

青稞萌发工艺优化及营养成分分析
Optimization of germination process and analysis of nutritional
components in hull-less barley

董吉林^{1,2} 李鹏冲^{1,2} 申瑞玲^{1,2} 邵舒^{1,2}

DONG Ji-lin^{1,2} LI Peng-chong^{1,2} SHEN Rui-ling^{1,2} SHAO Shu^{1,2}

(1. 郑州轻工业学院食品与生物工程学院, 河南 郑州 450001;

2. 郑州轻工业学院食品生产与安全协同创新中心, 河南 郑州 450001)

(1. College of Food and Bioengineering, Zhengzhou University of Light Industry, Zhengzhou, Henan 450001, China;

2. Collaborative Innovation Center for Food Production and Safety, Zhengzhou University of
Light Industry, Zhengzhou, Henan 450001, China)

摘要:以青稞为原料,通过单因素和正交试验,研究了萌发条件对青稞总酚和 β -葡聚糖含量的影响,优化了青稞萌发的最佳工艺参数;在最佳萌发工艺的基础上,研究了青稞萌发前后营养成分及酶活性的变化。结果表明:青稞萌发最佳工艺条件为萌发时间 2 d、萌发温度 30℃、pH 6.4,在该工艺参数下,青稞萌发后其总酚含量为 1.18 mg/g, β -葡聚糖含量为 2.35%;青稞萌发后,青稞中总酚含量显著增加,同时 β -葡聚糖的减少量较小,此外多酚氧化酶及 β -葡聚糖酶的活力均显著增强。该试验旨在通过对青稞萌发后的营养分析,为研究新型功能性食品提供理论依据。

关键词:青稞;萌发;总酚; β -葡聚糖;酶活力

Abstract: The effects of germination on total phenolics and β -glucan in barley were studied by single factor and Orthogonal experiment, and the Optimum process parameters of barley germination were obtained. The results showed that the optimum technological conditions were as follows, i.e. The seed were germinated at 30℃ for 2 days using the pH 7.0 solution. Under this condition, 1.13 mg/g of total phenol and 2.31% of β -Glucan were obtained. On the basis of the best germination process, the changes of nutrient composition and enzyme activity before and after germination of highland barley were also studied. The results showed that contents of Protein, starch, fat, cellulose, β -glucan decreased, however contents of soluble sugar, total phenolics, flavonoids, and GABA increased significantly after the barley germination. In addition, the activities of α -amylase, β -amylase, protease, polyphenol oxidase and β -glucanase were sig-

nificantly enhanced.

Keywords: hull-less barley; germination; nutrition components; optimization; enzyme activity

青稞,俗称裸大麦,是中国青藏高原地区的标志性作物。是“三高两低”的食品(高蛋白、高纤维、高维生素、低脂肪和低糖),此外青稞含有丰富的 β -葡聚糖、酚类和膳食纤维等活性成分^[1]。经研究发现青稞萌发后,青稞的营养价值得到了提高,蛋白质、淀粉、脂肪等营养物质变得更容易被人类吸收和利用^[2],并且其酚类的含量和抗氧化能力、抗肿瘤能力均明显高于未经萌发处理的青稞^[3]。通过萌发技术使青稞的深加工产业得到了进一步发展。但是萌发处理也给青稞的营养价值产生了一定的负面作用,比如青稞萌发后青稞中的 β -葡聚糖含量有所降低^[4]。虽然有人^[5]对青稞营养成分的研究进行过报道,关于青稞萌发后酚类, β -葡聚糖等含量的变化还不清楚。因此,本研究拟以青稞为原料,进行萌发处理,探讨不同萌发时间、萌发温度和 pH 值对青稞中总酚和 β -葡聚糖含量的影响,在此基础上采用正交试验,得到青稞萌发的最佳工艺条件,并研究青稞最佳萌发工艺前后各营养成分含量及酶活力的变化,旨在为中国青稞萌发的深加工提供基础数据,为其在食品、医药工业的发展提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

青稞:青海农林科学院;

β -葡聚糖、膳食纤维试剂盒:爱尔兰 Megazyme 公司;

其他试剂均为分析纯;

紫外-可见分光光度计:T6 型,北京普析通用仪器有限公司;

自动旋光仪:WZZ-2S/2SS 型,上海图新电子科技有限公司;

基金项目:河南省科技攻关项目(编号:152102110103)

作者简介:董吉林,男,郑州轻工业学院副教授,博士。

通信作者:申瑞玲(1967—),女,郑州轻工业学院教授,博士。

E-mail:shenrl1967@163.com

收稿日期:2016—10—16

公司；

分析天平:BSA224S-CW 型,德国 Sartorius 公司；

高速多功能粉碎机:HL-100 型,上海塞耐机械有限公

1.2 试验方法

1.2.1 青稞萌发的单因素试验 将青稞籽粒用 20 目筛网筛理,去除杂物及石子,然后选取 100 粒成熟饱满,没有破损的青稞,先用清水洗去杂质和灰尘,再用体积分数 5% 的次氯酸钠溶液浸泡消毒 30 min,最后用清水清洗干净。将清洗后的青稞加入蒸馏水(为青稞重量的 6 倍),萌发过程中每 6 h 换水一次。在下列不同单因素条件下萌发,并测营养成分含量。除(3)外,反应体系的溶液 pH 值为 6.4。

(1) 时间的影响:将处理好的青稞分别萌发 1,2,3,4,5,6 d,萌发温度 30 ℃,分别测营养成分的变化。

(2) 温度的影响:将处理好的青稞分别在 15,20,25,30,35 ℃恒温水浴中萌发,萌发时间 2 d,分别测营养成分的变化。

(3) pH 值的影响:将处理好的青稞分别用 pH 值为 4.0,5.0,6.0,7.0,8.0 的溶液萌发,萌发温度 30 ℃,萌发时间 2 d。分别测营养成分的变化。

1.2.2 正交试验设计 在单因素试验基础上,以总酚和 β -葡聚糖含量为考察指标,采用三因素三水平的正交试验优化青稞萌发工艺。每组试验重复 3 次。

1.2.3 营养成分的测定

- (1) 脂肪含量的测定:按 GB/T 5512—2008 执行。
- (2) 蛋白质含量的测定:按 GB/T 5009.5—2010 执行。
- (3) 淀粉含量的测定:按 GB/T 20378—2006 执行。
- (4) 纤维素含量、 β -葡聚糖含量的测定:由 Megazyme 试剂盒测定。
- (5) 可溶性糖含量的测定:苯酚—硫酸法^[6]。
- (6) GABA 含量的测定:参照文献^[7]。
- (7) 总酚含量的测定:参照文献^[8]。
- (8) 黄酮含量的测定:参照文献^[9]。

1.2.4 酶活力的测定

- (1) α -淀粉酶活力的测定:参照文献^[10]。
- (2) β -淀粉酶活力的测定:参照文献^[11]。
- (3) 蛋白酶活力的测定:参照文献^[12]。
- (4) 多酚氧化酶活力的测定:参照文献^[13]。
- (5) β -葡聚糖酶活力的测定:参照文献^[14]。

1.3 数据分析

采用 Microsoft Excel 2010 版本和 Origin 8.0 版本对数据进行整理并作图,用 SPSS 16.0 版本软件分析数据。

2 结果与分析

2.1 单因素试验

2.1.1 萌发时间对总酚及 β -葡聚糖含量的影响 由图 1 可知,随着萌发时间的延长总酚含量逐渐增加,而 2 d 后总酚含量却随着萌发时间的延长而减少。这可能是青稞经过萌发处理后,植物细胞壁周围的成分被降解,游离态和结合态的酚类化合物被释放出来,从而使总酚含量增加^[15];酚类化

合物的抗氧化活性对溶液中的 $\cdot\text{OH}$ 具有较强的清除能力等原因致使总酚含量在一定程度上减少^[16]。随着萌发时间的延长 β -葡聚糖含量逐渐减少,到 3 d 之后 β -葡聚糖含量基本不变。原因在于青稞在萌发过程中胚乳的物理性状发生了改变,分泌赤霉素刺激胚乳糊粉层细胞,合成葡聚糖酶,引起细胞壁和细胞间葡聚糖的降解,使得青稞变得柔软易碎^[17]。故综合考虑,青稞的萌发时间选取 2 d 为宜。

2.1.2 萌发温度对总酚及 β -葡聚糖含量的影响 由图 2 可知,随着温度的升高,溶液黏度减小,分子运动加快,一定温度范围内 β -葡聚糖的含量在逐渐增加,总酚的含量也在逐渐增加,30 ℃后总酚含量有轻微减少并趋于平衡,由于温度升高多酚氧化酶的活性增加导致。故综合考虑,青稞的萌发温度选取 30 ℃为宜。

2.1.3 pH 值对总酚及 β -葡聚糖含量的影响 由图 3 可知,

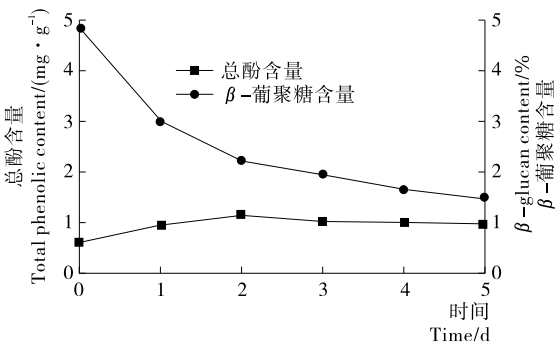


图 1 萌发时间对 β -葡聚糖和总酚含量的影响
Figure 1 Effect of cultivation time on the content of β -glucan and polyphenols

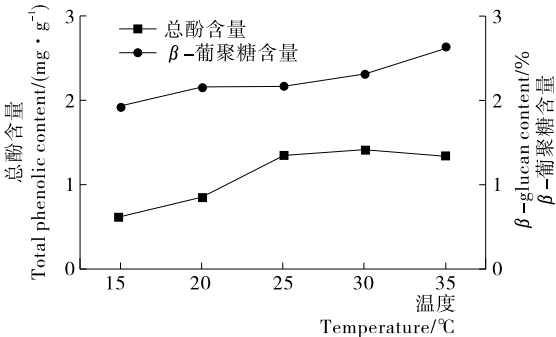


图 2 萌发温度对 β -葡聚糖和总酚含量的影响
Figure 2 Effect of cultivation temperature on the content of β -glucan and polyphenols

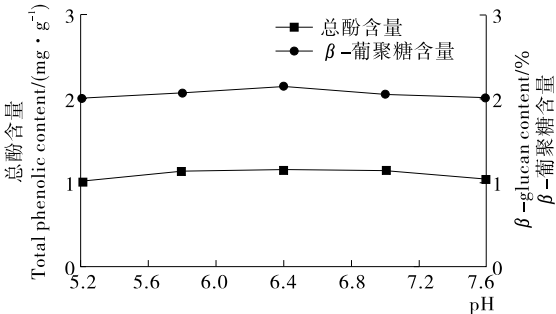


图 3 溶液 pH 对 β -葡聚糖和总酚含量的影响
Figure 3 Effect of pH on the content of β -glucan and polyphenols

在 pH 5.2~7.6 时,随着 pH 值的增加,青稞中总酚含量表现为“抛物线”型变化趋势, β -葡聚糖含量基本无变化。可能是酸性会使阿魏酸、对香豆酸等多酚发生分解从而使总酚含量降低。当 pH 值为 6.4 时青稞中的总酚及 β -葡聚糖含量较高,故青稞的萌发 pH 值选取 6.4 为宜。

2.2 正交试验设计

正交试验因素水平设计见表 1。

表 1 正交试验因素与水平表

Table 1 Factors and levels in the orthogonal array design

水平	A 萌发时间/d	B 萌发温度/℃	C pH
1	1	25	5.8
2	2	30	6.4
3	3	35	7.0

由表 2 可知,不同因素对青稞中总酚影响大小为萌发时间、pH 值、萌发温度,优化结果为 $A_2B_2C_2$;不同因素对青稞中 β -葡聚糖含量影响大小为萌发时间、pH 值、萌发温度,优化结果为 $A_1B_3C_2$ 或 $A_1B_3C_3$ 。根据表 2 因素 A 对多酚与 β -葡聚糖含量均影响最高,A 可取 A_1 或者 A_2 ,在保证青稞萌发后其总酚含量最高, β -葡聚糖降低率较低的情况下,A 取 A_2 ,同样分析 B 因素,B 取 B_2 ,C 取 C_2 。得出青稞萌发的最佳条件为 $A_2B_2C_2$ 即萌发时间为 2 d、萌发温度为 30 ℃、pH 值为 6.4;在此条件下进行 3 次平行验证实验,结果表明青稞萌发后其总酚含量为 1.18 mg/g, β -葡聚糖含量为 2.35%。故在此工艺下,萌发青稞中总酚含量显著增加,同时 β -葡聚糖的减少量较小,提高其营养价值。

2.3 青稞萌发前后营养成分的变化

确定青稞萌发最佳工艺后,按照最佳工艺萌发青稞,并测定萌发前后营养成分及酶活力的改变,见表 3、4。由表 3 可知,同青稞萌发前相比,蛋白质、淀粉、脂肪、纤维素及 β -葡聚糖的含量都降低了,而总酚、GABA、黄酮、可溶性糖的含量增加了,这是因为未萌发的青稞中含有很少量的酶,且大部分被束缚,以无活性的酶原的形式存在,当青稞萌发后,在由胚释放的赤霉素催化作用下,糊粉层中合成并且释放大量的水解酶类,青稞就利用这些水解酶类完成自身营养物质的转化^[18]。这和表 4 中的数据相符合,从表 4 中可以看出青稞

表 2 青稞萌发的正交试验设计及结果

Table 2 Orthogonal array design and results of the optimization of germination hulless barley

试验号	A	B	C	总酚含量/ (mg·g ⁻¹)	β -葡聚糖 含量/%
1	1	1	1	0.87	2.65
2	1	2	2	0.97	2.84
3	1	3	3	0.89	3.04
4	2	1	2	1.19	2.15
5	2	2	3	1.13	2.31
6	2	3	1	1.11	2.07
7	3	1	3	0.92	2.09
8	3	2	1	1.01	1.88
9	3	3	2	1.04	1.98
总酚	k_1	0.910	0.993	1.013	
	k_2	1.143	1.037	1.067	
	k_3	0.990	1.013	0.980	
	R	0.233	0.044	0.087	
β -葡聚糖	k'_1	2.843	2.297	2.200	
	k'_2	2.177	2.343	2.480	
	k'_3	1.983	2.363	2.480	
	R'	0.860	0.066	0.280	

萌发后一些主要的水解酶活性的变化,比如 α -淀粉酶、 β -淀粉酶、蛋白酶、多酚氧化酶、 β -葡聚糖酶,它们促进青稞一些主要营养成分降解,从而提高这些营养成分的利用率。

3 结论

(1) 本试验以青稞为原料,通过单因素和正交试验对青稞萌发工艺进行研究,以萌发后青稞中总酚含量显著增加,同时 β -葡聚糖的减少量较小为标准。最佳条件为:青稞萌发时间 2 d、萌发温度 30 ℃、pH 6.4,在此工艺参数下,青稞萌发后其总酚含量为 1.18 mg/g, β -葡聚糖含量为 2.35%。

(2) 青稞萌发后营养成分的含量有所变化,如蛋白质、淀粉、脂肪、纤维素、 β -葡聚糖含量都降低了,而可溶性糖、总酚、黄酮、GABA 含量都大幅度增加,并且 α -淀粉酶、 β -淀粉酶、蛋白酶、多酚氧化酶、 β -葡聚糖酶活性增强。青稞萌发

表 3 青稞萌发前后营养成分的改变

Table 3 Changes in nutrition components contents of hulless barley before and after germination %

青稞	总酚	GABA	黄酮	可溶性糖	淀粉	总膳食纤维	蛋白质	β -葡聚糖	粗脂肪
萌发前	0.54±0.03	0.31±0.08	2.14±0.09	4.94±0.31	62.17±0.76	16.85±0.19	8.82±0.09	4.78±0.16	2.01±0.02
萌发后	1.13±0.07	0.42±0.04	4.17±0.11	5.53±0.13	60.89±1.08	14.93±0.025	7.67±0.19	2.31±0.27	1.84±0.03

表 4 青稞萌发前后酶活力的改变

Table 4 Activities of amylase of hulless barley before and after germination U/g

青稞	α -淀粉酶(10^3)	β -淀粉酶(10^2)	蛋白酶(10^2)	多酚氧化酶	β -葡聚糖酶
萌发前	11.71±0.09	5.88±0.07	1.85±0.05	23.01±0.18	16.68±0.16
萌发后	23.41±0.13	8.96±0.11	2.98±0.04	32.67±0.07	27.36±0.08

后,其营养价值远高于青稞,但是青稞萌发后,青稞中对人体有益的一些营养成分含量有所降低,比如 β -葡聚糖、纤维素。因此,在研究新型的萌发青稞食品时,应当注意添加这些营养成分,来改善萌发对青稞营养成分造成的负面影响。如可以研发萌发青稞冲调粉,并在其中加入 β -葡聚糖、纤维素等可制成新型的营养强化食品。

参考文献

[1] 吴昆仑. 青稞功能元素与食品加工利用简述[J]. 作物杂志, 2008 (2): 15-17.

[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, 128 (2/3): 1 414-1 420.

[3] HYUN Y K, SANG H L, IN G H, et al. Antioxidant and anti-proliferation activities of winter cereal crops before and after germination[J]. Food Science and Biotechnology, 2013, 22 (1): 181-186.

[4] 唐姗姗, 顾楠, 潘志芬, 等. 青稞发芽过程中 β -葡聚糖含量变化及对麦芽品质的影响[J]. 应用与环境生物学报, 2015, 21(4): 618-619.

[5] 梁寒峭, 李金霞, 陈建国, 等. 黑青稞营养成分的检测与分析 [J]. 食品与发酵工业, 2016, 33(10): 180-182.

[6] 张水华. 食品分析[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2004: 1-3.

[7] BHATTY R S. Production of food malt from hull-less barley[J]. Cereal Chemistry, 1996, 73(1): 75-80.

[8] XU Jian-guo, TIAN Cheng-rui, HU Qing-ping, et al. Dynamic changes in phenolic compounds and antioxidant activity in oats

(*Avena nuda* L.) during steeping and germination[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2009, 57(21): 10 392-10 398.

[9] 曾亚文, 杜娟, 杨树明, 等. 云南稻核心种质糙米功能成分栽培型差异及其地带性特征[J]. 光谱学与光谱分析, 2010, 30(12): 3 388-3 394.

[10] 王福荣, 陈敏. 分光光度法测 α -淀粉酶的活度[J]. 酿酒科技, 1992(3): 55-57.

[11] 李珊. 啤酒大麦制麦过程中淀粉酶系及其酶活力的研究[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2009: 19.

[12] 张学英. 蛋白酶及其活力的测定[J]. 酿酒, 2008, 35 (6): 100-101.

[13] 孙丽华, 李秀琳, 徐凯, 等. 大麦发芽过程中多酚氧化酶酶学特性初步研究[J]. 中国酿造, 2008(7): 35-38.

[14] 申素芳, 晏春耕, 曹瑞芳, 等. 苕麻纤维中 β -葡聚糖酶活力测定条件的比较研究[J]. 安徽农业科学, 2013, 41(16): 7 051-7 052, 7 056.

[15] KAUKOVIRTA-NORJA A, WILHELMSON A, POUTAN-EN K. Germination: a means to improve the functionality of oat [J]. Agricultural and Food Science, 2004, 13 (1/2): 100-112.

[16] 马雯, 刘玉环, 阮榕生, 等. 膳食多酚类化合物的研究进展[J]. 中国酿造, 2012, 31(4): 12-13.

[17] ALBERTO Gianinetti. A theoretical framework for β -glucan degradation during barley malting[J]. Theory in Biosciences, 2009, 128(2): 97-108.

[18] GEORG-KRAEMER J E, MUNDSTOCK E C B, CAVALLI-MOLINA S A, et al. Developmental expression of amylases during barley malting[J]. Journal of Cereal Science, 2001, 33 (3): 279-288.

(上接第 97 页)

6 小结

从简单的织物包装到陶罐包装,到花样繁多的包装,以及多元化审美影响的包装,再到精工细作、丰富多彩的包装,经历了一个漫长的时期,期间人们的审美变化,社会经济的发展,政治转变,科技进步,制作工艺的完善,匠人与文人的合作都影响着茶叶包装与设计。从战国到明清时期,茶叶包装随着时代的演变而变化,在每一个时期都充分满足了各个阶层人们的审美要求。

中国文化是“人本位”,具有“同化力”,并追求与自然合一^[12]。即使在政治、经济、文化多元化发展的今天,中国人对设计的要求也同样以顺应自然、以人为本;吸收各国、各民族的优秀文化;以及多元与个性相结合的原则。对于茶叶的包装更是要求展示茶叶品质的同时也要展示中国传统优秀文化,而不是生搬硬套地嫁接其中。纵观古代茶叶包装的发展演变,不难发现每一个时代的茶叶包装,都将那一时代人们对哲学思想的诠释、审美情趣、文化特色、对传统文化的尊重和书画艺术手法的运用,以及每一时代的新科技和新材料运用,都融入在茶叶包装中,使茶叶包装既符合茶叶储存和运输的需要,又具备一定的审美价值,将功能美与形式美完美

结合,这是现代茶叶包装设计需要借鉴的典范。

参考文献

[1] 潘林. 浅谈唐代椎茶制的形成[J]. 农业考古, 2004(2): 32-34.

[2] 陆羽. 茶经[M]. 宋一明, 译. 上海: 上海古籍出版社, 2009: 11.

[3] 林更生, 林心放. 《大观茶论》说些啥: 古茶书解读之廿五[J]. 福建茶叶, 2014, 36(4): 55-56.

[4] 郑培凯, 朱自振. 中国历代茶书汇编校注本[M]. 香港: 商务印书馆, 2007.

[5] 李竹雨. 中国古代茶叶储藏方式及器具的演变[J]. 农业考古, 2004(2): 57-64.

[6] 施莫东. 品茶说茶[M]. 杭州: 浙江人民美术出版社, 2003.

[7] 王毓铨. 中国经济通史: 明代经济卷(上卷)[M]. 北京: 经济日报出版社, 2000: 489.

[8] 魏金玉. 高峰、发展与落后: 清代前期封建经济发展的特点与水平[J]. 中国经济史研究, 2003(2): 3-13.

[9] 郭孟良. 明代引茶制度初论: 明代茶法研究之四[J]. 中州学刊, 1991(3): 110-114.

[10] 施爱芹, 陈天然. 清代宫廷包装的艺术特征与设计思想探微 [J]. 民族艺术研究, 2014, 27(5): 118-127.

[11] 宋应星. 天工开物[M]. 济南: 山东画报出版社, 2009: 421.

[12] 钱穆. 中华文化十二讲[M]. 北京: 九州出版社, 2012: 16, 63.