

DOI: 10.16210/j.cnki.1007-7561.2018.05.003

# 青稞加工制品研究进展

周智伟<sup>1,2</sup>, 刘战民<sup>1</sup>, 周选围<sup>2</sup>

(1. 上海大学生命科学学院 食品科学与营养学系, 上海 200444;  
2. 上海交通大学 农业与生物学院植物科学系, 上海 200240)

**摘要:** 青稞是高原特色作物, 由于青稞特殊的生长地域及营养成分, 其加工制品的相关研究成为热点。从青稞软饮料、青稞发酵制品、青稞粮谷制品等领域, 综述了青稞加工制品的最新研究进展, 分析了我国青稞制品及其加工行业存在的问题, 对青稞加工未来发展方向做出了展望。

**关键词:** 青稞; 加工制品; 进展

中图分类号: TS 219 文献标识码: A 文章编号: 1007-7561(2018)05-0011-06

## Research progress of highland barley processed products

ZHOU Zhi-wei<sup>1,2</sup>, LIU Zhan-min<sup>1</sup>, ZHOU Xuan-wei<sup>2</sup>

(1. Department of Food Science and Nutrition, School of Life Sciences, Shanghai University, Shanghai 200444; 2. Department of Plant Science, School of Agriculture and Biology, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai 200240)

**Abstract:** Highland barley is one of feature crop in plateau. Research on highland barley products obtain more and more attention because of the special cultivation area and abundant nutrition components. The research progress on the highland barley products, including soft beverage, fermentation products and cereal food, was summarized. The existing problems in processing were analyzed. The future development direction of highland barley processing was prospected.

**Key words:** highland barley; processing products; advance

青稞 (*Hordeum vulgare* Linn. var. *nudum* Hook) 是青藏高原一年一熟的高寒农业区主要粮食作物, 是典型的营养比较均衡作物, 青稞籽粒中纤维素 ( $\beta$ -葡聚糖)、维生素和矿质元素含量较高, 蛋白质含量适中, 糖份和脂肪含量较低<sup>[1]</sup>, 而作为膳食纤维主要成分的  $\beta$ -葡聚糖对治疗消化不良、控制体重、控制糖尿病、预防慢性疾病等都有一定功效<sup>[2]</sup>, 受到人们极大关注。此外, 青稞还富含多酚类物质<sup>[3]</sup>, 有抗氧化功效, 可减少低密度脂蛋白含量以及抑制动脉粥样硬化等<sup>[4]</sup>。青稞丰富的功效成分使其成为功能性食品开发的良好原料, 但是青稞自身的部分因素使其在加工利

用过程中尚且存在许多困难有待克服。例如, 青稞膳食纤维含量高而且无籽, 与皮大麦相比, 青稞麦芽产量低, 容易造成啤酒浑浊。青稞籽粒组织结构粗松、面筋含量极低, 加工成型能力差, 口感较差, 不利于面条和麦片等产品的生产; 同时, 由于纤维和矿物质含量偏高, 可溶性淀粉含量偏低, 相对于高粱、大米而言, 使用青稞酿造白酒也没有原料优势<sup>[5-6]</sup>。

近年来青稞的加工在主产区有了长足的发展。以青海省为例, 青稞用于主粮消费的量占总产量的 80%, 其他主要用途包括牲畜饲料、酿造青稞酒以及各种食品的加工<sup>[7]</sup>。目前青稞产品主要有青稞米、青稞面粉、青稞挂面、青稞奶茶及青稞酒等。青海互助青稞酒有限公司年消耗青稞原料大约 5 万 t, 年产青稞蒸馏白酒约 2 万 t, 涉

收稿日期: 2018-05-05

基金项目: 天津汇禾食品有限公司资助 (16H100000413)

作者简介: 周智伟, 1993 年生, 男, 硕士研究生。

通讯作者: 周选围, 1962 年生, 男, 博士, 教授。

及4大系列60多个品种。此外,还有一些公司分别能实现年产2 000 t青稞速食面,150 t青稞挂面,1万t青稞饼干、青稞奶茶、青稞麦片,1万t青稞醋<sup>[8]</sup>。但是,目前青稞的加工仍处于科技含量不足、开发层次较低的阶段,青稞的精深加工越来越引起科研人员及企业家们的重视,针对青稞独特的品质特征开发具有特色的各种青稞食品,市场前景广阔。本文从青稞软饮料、青稞发酵制品、青稞粮谷制品等方面论述青稞加工的最新研究进展,以期为青稞的深加工提供参考。

## 1 青稞软饮料

软饮料是指酒精含量不超过0.5%的饮料制品<sup>[9]</sup>。目前青稞已经被用于制作青稞茶、益生菌饮料、蛋白饮料以及苗汁饮料等。

### 1.1 青稞茶

青稞茶制品主要分为两类:一类由青稞籽粒直接制作而成;另一类由青稞籽粒与其他原料复配制成。青稞籽粒直接制备青稞茶的工艺为:青稞 淘洗 干燥 粉碎 筛分 加水调和 蒸煮 成型 干燥 焙炒 冷却 包装 成品,可使用汤色、香气、滋味、连续冲泡性作为产品感官风味评价指标<sup>[10]</sup>。有研究认为在焙炒阶段,采用分段式焙炒能促进茶制品增香上色、提高可冲泡性,优化的分段焙炒工艺为:第一阶段150 , 15 min ;第二阶段180 20 min ;第三阶段200 , 5 min<sup>[11]</sup>。

利用青稞籽粒与其他原料复配制成的青稞茶则兼具各原料的功效成分,同时产品风味得到改善。主要工艺为:复配 浸泡 干燥 烘烤 袋装。普洱茶是一种发酵茶,具有降血脂、抗肥胖等功效<sup>[12]</sup>,且其中的多酚类物质有清除自由基、抗氧化功能<sup>[13]</sup>。已有研发人员成功地研制出了普洱风味的青稞茶<sup>[14]</sup>。在保持良好感官体验的前提下,探究青稞茶健康功效成分的保持或强化方法,是青稞茶的研发趋势。

### 1.2 青稞益生菌饮料

益生菌往往不能直接利用青稞淀粉进行发酵,因而需要对青稞淀粉进行酶解糖化和液化,从而为益生菌提供合适的营养物质。万萍<sup>[15]</sup>利用 $\alpha$ -淀粉酶(8.9U/g青稞)、糖化酶(加入量为原料

质量的2.0%)和菠萝蛋白酶(加入量为原料质量的3.5%)制备的青稞酶解液中含有5.68%还原糖和0.47 g/L氨基酸态氮,可为益生菌发酵提供丰富的碳源、氮源和益生元。有研究指出,在液化过程中添加适量的CaCl<sub>2</sub>有助于提高液化酶活性,缩短青稞乳酸菌饮料制备时间<sup>[16]</sup>。目前在淀粉酶解液制备的过程中,使用多酶共同糖化是技术趋势之一,青稞中高含量的 $\beta$ -葡聚糖是否会对酶解过程产生影响,有待进一步探究。此外,需要在益生菌发酵饮料中添加稳定剂以增强饮料稳定性,有研究认为<sup>[17]</sup>果胶0.26%、羧甲基纤维素钠0.20%、黄原胶0.21%为较好的稳定剂配方。

### 1.3 青稞谷物蛋白饮料

青稞谷物蛋白饮料分为两种:一是单纯的青稞蛋白饮料;二是将青稞与其他谷物混合,制作出复合型谷物蛋白饮料。青稞谷物蛋白饮料的制作工艺和其他植物(谷物)蛋白饮料的制作工艺并没有很大差别,主要工艺流程为<sup>[18]</sup>:原料预处理 预煮制浆 调配 均质 罐装 杀菌 冷却 成品。复合型谷物蛋白饮料目前主要有青稞黄豆谷物蛋白饮料<sup>[19]</sup>、青稞紫米复合饮料<sup>[20]</sup>。蛋白饮料可能会出现脂质分层、蛋白质聚集沉淀等稳定性问题,pH、温度、胶体粒子直径以及体系中的金属离子和微生物等都会影响稳定性<sup>[21]</sup>,现在常通过添加合理配比的乳化剂和增稠剂<sup>[22]</sup>、优化均质压力<sup>[23]</sup>等方法增强稳定性。

黄迪宇<sup>[24]</sup>以青稞酒糟为原料制成了酸性植物蛋白饮料,并在饮料中添加0.15%耐酸型羧甲基纤维素、0.30%大豆多糖、0.04%结冷胶、0.15%复配乳化剂( $W_{\text{单甘酯}}:W_{\text{蔗糖酯}}=1:1$ ),解决酸性体系中饮料稳定性问题。此外,李思宁<sup>[25]</sup>把过80目筛的青稞粉按照2%的量添至牛乳中,研制了青稞牛奶谷物饮品,其最佳乳化剂及增稠剂的组合是0.06%蔗糖脂肪酸酯、0.08%单硬脂酸甘油酯、0.07%黄原胶。最佳均质压力是30 MPa。最近也有人尝试使用银耳多糖浸提液<sup>[26]</sup>等物质代替部分传统增稠剂和乳化剂,在保证饮料稳定性的同时提高饮料的营养保健价值,但在青稞蛋白饮料中应用尚未发现相关报道。提升青稞蛋白饮料营养价值及专用稳定剂的研究都是未来需要重点关

注的方向。

#### 1.4 青稞苗汁饮料

苗汁饮料是指将植物苗浸提液经加工制成的饮料,是一种果蔬汁饮料,主要工艺流程为:预处理 浸提 澄清与调配 过滤 杀菌 灌装。目前已研发出豌豆苗饮品<sup>[27]</sup>、富锌大麦苗饮料<sup>[28]</sup>等产品。青稞苗汁中含有丰富的黄酮类物质<sup>[29]</sup>和超氧化物歧化酶(Superoxide Dismutase, SOD)<sup>[30]</sup>。黄酮类物质具有抗氧化、抗炎症、抗突变、抗癌等功效<sup>[31]</sup>,SOD是一种抗氧化剂,具有清除氧自由基的作用<sup>[32-33]</sup>。苗汁饮料在开发过程中要注重解决颜色褐变、口感苦涩等问题。传统工艺中常采用柠檬酸护色,采用甜味剂调配口感。陈元涛<sup>[34]</sup>给出了适宜制作青稞苗汁饮料的提取温度、提取时间、澄清工艺以及口感调配配方。未来也可以尝试采用非热杀菌方法达到护色效果,采用环糊精包埋等方法改善青稞苗汁的风味。

## 2 青稞发酵制品

### 2.1 青稞酒及低酒精度饮料

#### 2.1.1 青稞酒

青稞酒主要分为非蒸馏型和蒸馏型两种,非蒸馏型的主要是青稞啤酒,蒸馏型的主要包括青稞烤酒和青稞白酒。青稞烤酒是低酒精度的酒,而青稞白酒是高酒精度的酒<sup>[35]</sup>。青稞酒除了具备一般酒类的醇香之外,还具备其独特的芳香风味。青稞酒的酿造工艺和其它传统谷物酒的酿造工艺并无很大差别,只是青稞酒存在出酒率低、易浑浊且略苦等问题。这些问题可通过改良青稞酒曲配方、优化发酵工艺等方法予以解决。

青稞酒曲多为传统的自然曲,酒曲含有根霉、曲霉、产酸菌等多种微生物,如果能找到酒曲中主要微生物菌群的合适比例,并制成人工酒曲,则更有利于青稞酒的规模化生产。曹妍<sup>[36]</sup>采用筛选的米根霉纯种曲和酵母固体曲复配制成多菌种发酵曲,发现使用该曲发酵与使用传统曲发酵,产品化学成分的动态变化具有相似的趋势,并且人工多菌种曲发酵酒能保持传统曲发酵酒的风味。袁玉蛟<sup>[37]</sup>将青稞、豌豆、小麦按照 6 : 2 : 2 的比例制成新型青稞曲料,将其与根霉按照 10 : 1 的比例混曲发酵,酿造所得青稞酒香醇绵柔,出

酒率以及酒品质较传统青稞酒好。

提高青稞酒产量的一种有效方法是使用液态发酵工艺,在发酵前通常包含粉碎、蒸煮、液化、糖化等步骤。将青稞籽粒粉碎为 4 到 6 瓣并适当蒸煮<sup>[38]</sup>,能促进淀粉的释放以及淀粉糊化,从而有利于糖化反应<sup>[39]</sup>。池福敏将青稞充分研磨成细粉,加水后加热糊化,采用全程的纯液态发酵生产青稞酒,并筛选得到了适宜的产酸酵母菌株和产酒精酵母菌株,优化了两者的混合添加比例<sup>[40]</sup>。王晓芹<sup>[41]</sup>认为把贡米添加到青稞中作为混合料,能提升产品的风味,并优化了混合原料淀粉液化及糖化条件。

#### 2.1.2 青稞低酒精度饮料

格瓦斯是一种低酒精度饮料。目前市场上在售的秋林格瓦斯和哇哈哈格瓦斯等产品都是以麦芽汁或面包为原料生产的,目前尚无以青稞为原料生产的格瓦斯产品。李玉斌<sup>[42]</sup>使用 1 : 1 的面包酵母菌与乳酸菌进行复配发酵,制备青稞格瓦斯,其工艺流程为:青稞原料预处理 液化 糖化 过滤 灭酶 接种 发酵 贮存熟化 过滤 灭菌 成品。所得青稞格瓦斯酒精度为 2.13%,产品透亮,呈金黄,口味均衡,有果香。最佳工艺条件是:青稞汁 14%,菌种添加量 1.4 g/L,发酵温度 30 ℃,发酵时间 10 h。该研究同时发现青稞汁原料经灭酶处理可减少 β-葡聚糖的损失。青稞格瓦斯与传统格瓦斯在香气成分、有机酸组成等方面的差异有待进一步分析,青稞格瓦斯发酵菌株的筛选以及不同发酵条件、灭菌条件对产品的影响有待进一步探究。

### 2.2 青稞红曲及青稞调味品

#### 2.2.1 青稞红曲

青稞红曲是指利用红曲霉发酵青稞所得的功能性固态发酵制品。红曲中富含莫纳可林 K (Monacolin K) 和 γ-氨基丁酸 (γ-aminobutyric acid, GABA)。Monacolin K 具有降脂和降胆固醇的功效<sup>[43]</sup>,GABA 是一种降血压活性物质<sup>[44]</sup>。青稞红曲的发酵工艺为:红曲霉菌种活化 青稞固体培养基制作 接种 培养 发酵结束。刘栋<sup>[45]</sup>等研究发现,在红曲霉发酵青稞过程中,通过在青稞固体基质中添加玉米粉(10%)、黑豆粉

(17%)、米粉(15%)可提高产物中GABA含量。为了提高Monacolin K得率,在青稞红曲发酵过程中,通常采用两个不同的温度阶段:较高的发酵温度阶段有利于菌丝体生长,较低的发酵温度阶段有利于活性代谢产物的积累。胡久平<sup>[46]</sup>探讨了可获得高产量的Monacolin K青稞红曲发酵条件:较高发酵温度30℃,较低发酵温度21℃,发酵湿度为60%。还有一些学者尝试采用红曲霉发酵混合底物以提高产物营养价值。例如,采用红曲霉发酵青稞麸皮和薏仁的混合物(质量比1:1)<sup>[47]</sup>,以及利用红曲霉发酵青稞和银耳混合物( $W_{\text{青稞}}:W_{\text{银耳}}=3:1$ )并开发相关的袋泡茶产品<sup>[48]</sup>。

目前关于青稞红曲的研究都集中于提高Monacolin K和GABA的含量,但是青稞红曲的复杂组分及其功能还有待进一步探究。此外,红曲霉在发酵后期容易产生次级代谢产物桔霉素,桔霉素是一种能导致肝肾损伤的霉菌毒素<sup>[49]</sup>。为了得到更加安全的青稞红曲产品,应重视菌株的筛选<sup>[50]</sup>或者使用生物技术改造菌株<sup>[51]</sup>。

### 2.2.2 青稞调味品

市场上的青稞调味品主要为青稞醋,主要生产工艺流程为:青稞蒸煮—液化—糖化—酒精发酵—醋酸发酵—加盐后熟—淋醋—灭菌包装。吴庆园以青稞整个籽粒为原料进行固态发酵,在最佳发酵条件下,青稞醋的醋酸含量为5.5 g/100 mL<sup>[52]</sup>。朱文优将青稞磨成粉末后进行液态发酵,且醋酸发酵阶段在摇床中振荡进行,所得青稞醋的醋酸含量是5.49 g/100 mL<sup>[53]</sup>。二者具体工艺虽然有差异,但是结果十分接近。

## 3 青稞粮谷制品

由于青稞中支链淀粉的含量较高,因此青稞粉冻融稳定性较好<sup>[54]</sup>,可用与其他面粉配合使用,改良谷物制品品质。青稞中醇溶蛋白含量低<sup>[55]</sup>,导致形成的面筋网络筋力较弱。这些品质特性是影响青稞谷物制品加工的关键因素。

### 3.1 青稞传统面条制品

在小麦粉中添加40%青稞粉,并添加5.4%谷朊粉以提高混合面粉的面筋蛋白含量,同时添加0.3%碳酸钠、1%氯化钠、0.3%黄原胶作为面条改良剂,此时成品青稞面条品质优,口感佳<sup>[56]</sup>。在

制作速冻面条时,青稞粉与麦芯粉按1:6比例进行混合作,此时产品具有良好的冻融稳定性、加工特性、质构特征和感官特征<sup>[57]</sup>。

### 3.2 青稞烘焙制品

发芽能提高麦类作物活性成分以及营养物质的利用率<sup>[58-59]</sup>。沈娜<sup>[60]</sup>使用发芽青稞制作营养面包并通过正交实验得到最佳配方:高筋小麦粉中添加40%发芽青稞面粉(质量分数,下同)、8%谷朊粉、65%水,接种1%酵母。工艺流程为:原辅料预处理(制作种水、老面、汤种)—调制、分割、整形—一次醒发—二次醒发—一次烘烤—二次烘烤。所制作的面包组织均匀、色泽鲜艳、营养丰富、口感好。

青稞粉的低筋力特性让其成为制作蛋糕和饼干的良好原料,已有人使用100%的青稞粉制作青稞蛋糕<sup>[61]</sup>和青稞饼干<sup>[62]</sup>并使用木糖醇等添加剂改善产品风味。还有人用蓝莓酱和青稞粉为主要原料,研发了蓝莓口味青稞饼干<sup>[63]</sup>。

速冻能够较大程度保留食物固有的营养物质和风味成分,且青稞淀粉冷冻解冻稳定性较高。周航<sup>[64]</sup>研发了一种速冻青稞披萨,并通过测定微波解冻后青稞披萨的质构参数验证了速冻对于食品保存的有益效果。但是速冻过程中形成的冰晶以及冻藏过程中水分升华对速冻食品品质的影响有待探究。

### 3.3 青稞挤压膨化制品

经过挤压工艺生产的青稞粉会出现海绵状的孔隙结构,快速粘度分析仪(Rapid Visco Analyzer, RVA)测试表明其糊化特性得到改良,同时消化率也有所提高<sup>[65]</sup>。青稞和苦荞麦都是食药两用类作物,徐丛玥<sup>[66]</sup>将二者结合起来研制了一种复合营养粉。其工艺流程为:优质青稞和苦荞(3:1)粉碎—过筛—挤压膨化—混合(添加35%乳清蛋白粉、15%木糖醇、1%麦香粉末香精)—包装成品。所得冲调粉营养成分符合《中国糖尿病医学营养治疗指南》的推荐值,是一种适合高血糖、高血脂人群食用的特殊人群营养食品。

除了依靠面筋网络蒸煮熟化成形之外,面条也可以依靠挤压熟化成形。乔明锋<sup>[67]</sup>研制了一种速冻青稞鱼面,工艺流程为:鲜活鱼—预处理

漂洗 匀浆 混合(改良剂、纯净水) 和面 (W<sub>青稞粉</sub> W<sub>麦芯粉</sub>=1 9、9%谷朊粉) 压面 单螺旋挤压出面 熟化 冷却 称重包装 速冻 成品 冷冻贮藏。影响单螺旋挤压型速冻青稞鱼面品质的显著因素首先是加水量,其次是速冻温度,且二者具有协同作用<sup>[68]</sup>。也有研究着力于优化面条的挤压改性青稞粉加工工艺参数(螺杆转速、挤压温度、物料水分含量)<sup>[69]</sup>。还有学者利用二级变温挤压成型工艺生产高熟化度的青稞全麦免煮面<sup>[70]</sup>。超临界流体挤压<sup>[71]</sup>以及热挤压-3D打印连用<sup>[72]</sup>等新的挤压技术具有挤压温度较低、能效较高、成型速度较快等优点,但是这些新技术在青稞加工中的应用目前尚未有研究涉及。此外,这些新挤压技术的成本较高,也是限制其产业化应用。

#### 4 展望

青稞是一种具有中国特色的谷物,开发和利用前景都十分广阔。对于青稞的深入开发利用,可从注重功能性青稞的深加工、加强青稞的基础研究、推进实验室产品的工业化生产三个角度考虑。

首先,功能性青稞产品的开发是青稞深加工发展的主要方向之一。目前青稞食品的研究,基本上是探讨采用青稞原料代替其它谷物原料所需要的工艺优化,因而开发层次较低。随着我国消费升级趋势的不断加大,未来的青稞产品开发应更多地考虑产品的功能性,开发出更多的功能食品以及能满足特殊人群营养需要的青稞制品。其次,加大对青稞的基础研究,如开展青稞的分子育种,从根本上改变青稞的品质特征(如提高醇溶蛋白含量),彻底解决导致青稞加工困境的难题;也可根据特定产品对加工品质的需求,培育青稞原料新品种,为高营养青稞产品的开发奠定基础。最后,现在对于青稞加工制品的工艺研究,大多停留在实验室阶段,应及时探究其工业化、规模化生产的解决方案,早日实现产品的市场化,让青稞新产品早日惠及普通消费者。

#### 参考文献:

[1] 林津,洛桑仁青,周陶鸿,等.西藏山南隆子县黑青稞与白青稞的营养成分及生理活性物质的比较分析[J].食品科技,2016,41(10):88-92.

- [2] MAHESHWARI G, SOWRIRAJAN S, JOSEPH B. Extraction and isolation of  $\beta$ -Glucan from grain sources-a review[J]. Journal of Food Science, 2017, 82(7): 1535-1545.
- [3] LIN S, GUO H, GONG J D B, et al. Phenolic profiles,  $\beta$ -glucan contents, and antioxidant capacities of colored Qingke (Tibetan hulless barley) cultivars[J]. Journal of Cereal Science, 2018, 81: 69-75.
- [4] SHEN Y B, ZHANG H, CHENG L L, et al. In vitro and in vivo antioxidant activity of polyphenols extracted from black highland barley[J]. Food Chemistry, 2016, 194: 1003-1012.
- [5] 刘新红, 杨希娟, 吴昆仑, 等. 青稞品质特性及加工利用现状分析[J]. 农业机械, 2013, 14: 49-53.
- [6] 邹弈星, 潘志芬, 邓光兵, 等. 青藏高原青稞的淀粉特性[J]. 麦类作物学报, 2008, 28(1): 74-79.
- [7] 贾娟琪, 李先德. 青海省青稞产业发展现状、问题和政策建议[J]. 中国食物与营养, 2016, 22(11): 21-24.
- [8] 许砚慧. 青海省青稞产业化开发优势与发展对策[J]. 安徽农业科学, 2016, 44(10): 299-300, 309.
- [9] 赵晋府. 食品工艺学[M]. 第二版. 中国轻工业出版社, 2014.
- [10] 曾亮, 车振明, 四郎生根, 等. 响应面法优化青稞茶的制备工艺[J]. 食品科技, 2013, 38(12): 95-99.
- [11] 杜艳, 梁锋, 郝静, 等. 青藏高原特色青稞花草保健袋泡茶研发[J]. 粮食与食品工业, 2016, 23(6): 64-67.
- [12] TIAN J Q, ZHU Z X, WU B, et al. Bacterial and fungal communities in Pu'er tea samples of different ages[J]. Journal of Food Science, 2013, 78(8): 1249-1256.
- [13] JIE G L, LIN Z, ZHANG L Z, et al. Free radical scavenging effect of Pu-erh tea extracts and their protective effect on oxidative damage in human fibroblast Cells[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2006, 54(21): 8058-8064.
- [14] 卢志超, 杨士花, 吴越中, 等. 普洱茶风味的青稞茶配方研制[J]. 中国食物与营养, 2018, 24(3): 21-26.
- [15] 万萍, 易晓成, 邓娟, 等. 适于益生菌发酵的青稞酶解液制备工艺优化[J]. 食品与机械, 2017, 33(3): 174-178.
- [16] 马长中, 辜雪冬, 罗章, 等. 乳酸菌发酵青稞饮料的研制[J]. 西藏科技, 2011, 32(9): 6-9.
- [17] 万萍, 易晓成, 侯静. 响应面法优化益生菌发酵青稞饮料稳定剂配方的研究[J]. 食品与发酵科技, 2017, 53(1): 31-36.
- [18] 李小华, 阮美娟. 榛子蛋白饮料的开发研究[J]. 中国食品学报, 2003(s1): 351-357.
- [19] 杜艳, 郝静, 李若旦才让, 等. 青稞黄豆复合谷物蛋白饮料研发[J]. 饮料工业, 2010, 13(1): 24-26.
- [20] 郝静, 杜艳, 梁锋, 等. 青稞紫米复合谷物饮料的研发[J]. 饮料工业, 2010, 13(2): 15-17.
- [21] 赵艳. 植物蛋白饮料稳定性的研究进展[J]. 饮料工业, 2009, 12(1): 5-7.
- [22] 曾璟, 胡洁芳, 沈勇根, 等. 响应面法优化红枣豆奶复合稳定剂配方[J]. 粮油食品科技, 2017, 25(6): 13-20.
- [23] 孙超, 王妮妮, 侯廷帅, 等. 探索均质压力对复合蛋白饮品稳定体系的影响[J]. 中国乳品工业, 2016, 44(6): 58-60.
- [24] 黄迪宇, 谢云飞, 郭亚辉, 等. 青稞酒糟饮料的稳定性研究[J]. 粮食与饲料工业, 2017(7): 24-29.
- [25] 李思宁, 张筱蕾, 唐善虎, 等. 青稞牛奶谷物饮品制作工艺参数优化的研究[J]. 西南民族大学学报(自然科学版), 2017, 43(6): 573-579.
- [26] 张姗姗, 吴琼, 王冰聪. 银耳多糖对花生蛋白饮料稳定性的

- 影响[J]. 食品科技, 2017, 42(7): 200-204.
- [27] 贾文论, 傅锋, 刘绍军. 豌豆苗饮料的工艺研究[J]. 食品研究与开发, 2010, 31(4): 62-64
- [28] 陈志雄, 陈世豪, 刘亚萍, 等. 一种富锌的大麦苗绿色饮料的制备方法[P]. 中国专利, CN201310577208.5.2014.
- [29] 王晓兰, 陈元涛, 姜世贤, 等. 青稞苗中总黄酮提取工艺研究[J]. 食品科技, 2011, 36(5): 208-210.
- [30] 王虹, 王宁峰. 青海地区青稞苗 SOD 的测定[J]. 广东化工, 2010, 37(12): 119-120.
- [31] PANCHE A N, DIWAN A D, CHANDRA S R. Flavonoids: an overview[J]. Journal of Nutritional Science, 2016, 5(47): 1-15.
- [32] LI Y M, CHAN H Y E, HUANG Y, et al. Green tea catechins upregulate superoxide dismutase and catalase in fruit flies[J]. Molecular Nutrition & Food Research, 2007, 51(5): 546-554.
- [33] MUID K A, KARAKAYA H C, KOC A. Absence of superoxide dismutase activity causes nuclear DNA fragmentation during the aging process[J]. Biochemical and Biophysical Research Communications, 2014, 444(2): 260-263.
- [34] 陈元涛, 段黎昊, 张炜, 等. 青稞苗饮品研制[J]. 食品研究与开发, 2012, 34(5): 63-66.
- [35] 刘清斌, 刘达玉, 冯治平, 等. 青稞酒及其生产技术[J]. 食品研究与开发, 2002, 23(4): 45-47.
- [36] 曹妍, 杜木英, 阚建全, 等. 多菌种发酵青稞酒化学成分变化研究[J]. 食品科学, 2012, 33(11): 252-256.
- [37] 袁玉蛟, 易欣, 吴正云, 等. 新型青稞酒混曲发酵工艺研究[J]. 酿酒科技, 2015, 12: 78-81.
- [38] 任健, 王有芳, 童应凯, 等. 新型青稞酒发酵工艺的研究[J]. 酿酒科技, 2013, 11: 21-25.
- [39] 王异静, 杜丽娟, 薛洁. 青稞酒液态发酵工艺的研究[J]. 酿酒科技, 2008(6): 59-61.
- [40] 池福敏, 何丽华, 马长中, 等. 西藏青稞酒纯液态发酵工艺研究[J]. 食品工业, 2014(6): 26-29.
- [41] 王晓芹, 刘兴平, 秦辉, 等. 新型青稞酒发酵前淀粉液化及糖化条件的优化研究[J]. 食品与发酵科技, 2015, 51(2): 77-81.
- [42] 李玉斌, 吴华昌, 肖猛, 等. 一种青稞格瓦斯的制备及挥发性风味成分分析[J]. 食品与发酵工业, 2017, 43(1): 96-103.
- [43] SUN J L, ZOU X, LIU A Y, et al. Elevated yield of Monacolin K in *Monascus purpureus* by fungal elicitor and mutagenesis of UV and LiCl[J]. Biological Research, 2011, 44(4): 377-382.
- [44] KRADANGAR P, SONGSERMPONG S. Optimization of fermentation process on the GABA content and quality of fermented rice flour and dry fermented rice noodles[J]. Journal of Food Processing and Preservation, 2015, 39(6): 1183-1191.
- [45] 刘栋, 王萍, 周智伟, 等. 红曲霉发酵青稞中添加辅料对  $\gamma$ -氨基丁酸含量的影响[J]. 粮油食品科技, 2018, 26(1): 68-72.
- [46] 胡久平, 鄢平, 戚珊珊, 等. 发酵条件对青稞红曲中 Monacolin K 和  $\beta$ -葡聚糖的影响[J]. 食品与发酵工业, 2017, 43(3): 134-139.
- [47] 蒲立柠, 陈光静, 阚建全. 响应面试验优化青稞麸皮薏仁红曲霉发酵工艺[J]. 食品科学, 2017, 38(2): 264-270.
- [48] 张健明. 青稞银耳红曲发酵工艺、产品开发及其多糖免疫活性初步研究[D]. 西华大学, 2016.
- [49] WANG W P, CHEN Q, ZHANG X F, et al. Comparison of extraction methods for analysis of citrinin in red fermented rice[J]. Food Chemistry, 2014, 157: 408-412.
- [50] 蒋冬花, 冯青青, 任浩, 等. 高产莫纳可林 K 低产桔霉素红曲霉菌株的筛选和发酵条件初步优化[J]. 微生物学杂志, 2016, 36(6): 10-16.
- [51] LI Y P, PAN Y F, ZOU L H, et al. Lower Citrinin Production by Gene Disruption of *ctnB* Involved in Citrinin Biosynthesis in *Monascus aurantiacus* Li AS3.4384[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2013, 61(30): 7397-7402.
- [52] 吴庆园, 刘奕, 吴琼, 等. 响应面法优化青稞醋发酵工艺条件[J]. 食品与发酵工业, 2016, 42(9): 109-115.
- [53] 朱文优, 周守叙, 凌生隆. 青稞醋液态发酵工艺研究[J]. 中国调味品, 2012, 37(7): 45-48.
- [54] 郑学玲, 张玉玉, 张杰. 青稞淀粉理化特性的研究[J]. 中国粮油学报, 2011, 26(4): 30-36.
- [55] 王洪伟, 武菁菁, 阚建全. 青稞和小麦醇溶蛋白和谷蛋白结构性质的比较研究[J]. 食品科学, 2016, 37(3): 43-48.
- [56] 张慧娟, 黄莲燕, 张小爽, 等. 青稞面条品质改良的研究[J]. 食品研究与开发, 2017, 38(13): 75-81.
- [57] 丁捷, 唐艳, 黄益前, 等. 青稞粉对速冻面条品质的影响[J]. 粮油食品科技, 2016, 24(4): 27-32.
- [58] HÜBNER F, O'NEIL T, CASHMAN K, 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(1): 27-35.
- [59] ZHOU Y M, WANG H, CUI L L, et al. Evolution of nutrient ingredients in tartary buckwheat seeds during germination[J]. Food Chemistry, 2015, 186: 244-248.
- [60] 沈娜, 黄楠楠, 周选围. 发芽青稞面包加工工艺优化[J]. 粮油食品科技, 2017, 25(1): 11-14.
- [61] 刘新红, 杨希娟, 党斌, 等. 青稞蛋糕加工配方的优化研究[J]. 食品工业, 2013, 34(11): 123-126.
- [62] 刘新红, 杨希娟, 党斌, 等. 青稞饼干加工配方的优化研究[J]. 食品工业, 2013, 34(12): 86-89.
- [63] 杨青青, 杨柳, 李翊鑫, 等. 蓝莓青稞饼干的工艺优化[J]. 食品与发酵工业, 2018, 44(3): 215-219.
- [64] 周航, 郑万琴, 魏新明, 等. 微波速冻青稞披萨配方及关键工艺优化研究[J]. 粮食与油脂, 2017, 30(4): 67-71.
- [65] 陈峰青, 汪建明, 陈前. 挤压工艺对青稞粉产品特性的影响[J]. 粮食与油脂, 2017, 30(10): 75-79.
- [66] 徐丛玥, 乐凯, 张琨, 等. 膨化青稞苦荞复合营养粉的研制[J]. 粮食与饲料工业, 2016, 12(2): 27-30.
- [67] 乔明锋, 彭毅秦, 丁捷, 等. 速冻青稞鱼面的研发及配方优化[J]. 食品科技, 2017, 42(3): 162-168.
- [68] 胡欣洁, 赵雪梅, 丁捷, 等. 基于模糊综合评价法优化挤压型速冻青稞鱼面关键工艺[J]. 食品与机械, 2017, 33(4): 164-170.
- [69] 张敏, 刘明, 谭斌, 等. 青稞挤压改性处理及青稞面条的试验研究[J]. 食品科学技术学报, 2016, 34(2): 62-67.
- [70] 孟晶岩, 刘森, 安鸣, 等. 青稞全麦免煮面加工技术研究[J]. 食品与机械, 2014, 30(6): 178-180.
- [71] BASHIR S, SHARIF M K, BUTT M S, et al. Preparation of micronutrients fortified spirulina supplemented rice-soy crisps processed through novel supercritical fluid extrusion[J]. Journal of Food Processing and Preservation, 2017, 41(3): 12986.
- [72] ZHANG J X, FENG X, PATIL H, et al. Coupling 3D printing with hot-melt extrusion to produce controlled-release tablets[J]. International Journal of Pharmaceutics, 2017, 59(1-2): 186-197. 