

苦荞麦萌发过程中营养物质的变化分布及磨浆提取工艺

凌孟硕, 唐年初, 赵晨伟*, 高 辉
(江南大学食品学院, 江苏 无锡 214122)

摘 要: 将苦荞麦萌发之后的苦荞麦芽剥离成胚乳和胚芽, 分别测定它们的含水量、粗蛋白含量、淀粉含量、 α -淀粉酶活力、 β -淀粉酶活力、还原糖含量以及总黄酮类含量等的营养物质变化分布。综合所有营养物质, 苦荞麦芽最佳的取材时间为第5天。通过单因素和正交试验, 苦荞麦芽汁的最佳磨浆提取工艺参数为料液比1:4(g/mL)、pH7、温度50℃、时间3min, 在此条件下测得原料利用率73.38%, 总黄酮含量25.59mg/100mL。

关键词: 苦荞麦; 萌发; 营养物质; 变化分布; 磨浆提取

Distribution and Change of Nutrients in Tartary Buckwheat Endosperm and Plumule during Germination and Optimization of Pulping Process

LING Meng-shuo, TANG Nian-chu, ZHAO Chen-wei*, GAO Hui
(School of Food Science and Technology, Jiangnan University, Wuxi 214122, China)

Abstract: The endosperm and plumule of germinating tartary buckwheat seeds were stripped and analyzed for distribution and change of various nutrients such as moisture, crude protein, starch, α -amylase activity, β -amylase activity, reducing sugar and total flavonoid. Based on an overall consideration of all the nutrients, the optimal germination time for tartary buckwheat pulping was 5 days. Using one-factor-at-a-time and orthogonal array designs, the optimal pulping parameters were determined as 1:4 (g/mL), 7, 50 °C and 3 min for material/liquid ratio, pH, temperature and time, respectively. The utilization of raw material was 73.38% and the total flavonoid content was 25.59 mg/100 mL.

Key words: tartary buckwheat; germination; nutrient substance; change and distribution; extraction

中图分类号: TS210.4

文献标志码: A

文章编号: 1002-6630(2013)22-0092-05

doi:10.7506/spkx1002-6630-201322018

苦荞麦又名鞑靼荞麦, 是一种重要的小宗杂粮作物和药食同源植物, 具有独特的食疗和保健功能, 是开发生产功能性食品的良好原料^[1]。苦荞麦富含维生素、黄酮^[2-5]、矿物质和微量元素, 如钙、镁^[6]、硒^[7]、铬等, 其中硒、镁、铬为人体所必需^[8-9], 还含有阻碍白细胞增殖的蛋白质阻碍物质^[10-14], 并可杀菌消炎, 有“消炎粮食”的美称^[15]。而苦荞麦发芽后, 各种营养成分更加均衡, 胰蛋白酶抑制剂等抗营养因子活性降低或消失。有研究^[16-18]表明, 发芽后苦荞麦中黄酮类物质及 γ -氨基丁酸(GABA)等功能性成分含量升高, 而GABA具有降血压、改善脑机能和缓解疼痛和焦虑等作用^[19], 因此苦荞麦芽是生产饮料等功能性食品的良好原料^[20]。同时苦荞麦含有极为丰富的黄酮类化合物, 其中芦丁约占苦荞麦总黄酮的80%, 是膳食黄酮的主要来源^[21]。

目前对苦荞麦的研究主要集中在苦荞麦萌发过程中

黄酮、手性肌醇等方面, 对于苦荞麦在萌发过程中淀粉、淀粉酶等物质的研究和它们在芽种中的分布变化情况的研究尚且不足, 因此本研究通过将苦荞麦萌发之后的苦荞麦芽剥离成胚乳和胚芽, 再分别测定分析主要的营养成分在苦荞麦萌发过程中的变化及分布情况, 为进一步提高苦荞麦芽的综合利用率、为开发苦荞麦芽新的功能产品提供一些理论基础。同时目前市面上对苦荞麦的应用主要在荞麦面、荞麦馒头等一些利用苦荞麦种子进行的加工精度低、原料利用率低、口味少的短时间保质产品, 或者苦荞麦种子制作的饮料, 而富含营养的苦荞麦芽的应用就更少的可怜, 仅有河北衡水山枝保健饮料公司一家, 开发出用蜂蜜、低聚糖等配料加工的荞麦苗蜜汁饮产品^[22], 或者与绿茶复合制作的饮料^[23], 或者荞麦啤酒^[24-25]、荞麦甜酒^[26]等, 他们基本做的都是清汁饮料, 原料浪费大, 因此本研究旨在提高原料利用率, 为加快苦荞麦芽的发展做出帮助。

收稿日期: 2012-09-12

作者简介: 凌孟硕(1987—), 男, 硕士研究生, 研究方向为油脂与植物蛋白工程。E-mail: lingmengshuo1987@yahoo

*通信作者: 赵晨伟(1980—), 男, 工程师, 硕士研究生, 研究方向为油脂与植物蛋白工程。E-mail: chenwei_zhao@yahoo.com.cn

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

苦荞麦产自江苏宿迁；黄豆市售；其他试剂均为分析纯。

1.2 仪器与设备

S-212型恒速搅拌机、HR2027搅拌机 上海申顺生物科技有限公司；HH-S24恒温数显水浴锅 金坛市大地自动化仪器有限公司；PTY-B1000电子天平 福州华志科学仪器有限公司；DFY-500摇摆式高速中草药粉碎机 无锡市中银机械制造有限公司；TGL20M-II台式高速大容量冷冻离心机 湖南凯达科学仪器有限公司；GZX-DH400-BS-II电热恒温干燥箱 上海跃进医疗器械有限公司；LGJ-100F真空冷冻干燥机 河南兄弟仪器设备有限公司；FE20实验室pH计 梅特勒-托利多仪器有限公司；HYP-1014消化炉 上海纤检仪器有限公司；501A型超级恒温器 上海实验仪器厂有限公司；SPX-150A-JBS双制式恒温培养箱 上海玺恒生物器械有限公司；JM-L60-1改良型立式胶体磨 温州七星乳品设备厂。

1.3 方法

1.3.1 苦荞麦萌发工艺

苦荞麦→2%盐水浸泡3h→洗净→加水浸泡3h→沥水→22℃恒温箱培养→苦荞麦芽→剥离苦荞麦萌发出的胚乳和胚芽

1.3.2 基本成分分析

粗蛋白测定：GB/T 5009.5—2003《食品中蛋白质的测定》(N系数为6.31，干基计)；粗脂肪测定：GB/T 5512—2008《粮食中粗脂肪含量测定》；粗纤维测定：GB/T 5515—2008《粮食中粗纤维素含量测定》；水分测定：GB/T 8858—1988《水果、蔬菜产品中干物质和水分含量的测定方法》；灰分测定：GB/T 50094—2010《食品中灰分的测定》；淀粉测定：GB/T 5514—2008《粮食、油料中淀粉含量测定》。

1.3.3 其他成分测定

淀粉酶活力测定： α -淀粉酶：GB/T 5521—2008《谷物及其制品中 α -淀粉酶活性的测定比色法》； β -淀粉酶：参见文献[27]；还原糖含量测定：GB/T 5009.7—2008《食品中还原糖的测定》；总黄酮类含量测定：参见文献[28]。

1.3.4 苦荞麦芽的磨浆提取工艺

苦荞麦芽→清洗揉搓→搅拌机磨浆→20目筛网过滤→纱布过滤→苦荞麦芽汁

磨浆工艺初始条件：料液比1:4(g/mL)、搅拌机磨浆2min、pH6、温度40℃。

1.3.5 原料利用率、总黄酮提取率测定

原料利用率/%=(原料质量-残渣质量)/原料质量×100 (1)

总黄酮提取率/%=苦荞麦芽汁中的总黄酮含量/原料中的总黄酮含量×100 (2)

综合指标值=原料利用率数值×0.25+总黄酮含量数值×0.75 (3)

2 结果与分析

2.1 苦荞麦种子基本成分

表1 苦荞麦种子的主要组分
Table 1 Major components of tartary buckwheat seeds

组分	淀粉	蛋白质	水分	粗脂肪	粗纤维	灰分	总黄酮
苦荞麦种子	62.575	12.143	10.641	4.672	2.314	2.594	0.921

表1为苦荞麦种子的基本组成成分，可以看出主要成分为淀粉，其次为蛋白质和水分，因此在萌发过程中主要研究对象即为这三者和活性物质黄酮，及其转化产物(例如还原糖)，尤其是对淀粉的测定研究，是为了能更好研制苦荞麦芽饮料。

2.2 水分含量

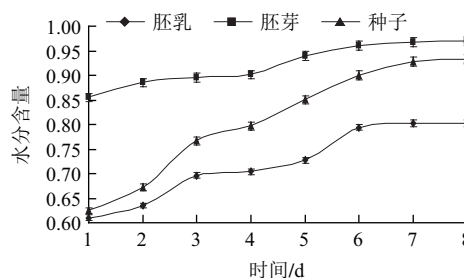


图1 苦荞麦萌发过程中不同部分水分含量

Fig.1 Water contents in different parts of germinated buckwheat

在浸泡过程中，苦荞麦种子可以吸收基本与自身质量相当的水。由图1可以看出，在苦荞麦萌发过程中，胚乳和种子的含水量上升明显，而由于芽在萌发时含水量高导致上升趋势不明显。这是由于在萌发过程中需要大量的水参与呼吸作用和各功能物质的水解反应，同时如淀粉等的水解和转换产物具有较强的持水力，芽的生长、细胞组织增大也需要极大量的水分，因此含水量不断上升，但是到第6天之后，基本趋于平缓，说明在培养箱中生长已达到最大值，此时胚芽中含水量约为96%，胚乳含水量约为80%，总体水分约为92%。

2.3 粗蛋白含量

由图2可知，苦荞麦萌发过程中，总蛋白含量也略有增加，但是在培育过程中并没有添加含氮物质，同时种子也不可能利用空气中的氮气，认为应该是含氮量的相

对增加,即在萌发过程中,种子由于生长发育的需要消耗了供能物质导致总干基质量的减少,从而使总蛋白含量增加,从13.78%增长至15%。胚乳中蛋白含量的增加则应该是淀粉的大量被降解运输导致相对含量的增加,从第1天的14.08%上升至第8天的18.71%。胚芽由于细胞增生、生命活动的增加需要大量的蛋白质给予支持,因此含量也明显增加,从最开始的0.96%上升至8.29%。

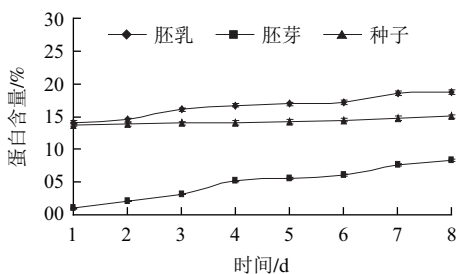


图2 苦荞麦萌发过程中不同部分蛋白含量

Fig.2 Protein contents in different parts of germinated buckwheat

2.4 淀粉含量和淀粉酶活力

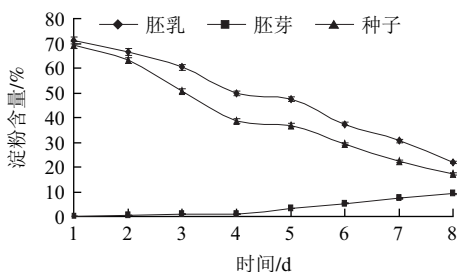


图3 苦荞麦萌发过程中不同部分淀粉含量

Fig.3 Starch contents in different parts of germinated buckwheat

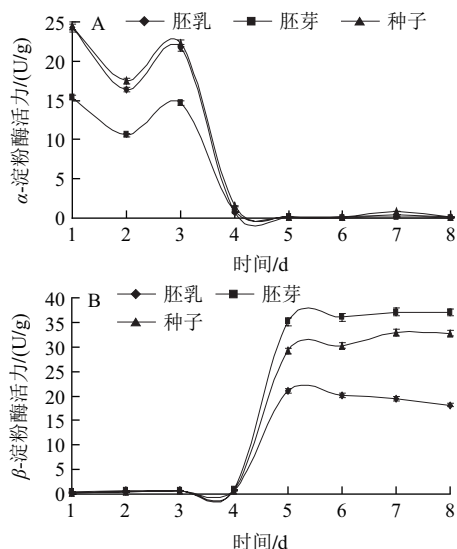


图4 苦荞麦萌发过程中不同部分α-淀粉酶活力(A)和β-淀粉酶活力(B)

Fig.4 α-Amylase and β-amylase contents in different parts of germinated buckwheat

由图3可以看出,在萌发过程中总体的淀粉含量基本是呈直线下降的趋势,但是下降过程中明显看出有两个迅速下降的时段(1~4d和5~8d)和一个平缓的过渡期(4~5d),胚乳中淀粉的变化趋势和总体趋势是相同的,而芽中前5d积累的淀粉量很少,说明淀粉水解主要在胚乳中进行,而5~8d芽中的淀粉含量积累很快,说明在胚芽细胞中淀粉被大量合成。在两种淀粉酶的活力图(图4)中也可以得到上述体现,在1~4d的时候α-淀粉酶活力保持的较高,最高可以达到23.7U/g,且胚乳的α-淀粉酶活力要大于胚芽的α-淀粉酶活力,第4天之后,α-淀粉酶活力急剧下降至0.2U/g,而此时β-淀粉酶刚刚从0.2U/g的活力开始增加,第5天的时候就达到了29U/g,之后逐渐增加,到第7天时达到了最大值37.9U/g,且胚芽的β-淀粉酶活力要大于胚乳。因此,种子萌发时淀粉的水解分为两个阶段,1~4d,由α-淀粉酶水解淀粉,主要是在胚乳中进行水解,4~5d是过渡阶段,由α-淀粉酶水解转变为β-淀粉酶水解,5~8天,由β-淀粉酶水解,主要在胚芽中进行,同时淀粉在胚芽细胞中被大量合成,在芽中得以积累。

2.5 还原糖含量

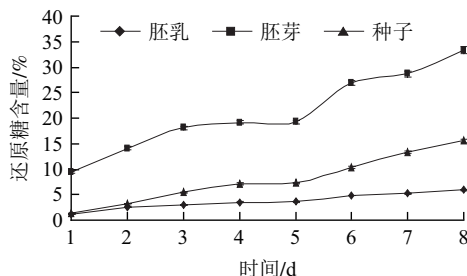


图5 苦荞麦萌发过程中不同部分还原糖含量

Fig.5 Reducing sugar contents in different parts of germinated buckwheat

由图5可以看出,在萌发刚开始时,还原糖的含量很低,随着淀粉酶活力的增强,淀粉不断水解,还原糖含量不断增加。在1~4d α-淀粉酶水解过程中,还原糖含量增长较5~8d的β-淀粉酶水解时的增长要慢,这是由于α-淀粉酶是随机性的水解α-1,4糖苷键,剪切下的片段有大有小,导致小分子的还原糖含量较少,而β-淀粉酶则是沿着碳链一个一个的剪切麦芽糖,因此还原糖含量大大增加,且由于β-淀粉酶主要在芽中进行水解反应,故而芽中的还原糖含量增长迅速,到第8天时达到了33.3%,而此时胚乳约为6%,种子约为15.6%。

2.6 总黄酮类含量

由图6可知,苦荞麦种子的总黄酮类含量有着先下降后上升的趋势,到第3天达到最小值939mg/100g,到了第8天达到1359mg/100g,增幅达16.6%。其中胚乳基本稳定在1000mg/100g,而胚芽的含量从一开始的324mg/100g上

升至第8天的1955mg/100g,增幅高达503%。这说明只对苦荞麦种子进行短时间的萌发培养会降低苦荞麦芽的营养价值,还是需要适当延长培养时间。

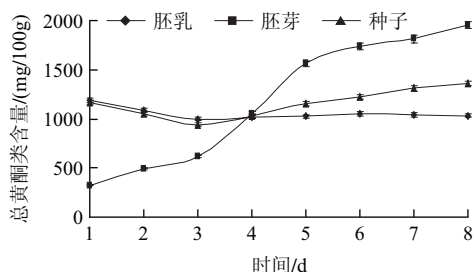


图6 苦荞麦萌发过程中不同部分总黄酮类含量

Fig.6 Total flavonoid contents in different parts of germinated buckwheat

2.7 萌发过程中的干基物质消耗

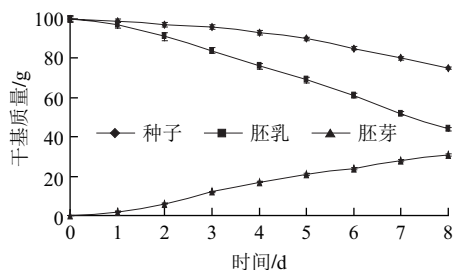


图7 苦荞麦萌发过程中干基物质质量变化

Fig.7 Dry material contents in different parts of germinated buckwheat

图7是以100g(干基)种子为原料,在萌发过程中分别测定其种子、胚乳和胚芽的干基质量。可以看出,在萌发过程中,随着物质的消耗,种子的质量逐渐减少,第4~5天之前消耗的速度比较平均,过了第5天之后,消耗速度增加,到第8天的时候大约减少了20%~25%的干基物质。同时胚乳的干基物质大幅度减少,向胚芽输送大量物质,从而胚芽的干基质量不断增加。

2.8 苦荞麦芽汁磨浆的单因素试验

综合上面所述的营养分布变化,可以看出4d之后的苦荞麦芽具有较高的营养价值,同时由于萌发时间过长(6d之后),苦荞麦芽开始长出根部,对整体的风味和之后的磨浆工艺产生困难,而且在第5天的时候种子的干基质量消耗为10%左右,时间延长则消耗加剧,因此选取的苦荞麦芽萌发时间为5d。

2.8.1 磨浆料液比对提取的影响

由图8可以看出,磨浆2min、pH6、温度40℃条件下,随着料液比的减小,原料利用率和总黄酮提取率在初始阶段迅速上升,而后缓慢升高,证明较高的料液比有利于提高原料利用率和促进总黄酮的溶出。但是水比例增加会导致苦荞麦芽汁浓度的降低,风味变稀薄,且能耗会增加。综合考虑,选取料液比的范围为1:4~1:6(g/mL)。

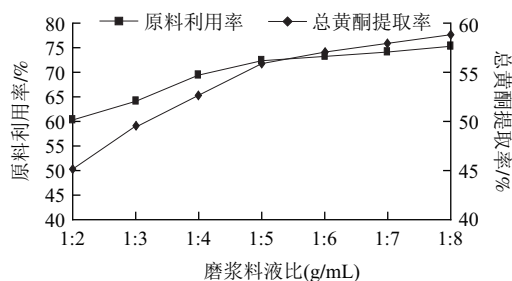


图8 磨浆料液比对提取的影响

Fig.8 Effect of solid/solid ratio on extraction efficiency and purity

2.8.2 磨浆温度对提取的影响

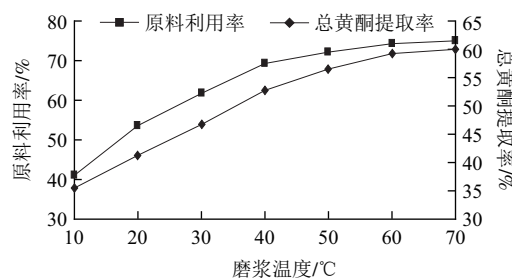


图9 磨浆温度对提取的影响

Fig.9 Effect of extraction temperature on extraction efficiency and purity

由图9可以看出,料液比1:4(g/mL)、磨浆2min、pH6条件下,随着水温的上升,原料利用率和总黄酮提取率在初始阶段迅速上升,而后缓慢上升。由于温度的上升,苦荞麦芽中的低分子质量的物质更容易溶出,而总黄酮类物质结构在70~80℃以上时会造成一定程度上的破坏,不利于黄酮物质的提取,而且高温耗能大,综合考虑,温度的范围为40~60℃。

2.8.3 磨浆pH值对提取的影响

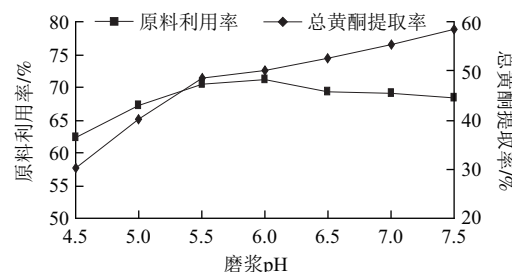


图10 磨浆pH值对提取的影响

Fig.10 Effect of pH on extraction efficiency and purity

由图10可以看出,料液比1:4(g/mL)、磨浆2min、温度40℃条件下,随着pH值的增加,总黄酮的提取率不断增加,这是因为其在水溶液中极易发生降解,而酸性条件下其自身和降解产物易凝聚而沉降,而在碱性条件下溶解度增加。同时原料利用率在pH6的时候有一个最大值71.13%,并且苦荞麦芽汁本身的pH值在6~7之间,在此范围内溶解度最大,而偏离此范围则会发生沉降,因此pH值的范围为6~7。

2.8.4 磨浆时间对提取的影响

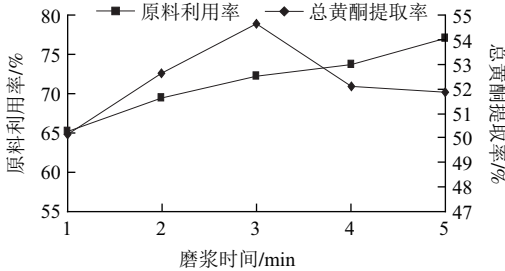


图 11 磨浆时间对提取的影响
Fig.11 Effect of extraction time on extraction efficiency and purity

由图11可以发现，磨浆料液比1:4(g/mL)、磨浆pH6、磨浆温度40℃条件下，随着磨浆时间的延长，原料利用率基本呈一条直线上升，说明时间越长，苦荞麦芽磨的更细腻，溶出率增加。而总黄酮却呈现先上升后下降的趋势，可能是由于强度过大的机械运动，破坏了黄酮的部分结构，导致提取率下降，因此选择磨浆时间为2~4min。

2.9 苦荞麦芽汁磨浆提取工艺的正交试验

根据单因素试验结果，选取磨浆料液比、磨浆pH值、磨浆温度、磨浆时间4个因素，结合产品要求，以原料利用率、总黄酮含量这2个指标(分别占25%、75%)进行四因素三水平正交试验，试验方案及结果见表2。

表 2 正交试验设计及结果
Table 2 Orthogonal array design and results

试验号	A磨浆料液比(g/mL)	B磨浆pH	C磨浆温度/℃	D磨浆时间/min	原料利用率/%	总黄酮含量/(mg/100mL)	综合
1	1(1:4)	1(6.0)	1(40)	1(2)	69.41	23.14	34.71
2	1	2(6.5)	2(50)	2(3)	72.30	25.39	37.12
3	1	3(7.0)	3(60)	3(4)	73.52	25.51	37.51
4	2(1:5)	1	2	3	72.16	20.46	33.39
5	2	2	3	1	72.59	20.87	33.80
6	2	3	1	2	73.14	21.30	34.26
7	3(1:6)	1	3	2	70.98	16.48	30.11
8	3	2	1	3	72.88	16.04	30.25
9	3	3	2	1	72.81	17.81	31.56
K ₁	109.34	98.20	99.22	100.07			
K ₂	101.45	101.17	102.06	101.48			
K ₃	91.92	103.33	101.42	101.15			
k ₁	36.45	32.73	33.07	33.36			
k ₂	33.82	33.72	34.02	33.83			
k ₃	30.64	34.44	33.81	33.72			
R	5.81	1.71	0.95	0.47			

由表2可以看出，各因素对提取效果的影响顺序为磨浆料液比>磨浆pH值>磨浆温度>磨浆时间，最佳组合为A₁B₃C₂D₂，即料液比1:4(g/mL)、pH7、温度50℃、时间3min，在此最佳条件下，原料利用率73.38%，总黄酮含量25.59mg/100mL，综合指标值37.54，高于所有正交试验的综合指标值。

3 结 论

随着萌发的进行，苦荞麦种子和胚乳的营养物质的变化趋势保持基本一致，水分含量增加，蛋白含量相对增加

至15.03%和18.71%，淀粉含量减少至17.27%和21.75%，还原糖含量增加至15.58%和5.91%；总黄酮类含量呈现先下降后上升的趋势，第3天最小值为939mg/100g，第8天达到1359mg/100g，而胚乳的总黄酮类基本稳定。胚芽中蛋白含量增加至8.28%，淀粉增加至9.07%，还原糖增加至33.28%，总黄酮含量上升至1955mg/100g。

淀粉水解过程经历了两个阶段，1~4d主要由α-淀粉酶在胚乳中水解，5~8d主要由β-淀粉酶在胚芽中水解。苦荞麦芽最佳取材时间应在第5天。苦荞麦芽汁的最佳磨浆提取工艺参数为：料液比1:4(g/mL)、pH7、温度50℃、时间3min，在此条件下测得原料利用率73.38%，总黄酮含量25.59mg/100mL。

参考文献：

[1] 成剑锋. 苦荞麦醋酸发酵保健饮料[J]. 山西食品工业, 2001(3): 17-18.

[2] HOLASOVA M, FIEDEROVA V, SMRCINOVA H, et al. Buckwheat-the source of antioxidant activity in function foods[J]. Food Research International, 2002, 35: 207-211.

[3] SUN T, HO C T. Antioxidant activities of buckwheat extracts[J]. Food Chemistry, 2005, 90: 743-749.

[4] 祁学忠, 吉锁兴, 王晓燕, 等. 苦荞黄酮及其降血糖作用的研究[J]. 科技情报开发与经济, 2003, 13(8): 111-112.

[5] 李结, 梁月琴, 郝一彬. 苦荞类黄酮降血脂作用的实验研究[J]. 山西医科大学学报, 2004, 35(6): 570-571.

[6] 李丹, 丁霄霖. 苦荞麦黄酮抗氧化作用的研究[J]. 食品科学, 2001, 22(12): 8-10.

[7] 胡亚军, 赵夷年, 许佩珉, 等. 北京地区肺癌患者血硒水平研究[J]. 中华流行病学杂志, 1993, 14(6): 346.

[8] YOUNG V R. Selenium: a case for its essentiality in man[J]. English Medicine, 1981, 304: 1228.

[9] WILLETT W C, POLK B F, MORRIS J S, et al. Prediagnostic serum selenium and risk of cancer[J]. Lancet, 1983, 2: 130.

[10] 陈鹏, 刘玉红, 刘春梅, 等. 荞麦芽菜营养成分分析评价[J]. 园艺学报, 2003(6): 739-741.

[11] 陈鹏, 侯智法. 苦荞种子萌发过程芦丁降解酶的代谢规律[J]. 西北农业学报, 2010(7): 48-52.

[12] 辛力. 苦荞麦的营养价值[J]. 保健功能和加工工艺, 1999(4): 27-28.

[13] 杨耐德. 荞麦的营养特性及其加工技术探讨[J]. 农产品加工, 2006(5): 47-48.

[14] 赵刚, 唐宇, 马荣. 苦荞麦的营养与药用价值及其开发应用[J]. 农牧产品加工, 1999(7): 17-18.

[15] 王红育, 李颖. 荞麦的研究现状及应用前景[J]. 食品科学, 2004, 25(10): 388-391.

[16] LIN Liyun, PENG C C, YANG Yalu, et al. Optimization of bioactive compounds in buckwheat sprouts and their effect on blood cholesterol in hamsters[J]. Journal of Agriculture and Food Chemistry, 2008, 56(4): 1216-1223.

[17] SUZUKI T, WATANABE M, IKI M, et al. Time-course study and effects of drying method on concentrations of gamma-aminobutyric acid, flavonoids, anthocyanin, and 2-hydroxy nicotianamine in leaves of buckwheats[J]. Journal of Agriculture and Food Chemistry, 2009, 57(1): 259-264.

[18] 刘金福, 李晓雁, 孟蕊. 苦荞发芽过程中促进黄酮合成的因素初探[J]. 食品工业科技, 2006, 27(10): 106-108.

[19] BOUCHE N, FROMM H. GABA in plants: just a metabolite[J]. Trends in Plant Science, 2004, 9(3): 110-115.

[20] 郭元新, 蔡华珍, 王世利. 苦荞饮料的工艺研究[J]. 饮料工业, 2007(1): 18-20.

[21] 王改玲, 周乐. 不同提取条件对苦荞籽粒中芦丁降解的影响[J]. 西北植物学报, 2005, 25(5): 1035-1038.

[22] 刘仁杰, 贾帅, 赵铁玉, 等. 苦荞麦芽无糖饮料加工工艺研究[J]. 吉林农业大学学报, 2007, 29(5): 581-584.

[23] 郭元新, 孙沛然, 李凤霞, 等. 发芽苦荞绿茶复合饮料的工艺研究[J]. 食品工业科技, 2012, 33(8): 271-273.

[24] 邵荣, 余晓红, 许琦, 等. 荞麦啤酒的研制[J]. 食品科学, 2007, 28(10): 652-655.

[25] 韩丹, 王晓丹, 陈霞, 等. 苦荞麦制麦芽及其啤酒发酵工艺研究[J]. 食品与机械, 2010, 26(1): 125-128.

[26] 洪文艳, 孙宇霞, 陈志强. 荞麦甜酒饮品的研制[J]. 中国酿造, 2005(7): 60-61.

[27] 宁正祥. 食品成分分析手册[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 1987: 682-685.

[28] 薛长晖, 袁少明, 王佩维, 等. 苦荞粉提取液中黄酮类化合物含量测定方法的选择[J]. 理化检验: 化学分册, 2006, 42(1): 22-43.