大肠炎腹泻等症状,这种产品无副作用,已投放市场销售。但是国内对于萌动青稞的研究以及食品开发还是很有限的。本文从青稞萌动前后营养成分的变化、萌动后青稞的生理功效,以及国内外萌动青稞产品的

收稿日期:2014-12-16

基金项目:公益性行业(农业)科研专项(201403063)

作者简介:申瑞玲,1967年出生,女,教授,博士。

研究现状等方面综述国内外萌动青稞研究进展,为萌动青稞的研究提供理论基础,为我国萌动产品的深加工提供参考。

## 1 萌动对青稞营养成分含量的影响

青稞萌动过程是一种生理活性化的过程,青稞中的酶以结合态的方式储存于干青稞籽粒中。在适宜的条件下,青稞中的水分增加到一定程度时,处于眠状态的酶被激活,由结合态转变成游离态,从而发生酶解作用,使青稞中的营养状态及含量发生了变化。

### 1.1 萌动对青稞中蛋白质及氨基酸含量的影响

蛋白质是青稞的主要成分之一,含量达13.1%,主要由清蛋白、球蛋白、醇溶蛋白和谷蛋白等组成,含有18种氨基酸,尤其富含谷物中比较缺乏的赖氨酸,含量可达0.36 g/100 g<sup>[6]</sup>。国内外许多研究都表明萌动处理会直接影响青稞中蛋白质的含量及蛋白酶的活性。刘宝祥<sup>[7]</sup>等利用双向电泳技术监测大麦萌发过程中蛋白质组分的变化,结果发现萌发过程中蛋白总量基本不变,而蛋白组分(球蛋白、清蛋白、谷蛋白和醇溶蛋白)的含量发生了显著的变化。白盼<sup>[8]</sup>等研究了国内外12种大麦籽粒萌发后蛋白质含量的变化,也得到了类似的结果,并且还探讨了总蛋白与蛋白组分、酶与蛋白和酶与酶之间的相关性,结果发现 $\alpha$ -淀粉酶与清蛋白呈负相关性,蛋白酶与清蛋白呈正相关性, $\beta$ -淀粉酶与总蛋白、蛋白亚组分及蛋白酶之间存在显著正相关性。Schmitt<sup>[9]</sup>等研究萌动对大麦中氨基酸酶活性的影响,结果发现在萌发过程中半胱氨酸酶和丝氨酸酶的活性发生了显著的变化。此外,董海洲等<sup>[10]</sup>研究萌动对大麦中氨基酸含量的影响,结果发现大麦中有效赖氨酸含量有所提高,也增加了氨基酸的生物利用率。

### 1.2 萌动对青稞中淀粉含量及淀粉酶的影响

淀粉是青稞中的主要碳水化合物,平均含量为64%<sup>[11]</sup>。Arora<sup>[12]</sup>等比较研究了大麦萌动前后淀粉含量的变化,结果发现萌动后淀粉含量显著降低,总可溶性糖的含量显著增加,这可能是因为萌动初期淀粉酶的活性增强,导致大量淀粉被分解。萌动过程中青稞淀粉的含量和 $\alpha$ -淀粉酶、 $\beta$ -淀粉酶的活性有着密切的关系。目前关于青稞萌动过程中淀粉酶的研究还是比较多的。Acquistucci<sup>[13]</sup>等发现萌动前青稞中的 $\alpha$ -淀粉酶活性微不足道( $\leq 0.5$  U/g),

而萌动后其活性显著增加(94~330 U/g), $\beta$ -淀粉酶的活性在萌动过程中也显著增加。Sanal<sup>[14]</sup>等研究萌动对大麦中 $\alpha$ -淀粉酶活性的影响,也得到了类似的结果。温度是影响 $\alpha$ -淀粉酶和 $\beta$ -淀粉酶活性的最大因素。宋俊洲<sup>[15]</sup>等将大麦在不同的温度下进行萌发实验,结果发现 $\alpha$ -淀粉酶和 $\beta$ -淀粉酶的活性随着温度的升高而增加,但是温度达到18℃后,活性却随着温度的升高而降低。大麦的品种也是影响 $\alpha$ -淀粉酶和 $\beta$ -淀粉酶活性的一个重要因素,张新忠等<sup>[16]</sup>比较研究了国内4个大麦品种与两个国外青稞品种在萌发过程中淀粉酶活性的变化规律以及品种间差异,结果发现在萌发过程 $\alpha$ -淀粉酶和 $\beta$ -淀粉酶的活性增加,国内品种的增加速率大于国外的品种,且不同品种间的增加速率存在显著性差异。

### 1.3 萌动对青稞中脂肪含量的影响

目前国内外关于萌动影响脂肪含量变化的报道较少。张端莉<sup>[17]</sup>等人研究了萌动前后脂肪含量的变化,结果发现青稞萌发第3~5 d后脂肪含量降幅较大,这可能是因为青稞萌发过程脂肪被氧化或被脂肪酶分解,进一步的证据还有待于深入研究。

### 1.4 萌动对青稞活性成分的影响

#### 1.4.1 萌动对青稞中 $\gamma$ -氨基丁酸含量的影响

$\gamma$ -氨基丁酸(GABA)是一种具有降血压、抗衰老、调节心血管疾病等多种药理功效的化合物<sup>[18]</sup>。许多研究都表明经过萌动处理能提高青稞中GABA的含量。曾亚文<sup>[19]</sup>等利用分光光度计检测了28个不同大麦品种萌发前后 $\gamma$ -氨基丁酸的含量,大麦萌发后GABA平均含量(52.54 mg/100 g)显著高于萌发前(45.84 mg/100 g)。赵春艳<sup>[20]</sup>和Makoto<sup>[21]</sup>对大麦萌发前后GABA的含量的变化进行了研究,也得到类似的结果。

#### 1.4.2 萌动对青稞 $\beta$ -葡聚糖含量的影响

青稞 $\beta$ -葡聚糖是一种水溶性多糖,由D-吡喃葡萄糖单位通过 $\beta$ -(1 $\rightarrow$ 3)和 $\beta$ -(1 $\rightarrow$ 4)糖苷键连接而成,其中由 $\beta$ -(1 $\rightarrow$ 3)键连接组成的纤维三糖占70%左右,由 $\beta$ -(1 $\rightarrow$ 4)连接的纤维四糖占30%左右<sup>[22]</sup>。国内外研究发现萌动过程青稞中 $\beta$ -葡聚糖的含量减少,这对青稞的营养价值产生了一定的负面影响。Hübner<sup>[23]</sup>等发现大麦萌发48 h后,其 $\beta$ -葡聚糖的含量急剧减少,从3.8%降低到

2.4%,而萌发96 h后发现大麦中只有少量残留的 $\beta$ -葡聚糖。钟正升<sup>[24]</sup>也发现类似的情况,在萌发过程大麦中 $\beta$ -葡聚糖的含量会减小,还发现低温、pH中性或偏碱性条件会加速 $\beta$ -葡聚糖的降解速率,一些离子如镁离子、钾离子、锌离子和钠离子也会促进 $\beta$ -葡聚糖的降解速率,但是铜离子会抑制 $\beta$ -葡聚糖的降解速率。造成青稞萌发过程 $\beta$ -葡聚糖的含量减少的原因可能是青稞在萌发中,胚上皮层细胞分泌的赤霉素刺激胚乳糊粉层细胞,从而合成一系列的葡聚糖酶,葡聚糖酶合成后会随着水分而渗入胚乳内,然后水解青稞细胞壁上和细胞间的葡聚糖<sup>[25]</sup>。所以在萌发青稞时,萌动的时间不宜过长,且要加入一些抑制 $\beta$ -葡聚糖分解的离子,这样才能降低 $\beta$ -葡聚糖的分解率,从而提高萌动青稞的生物活性。

#### 1.4.3 萌动对青稞中总酚含量的影响

青稞中含有多类酚类化合物,比如羟基肉桂酸、羟基苯甲酸、类黄酮和氨基酚等<sup>[26]</sup>。Hyun Young Kim<sup>[27]</sup>等对燕麦、青稞、黑麦和小麦萌动前后总酚含量的变化进行了研究,结果发现燕麦、青稞、黑麦和小麦中总酚的含量都增加了,分别从1.70、2.46、1.98和1.57 mg/g增加到2.64、3.97、3.47、2.05 mg/g。Donkor<sup>[28]</sup>等也研究了萌动处理对青稞、黑麦以及高粱中的总酚含量的影响,得到类似的结果。对于谷物萌动后总酚含量增加这一现象,Kaukovirta-Norja<sup>[29]</sup>通过研究发现,谷物经过萌发处理后,植物细胞壁周围的很多成分被降解,这样游离态和结合态的酚类化合物被释放出来,从而使总酚含量明显增加。

## 2 萌动青稞的生理功效

近年来,萌动青稞的生理功效受到越来越多的关注。根据第一部分的文献报道内容可知,青稞萌动后大多生理活性成分的含量明显增加,进而增强了青稞的生理功效。许多动物实验或临床试验已经证明,萌动青稞具有预防和改善癌症、糖尿病及心血管疾病等功效。

### 2.1 预防癌症的作用

炎性肠病是一种慢性且易复发的疾病,并且这种疾病会增加患结肠癌的概率,最近研究发现,和正常人相比炎性肠病患者体内的一些微生物种类发生了变化<sup>[30]</sup>,比如双歧杆菌、乳酸菌等,这些微生物可

以降低肠道的渗透率,避免接触像致病菌之类的抗原,从而起到预防结肠癌的作用<sup>[31]</sup>。Araki<sup>[32]</sup>等对结肠炎模型大鼠饲喂萌动青稞后发现,结肠内双歧杆菌、乳酸菌等数量增多,丁酸盐以及短链脂肪酸(SCFA)的含量也增加,这些益生菌有助于降低肠道的渗透率,从而预防结肠癌。Bamba<sup>[33]</sup>等通过动物实验研究发现,结肠炎的模型大鼠食用后萌动青稞4周后,结肠内双歧杆菌的数量有所增加,这种微生物会增加丁酸盐的含量,丁酸盐易被完全吸收从而保护整个结肠粘膜且可以强有力的加速结肠上组织的重构,从而预防结肠癌的发生。Kanauchi<sup>[34]</sup>等人将F344雄性大鼠随机分为两组,分别注射氧化偶氮甲烷,对模型大鼠饲喂萌动青稞几周后发现其盲肠内的丁酸盐和 $\beta$ -葡萄糖醛酸酶含量明显增加,且HSP25阳性细胞也在增加,这表明萌动青稞具有抗肿瘤活性。Faghfoori<sup>[35]</sup>等人研究了萌动青稞食品对溃疡性结肠炎患者血清中TNF- $\alpha$ 、IL-6以及IL-8含量的影响,结果发现萌动青稞食品能够降低患者血清中TNF- $\alpha$ 、IL-6以及IL-8的含量,为以后的临床治疗结肠炎和预防结肠癌提供一些基础数据。

### 2.2 预防糖尿病的作用

研究表明GABA能够促进胰腺分泌胰岛素,从而能够预防糖尿病的发生。窦海洋<sup>[36]</sup>等人研究了萌动小麦和大麦的体内外降糖作用,并且首次研究了淀粉分子构象和抗糖尿病活性的关系,结果发现萌动不仅引起小麦和青稞表观密度的增加,还增加其抗糖尿病活性,可能是因为萌动后淀粉分子之间变得更加紧凑,糖尿病人难以吸收利用。周斌<sup>[37]</sup>等人研究了萌动青稞和小麦混合物对模型SD大鼠和小鼠的抗糖尿病作用,结果发现这种混合物不仅能够降低血糖,还能够提高模型鼠的胰岛素抵抗作用,此外,和对照组相比,糖尿病引起的一些不良反应也得到了明显的改善,例如盲肠扩大、肠道运输活动降低等。

### 2.3 预防其他疾病的作用

Kendall<sup>[38]</sup>等通过研究发现,降低5 mmHg的血压相当于心血管病的发生率减少了16%,而降低1%血液中脂蛋白胆固醇(LDL-C)的含量相当于心血管疾病的发生率降低了1%~2%,而酚类物质就具有强大的体内和体外抗氧化能力,还能够清除

过氧化氢、DPPH、羟基自由基,此外还能保护 LDL-C 不被氧化<sup>[39]</sup>,因此具有预防心血管疾病的作用。青稞中含有丰富的酚类物质,且由上文可知,青稞萌动后总酚含量增加,这样就增加了青稞预防心血管疾病和抗氧化作用。

### 3 萌动青稞食品的开发

青稞自古以来是西藏地区的重要主食之一,青稞主要被加工成糌粑。糌粑的加工过程是将焙炒熟化后的青稞磨粉,这种产品不仅加工方式简单,而且口感粗糙、附加值低,严重制约了青稞食品的开发利用。近年来随着对青稞的关注逐渐增多,青稞已经被用于粮食工业、酿酒工业、饮料工业、功能食品等很多领域。已成功研究出青稞挂面、青稞速食面、青稞营养粉等产品,这些产品保持了青稞原有的低糖、低脂肪特点,所以是高血糖、高血脂人群的理想食品。此外,云南的迪庆香格里拉酒业股份有限公司自主研发的“香格里拉藏秘”青稞干酒,在国际诗酒节上获得“金爵”奖的称号。西藏农科院已经成功研发出“青稞降脂胶囊”、“青稞饼干”等新产品。

萌动处理可以改善某些食品的风味,例如青稞萌动后还原糖和氨基酸含量有所增加,就可以采用焙烤或者膨化等加工方法,使还原糖与氨基酸发生美拉德反应产生芳香气味,从而提高产品的感官品质,例如可以制成萌动青稞茶,郭天伊<sup>[40]</sup>利用这个特性,成功研究出一种萌动青稞绿茶,它不仅富集了青稞中的营养成分,而且有助于消化,还能起到美容养颜的功效。但是总的来说,国内外对萌动青稞产品的研发还是很有局限的,需要加大力度来研制新型的萌动青稞产品。

### 4 前景与展望

青稞是开发功能性食品的最佳原料之一。青稞经过萌动处理后,其营养成分和生理功效都发生了显著的改变,对人类一些难以克服的疾病有着很好的预防作用,比如糖尿病、癌症等。但总体说来,目前萌动青稞食品的生产技术及应用方面与其他萌动谷物相比,仍有较大的差距,还有很多领域需要开发,市场上萌动青稞的产品也远远不能满足国内消费的需求。未来应该利用萌动青稞来加工附加值、高营养的功能性产品,例如:萌动青稞咀嚼片、萌动青稞冲调粉等。其次,青稞萌动后其理化活性成分含量显著增加,可以将其分离出来,用于功能性食品

和药品的开发,比如青稞萌动后其酚类化合物含量增加,可以用于抗氧化功能性食品、药品的开发。另外,青稞本身有一些缺陷,比如青稞中缺少麦谷蛋白和醇溶蛋白,因而制成的青稞食品比较坚硬而缺乏弹性,而青稞萌动后其蛋白亚组分会发生变化,这就会提高萌动青稞食品的感官品质,推动萌动青稞在面制品工业中的应用,但是目前同传统的青稞面制品相比,国内外对萌动青稞面制品的研究还是很有局限的,所以应该大力研发新的技术,以期推广萌动青稞面制品。

随着对萌动青稞研究的深入,萌动青稞食品、药品的开发将会有更加广阔的发展前景,因此我国应加大对萌动青稞食品的研究力度。

### 参考文献:

- [1] Hübner F, Arendt E K. Germination of cereal grains as a way to improve the nutritional value: a review[J]. Food Science and Nutrition, 2013, 53(8): 853 - 861.
- [2] Swieca M, Baraniak B, Gawlik - D U. In vitro digestibility and starch content, predicted glycemic index and potential in vitro antidiabetic effect of lentil sprouts obtained by different germination techniques [J]. Food Chemistry, 2013, 138(2 - 3): 1414 - 1420.
- [3] Kaukavirtto - Norja A, Wilhelmson A, Poutanen K. Germination: a means to improve the functionality of oat[J]. Agricultural and Food Science, 2004, 13(1 - 2): 100 - 112.
- [4] 任欣, 闫淑琴, 沈群. 青稞全粉面条品质改进研究[J]. 食品工业科技, 2013, 34(21): 115 - 118.
- [5] 杨文字, 江春艳, 严冬, 等. 以青稞  $\beta$ -葡聚糖为主要基质的保健果冻研制[J]. 食品科学, 2012, 33(4): 296 - 300.
- [6] 武菁菁, 李鑫磊, 张艺, 等. 青稞蛋白质凝胶特性的研究[J]. 食品工业科技, 2013, 34(16): 131 - 135.
- [7] 刘宝祥, 朴永哲, 翟明昌, 等. 大麦发芽过程中蛋白质组的变化研究[J]. 食品工业科技, 2013, 34(11): 108 - 111.
- [8] 白盼, 宁正祥, 郭培国, 等. 不同大麦籽粒品质及发芽后蛋白质含量和主要水解酶活力变化的研究[J]. 中国酿造, 2011, (12): 117 - 121.
- [9] Mark R, Ronald W S, Allen D B. Protein mobilization and malting - specific proteinase expression during barley germination[J]. Journal of Cereal Science, 2013, 58(2): 324 - 332.
- [10] 董海洲. 大麦理化特性及其挤压膨化加工机理与应用的研究[D]. 北京: 中国农业大学, 2002.
- [11] 郑学玲, 张玉玉, 张杰. 青稞淀粉和小麦淀粉的理化性质比较研究[J]. 中国粮油学报, 2010, 25(10): 52 - 56.
- [12] Sonia Arora, Sudesh Jood, Khetarpaul N. Effect of germination and probiotic fermentation on nutrient composition of barley based food mixtures[J]. Food Chemistry, 2010, 119(2): 779 - 784.

- [13] Rita Acquistucci, Valeria Turfani, Gabriella Aureli. Amylase modification induced by the germination process in organic barley [J]. *European Food Research and Technology*, 2011, 232 (4): 583 - 590.
- [14] Filiz Sanal, Gülay Şeren, Utku Güner. Effects of Arsenate and Arsenite on Germination and Some Physiological Attributes of Barley *Hordeum vulgare* L [J]. *Bull of Environmental Contamination and Toxicology*, 2014, 92: 483 - 489.
- [15] 宋俊洲. 大麦发芽过程中酶和淀粉特性的研究 [D]. 辽宁: 大连工业大学, 2010.
- [16] 张新忠. 大麦发芽过程中淀粉酶活性变化及其与麦芽品质关系研究 [D]. 江苏: 扬州大学, 2010.
- [17] 张端莉, 桂余, 方国珊, 等. 大麦在发芽过程中营养物质的变化及其营养评价 [J]. *食品科学*, 2014, 35 (1): 229 - 233.
- [18] Jimure T, Kihara M, Hirota N, et al. A method for production of  $\gamma$ -amino butyric acid (GABA) using barley bran supplemented with glutamate [J]. *Food Research International*, 2009, 42 (3): 319 - 323.
- [19] 曾亚文, 杨涛, 普晓英, 等. 大麦籽粒中  $\gamma$ -氨基丁酸、总黄酮和生物碱含量在发芽过程中的变化 [J]. *麦类作物学报*, 2012, 32 (1): 135 - 139.
- [20] 赵春艳, 杨树明, 杜娟, 等. 不同大麦品种 (系) 营养功能成分差异比较 [J]. *西南农业学报*, 2010, 23 (3): 613 - 618.
- [21] Makoto K, Yoshihiro O, Takashi, et al. Accumulation and degradation of two functional constituents GABA and  $\beta$ -glucan and their varietal differences in germinated barley grains [J]. *Breeding Science*, 2007, 57 (2): 285 - 289.
- [22] Sharma P, Gujral H S. Anti-staling effects of  $\beta$ -glucan and barley flour in wheat flour chapatti [J]. *Food Chemistry*, 2014, 145: 102 - 108.
- [23] Hübner F, Tonya O'Neil, Kevin D, et al. The influence of germination conditions on beta-glucan, dietary fibre and phytate during the germination of oats and barley [J]. *European Food Research and Technology*, 2010, 231: 27 - 35.
- [24] 钟正升. 制麦条件对大麦发芽过程中  $\beta$ -葡聚糖含量及  $\beta$ -葡聚糖酶变化的影响 [J]. *啤酒科技*, 2011, (8): 14 - 16.
- [25] Alberto Gianinetti. A theoretical framework for  $\beta$ -glucan degradation during barley malting [J]. *Theory in Biosciences*, 2009, 128 (2): 97 - 108.
- [26] Holtekjolen A K, Baeverfjord A B, Rodbotten M, et al. Antioxidant properties and sensory profiles of breads containing barley flour [J]. *Food Chemistry*, 2008, 110 (2): 414 - 421.
- [27] Hyun Y K, Sang H L, In G H, et al. Antioxidant and antiproliferation activities of winter cereal crops before and after germination [J]. *Food Science and Biotechnology*, 2013, 22 (1): 181 - 186.
- [28] Donkor O N, Stojanovska L, Ginn P, et al. Germinated grains - Sources of bioactive compounds [J]. *Food Chemistry*, 2012, 135 (3): 950 - 955.
- [29] Kaukovirta - Norja A, Wilhelmson A, Poutanen K. Germination: a means to improve the functionality of oat [J]. *Agricultural and Food Science*, 2004, 13 (1 - 2): 100 - 112.
- [30] Sokol H, Seksik P, Rigottier - Gois L, et al. Specificities of the fecal microbiota in inflammatory bowel disease [J]. *Inflammatory Bowel Diseases*, 2006, 12 (2): 106 - 111.
- [31] Garcia V E, Ferrari De - Lourdes - De - Abreu, Guerra - Pinto A, et al. Influence of *Saccharomyces boulardii* on the intestinal permeability of patients with Crohn's disease in remission [J]. *Scandinavian Journal of Gastroenterology*, 2008, 43 (7): 842 - 848.
- [32] Araki Y, Andoh A, Koyama S, et al. Effects of germinated barley foodstuff on microflora and short chain fatty acid production in dextran sulfate sodium - induced colitis in rats [J]. *Bioscience Biotechnology and Biochemistry*. 2000, 64 (9): 1794 - 8000.
- [33] Tadao Bamba, Osamu Kanauchi, Akira Andoh, et al. A new prebiotic from germinated barley for nutraceutical treatment of ulcerative colitis [J]. *Journal of Gastroenterology and Hepatology*, 2002, 17 (8): 818 - 824.
- [34] Osamu Kanauchi, Keiichi Mitsuyama, Akira Andoh, et al. Modulation of intestinal environment by prebiotic germinated barley foodstuff prevents chemo - induced colonic carcinogenesis in rats [J]. *Oncology Reports*, 2008, 20 (4): 793 - 801.
- [35] Zeinab Faghfoori, Lida Navai, Rahebeh Shakerhosseini, et al. Effects of an oral supplementation of germinated barley foodstuff on serum tumour necrosis factor -  $\alpha$ , interleukin - 6 and - 8 in patients with ulcerative colitis [J]. *Annals of Clinical Biochemistry*, 2011, 48 (3): 233 - 237.
- [36] Haiyang Dou, Bing Zhou, Hae - Dong Jang, et al. Study on antidiabetic activity of wheat and barley starch using asymmetrical flow field - flow fractionation coupled with multiangle light scattering [J]. *Journal of Chromatography*, 2014, 1340: 115 - 120.
- [37] Bing Zhou, Sang - Hyun Lee, Jin - Kyoung Kim, et al. Anti - diabetic effect of mixed raw food containing germinated barley and wheat with less side - effect in SD rats and db/db mice model [J]. *The FASEB Journal*, 2014, 28 (1 Suppl): 829, 15.
- [38] Kendall C W C, Esfahani A, Jenkins D J A. The link between dietary fibre and human health [J]. *Food Hydrocolloids*, 2010, 24 (1): 42 - 48.
- [39] Zhao, Zhaohui, Moghadasian, Mohammed H. Chemistry, natural sources, dietary intake and pharmacokinetic properties of ferulic acid: A review [J]. *Food Chemistry*, 109 (4): 691 - 702.
- [40] 郭天伊. 一种发芽大麦绿茶及其制备方法 [P]. 中国专利: 201210465950.2, 2014 - 5 - 28. 