

苦荞芽菜活性成分变化规律及营养成分分析评价

胡亚军, 姜莹, 冯丽君, 高金锋, 冯佰利*

(西北农林科技大学农学院, 陕西 杨凌 712100)

摘要: 苦荞具有多种活性物质, 对人体保健具有重要作用。对人工控水条件下苦荞芽菜幼苗期活性成分的研究表明, 随着苦荞萌发时间的变化, 芦丁含量呈曲线变化, 播种后第 23~25 天到达顶点, 为最佳采收期; 播种后第 21 天几乎检测不到胰蛋白酶抑制剂的活性, 此时营养成分更易于被人体吸收利用。荞麦芽菜中氨基酸营养均衡, 维生素含量及部分矿物质元素含量均高于小麦粉和小米, 是不可多得的膳食营养改善材料。

关键词: 苦荞芽菜; 芦丁; 抗消化因子; 营养成分

中图分类号: S517.099 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2008)02-0111-05

荞麦富含高生物价的蛋白质、维生素、矿物质元素等, 且含丰富的生物活性成分——黄酮类化合物, 尤其是苦荞, 其黄酮含量较高, 比甜荞高 10~100 倍^[1~4], 是黄酮的重要膳食来源。

伴随生活水平的提高和心血管疾病、糖尿病等发病率的提高, 人们对食品营养结构需求的进一步理性化, 荞麦的营养保健价值也日益受到营养学家的重视。荞麦含有丰富的黄酮类物质, 是荞麦保健功能的重要生物分子, 荞麦籽粒主要以面粉形式食用, 在食品加工过程中芦丁极易在多水环境下被荞麦粉中高活性的芦丁降解酶分解, 以芽菜形式食用可以有效克服芦丁的降解, 有助于提高芦丁的利用率^[5,6]。荞麦蛋白的氨基酸较均衡, 但籽粒中含有高活性的胰蛋白酶抑制剂, 使荞麦蛋白的消化吸收率远低于小麦和豆类^[7], 过量食用还会引起腹胀等不适症状。蛋白酶抑制剂对植物本身来说参与植物体的保护与防御系统, 具有增强植物抵抗不良环境能力的作用^[8]。但从营养学的角度, 蛋白酶的抑制剂可引起人体消化酶的钝化, 降低蛋白质的消化吸收率。蛋白酶抑制剂的热稳定性使采用物理方法灭活很难见效, 同时会造成热敏营养物质的损失。芽菜是近几年兴起的一种新型蔬菜, 具有鲜嫩可口、营养易吸收的特点。目前, 国内外对荞麦芽菜营养成分及活性物质研究较多, 但是最佳利用时间尚未有定论, 我们对萌发 13~29 d 的苦荞芽菜的芦丁含量和胰蛋白酶抑制剂活性进行了分析比较, 并且对其部分营养成分进行测定分析, 以期对荞麦芽菜深加工过程中有效成分利用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料与设计

试验于 2006~2007 年在西北农林科技大学进行。本区属暖温带半湿润季风气候区, 年平均气温 13.3℃, 平均降水量 613.7 mm, 无霜期 226 d。供试土壤为垆土, 耕层有机质含量为 14.7 g/kg, 全氮为 1.203 g/kg, 碱解氮为 70.31 mg/kg, 全磷为 0.898 g/kg, 速效磷为 20.65 mg/kg, 速效钾为 224.7 mg/kg, pH 为 8.3。

供试品种西农 9909(苦荞), 芦丁样品为上海试剂二厂产品, 胰蛋白酶为 Sigma 公司产品, 苯甲酰-DL-精氨酸对硝基苯胺(BAPNA)为上海生物化学试剂公司产品。试验采用半人工控制条件下的露天培养盒(规格: 45 cm×45 cm×12 cm)培育苦荞芽菜, 即只是人工控制土壤含水量这一个条件, 其它全为自然条件。荞麦种子晒种 2 d、自来水中浸泡 12 h 后, 于 2006 年 10 月 13 日播种, 播种第 13 d 为采样起点, 10 月 26 日第一次取苗, 采苗后用蒸馏水清洗干净, 在 60℃ 下杀青 120 min, 再在 80℃ 下烘干, 冷却后用粉碎机中粉碎, 装袋、贴好标签置干燥器中备用。此后每隔 48 h 采样测定芦丁含量和蛋白酶抑制剂活性, 用同样的方法取样, 直至子叶全部脱落, 真叶长出(29 d 苗)。

实验数据使用 SPSS 软件进行处理、分析。

1.2 测定指标与方法

1.2.1 芦丁含量测定 芽苗干粉在 80℃ 烘至恒重, 取芽苗粉 2 g 用 20 mL 乙醇分三次转移于 25

收稿日期: 2007-10-30

基金项目: 科技部科技支撑计划(2006BAD02B06); 教育部西部地区特色植物种质资源数据平台建设项目; 陕西省攻关项目(2006K01-G17-01); 西北农林科技大学育种专项及国家生命科学与技术人才培养基地科技创新基金

作者简介: 胡亚军(1984-), 男, 安徽滁州人, 西北农林科技大学本科生。

* 通讯作者: 冯佰利(1966-), 男, 陕西耀县人, 教授, 博士生导师, 主要从事植物资源可持续利用及小宗粮豆育种、栽培及产业化开发研究。

mL 容量瓶中, 70℃ 提取 3 min, 冷却后定容, 10 000 r/min 离心 10 min, 取上清液分析。采用紫外分光光度计法在 500 nm 处测定芦丁含量。

1.2.2 胰蛋白酶抑制剂的提取及活性测定 胰蛋白酶抑制活性测定参考 Stauffer^[9] 的方法, 有改进。底物为苯甲酰-DL-精氨酸对硝基苯胺。取 3.00 g 样品加入 pH 7.8, 0.05 mol/L 的 Tris-HCl 缓冲液(含 0.15 mol/L NaCl) 10 mL, 4℃ 研磨, 提取 1 h, 10 000 r/min 离心 10 min, 上清液定容至 100 mL 用于胰蛋白酶抑制剂活性分析。取此提取液 1 mL 及 400 mg/L BAPNA 溶液 1.5 mL, 混匀, 37℃ 保温 10 min, 然后加入 1 mL 120 mg/L 的胰蛋白酶溶液(37℃), 准确保温 10 min 后立即加入 0.5 mL 300 g/L 的乙酸终止反应。410 nm 比色, 以试剂空白为对照。以 410 nm 光吸收降低 0.01 为一个抑制剂单位(TIU)。

1.2.3 氨基酸组分分析 采用 Beckman 121MB 型氨基酸分析仪分析, 荞麦籽粒及荞麦芽菜(25 日苗)用 6 mol/L HCl, 110℃ 水解 22 h 用外标法定量。色氨酸测定参考[10]的方法。

氨基酸营养价值的评价采用氨基酸比值系数法^[11]。以 1973 年世界卫生组织(WHO)和联合国粮农组织(FAO)提出的必需氨基酸模式为标准进行以下指标计算: EAA 的氨基酸比值(ratio of amino acid, RAA)、氨基酸比值系数(ratio coefficient of amino acid, RC)和氨基酸比值系数分(Score of RC, SRC)。

1.2.4 其它营养成分测定 脂肪含量根据 GB-5009-6-85 的方法测定; 淀粉含量采用 1% 盐酸旋光法测定, 仪器为 Dzz-1 型自动读数旋光仪(上海物理光学仪器厂生产); 小麦粉、大米的测定数据引自参考文献[12]; 矿质元素及其它营养成分均按照国家有关标准测定^[12]。

2 结果与分析

2.1 苦荞芽菜芦丁含量变化

由图 1 可以看出, 萌发后随着时间的增加, 苦荞芽菜芦丁含量呈现先增加后降低的趋势(表 1)。在播种后第 13~17 d 苗中芦丁含量呈上升趋势; 第 17~21 d 苗呈下降趋势; 第 21~23 d 苗呈急速上升趋势, 并到达苦荞幼苗期芦丁含量的顶点, 其后芦丁含量下降直至苗期结束。播种后 13~21 d 的芦丁含量符合曲线 $y = -0.1648x^2 + 6.2693x - 35.606$ ($x \in [13, 21]$, $R^2 = 0.9744$); 21~29 d 的芦丁含量符合曲线 $y = -0.3504x^2 + 16.906x - 176.55$ ($x \in$

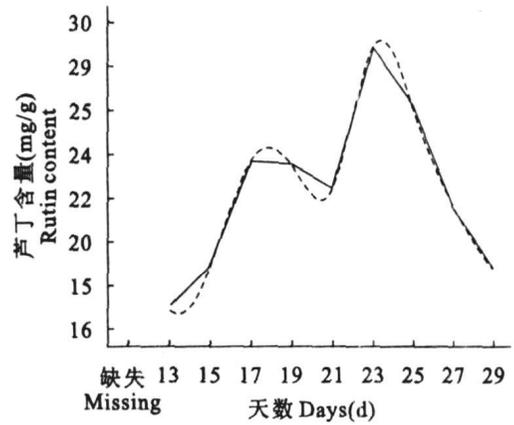


图 1 荞麦芽菜芦丁含量变化

Fig. 1 Curve of rutin in buckwheat peas

表 1 荞麦芽菜芦丁含量变化

Table 1 The changes of rutin content in buckwheat peas

播种天数 Days (d)	次数 Turns	芦丁含量 Rutin content (mg/g)	平均芦丁含量 Average content of rutin (mg/g)
13	1	16.983	18.262
	2	18.683	
	3	19.120	
15	1	18.926	20.772
	2	22.763	
	3	20.626	
17	1	23.734	23.831
	2	23.685	
	3	24.074	
19	1	23.588	23.977
	2	24.122	
	3	24.220	
21	1	22.423	23.329
	2	24.220	
	3	23.345	
23	1	28.930	28.348
	2	27.619	
	3	28.493	
25	1	26.114	26.761
	2	26.454	
	3	27.716	
27	1	21.548	23.588
	2	26.551	
	3	22.666	
29	1	18.780	19.590
	2	19.509	
	3	20.480	

[21, 29], $R^2=0.9219$); 播种后 13~29 d 总体变化趋势符合曲线 $y=0.0001x^6-0.0173x^5+0.878x^4-23.422x^3+345.32x^2-2666.3x+8437.6$ ($x \in [13, 29]$, $R^2=0.9459$)。播种后 23~25 d 之间的苦荞芽菜为提供膳食芦丁的最佳时期。

2.2 苦荞芽菜中胰蛋白酶抑制剂活性变化

荞麦籽粒中含有高活性的胰蛋白酶抑制剂。胰蛋白酶抑制剂本身作为蛋白质,具有一般蛋白质的

营养价值,在籽粒萌发过程中,可以被降解而为幼苗生长提供氮源。同时在萌发过程中可以消除胰蛋白酶抑制剂对蛋白消化酶的抑制作用,从而提高蛋白质的吸收利用率。荞麦蛋白酶抑制剂的活性随荞麦籽粒萌发过程逐渐降低。播种后第 13 d 时,胰蛋白酶抑制剂活性为 107.9 U/g;第 17 d 时,为 45.1 U/g;第 21 d 的幼芽中几乎检测不到胰蛋白酶抑制剂的活性(表 2)。

表 2 荞麦芽菜胰蛋白酶含量变化

Table 2 The change of trypsin content in Buckwheat peas

播种天数 (d) Days	13	15	17	19	21	23	25	27	29
活性 Activity (U/g)	107.9	85.4	45.1	22.9	0.1	0	0	0	0

2.3 荞麦芽氨基酸组分分析及其评价

表 3 的结果显示,荞麦籽粒和芽菜含有人体必需的 8 种氨基酸,与 WHO/FAO 的氨基酸模式比较可知,二者限制性氨基酸均为含硫氨基酸。“西农 9909”籽粒蛋白中人体必需氨基酸与非必需氨基酸的比值(E/N)为 0.6043,必需氨基酸占总氨基酸的比值(E/T)为 0.3767。荞麦芽菜中必需氨基酸与非必需氨基酸的比值(E/N)为 0.7603,必需氨基酸占总氨基酸的比值(E/T)为 0.4319。说明在荞麦籽粒萌发过程中,总氨基酸中的必需氨基酸有所上升。根据 WHO/FAO 提出的必需氨基酸模式对荞麦籽粒及荞麦芽菜进行氨基酸比值系数分(SRC)计算,‘西农 9909’苦荞籽粒必需氨基酸的 SRC,为 70.99,芽苗 SRC 为 74.45。在必需氨基酸中,赖氨酸与总氨基酸比值(Lys/TAA)为 0.07580,远高于第一限制性氨基酸为 Lys 的大米(Lys/TAA = 0.0385)、小麦(Lys/TAA = 0.03407)、玉米(Lys/TAA = 0.0298)^[13]。

SRC 与蛋白质生物价高度相关,在数值上接近生物价。从荞麦籽粒与荞麦芽菜间的 SRC 比较可知,籽粒萌发可提高荞麦蛋白的生物价,结合抗消化因子的变化可知萌发提高了荞麦蛋白质的营养价值。此外荞麦芽苗含有丰富的半必需氨基酸(Arg, His),适合作为儿童及心血管、糖尿病患者的食疗蔬菜。

2.4 脂肪酸的组成

荞麦芽菜中脂肪含有多种脂肪酸,其中最多的是油酸和亚油酸,两者共占脂肪酸的 80% 以上,具体组成如表 4。

表 3 氨基酸含量(mg/g 蛋白质)

Table 3 The content of amino acids(mg/g protein)

氨基酸 Amino acids	荞麦籽粒 Buckwheat seeds	荞麦芽菜 Buckwheat peas
苏氨酸(Thr△)	35.87	36.32
半胱氨酸+蛋氨酸△ (Cys+Met△)	16.14	16.79
缬氨酸(Val△)	48.87	53.74
异亮氨酸(Ile△)	40.35	47.72
亮氨酸(Leu△)	56.49	66.62
酪氨酸+苯丙氨酸△ (Tyr+Phe△)	72.74	62.14
赖氨酸(Lys△)	58.51	75.36
色氨酸(Trp△)	13.82	10.49
天冬氨酸(Asp)	97.73	78.44
丝氨酸(Ser)	42.70	37.09
谷氨酸(Glu)	172.72	140.90
脯氨酸(Pro)	43.71	36.46
甘氨酸(Gly)	53.69	46.25
丙氨酸(Ala)	43.15	44.78
组氨酸(His)	25.67	34.01
精氨酸(Arg)	13.82	10.49

注:△ 必需氨基酸

Note: △ Essential amino acid

2.5 荞麦芽菜中维生素和矿质元素含量

对荞麦芽菜中的维生素和矿质元素含量的测定结果见表 5。从表 5 可知,苦荞芽菜的维生素含量均高于小麦粉和大米,含量丰富,种类广泛,可以用于补充维生素的辅助途径。苦荞芽菜的 K, Mg, Fe, P 等营养元素的含量均高于小麦粉和大米,但 Na, Ca, Cu, Mn, Zn 元素的含量则明显低少小麦粉和大米,其余营养元素的含量则大体相当,作为膳食营养可以辅助治疗缺铁性贫血等。

表 4 苦荞芽菜不同脂肪酸的比例(%)

Table 4 The ratio of different fatty acids in Buckwheat peas

项目 Item	肉豆蔻酸 Myristic acid	棕榈酸 Palmitic acid	硬脂酸 Stearic acid	油酸 Oleic acid	亚油酸 Linoleic acid	亚麻酸 Linolenic acid
荞麦芽菜 Buckwheat peas	0.39	5.81	2.51	47.50	39.48	4.29

表 5 荞麦芽菜中维生素和矿质元素含量
及与其它粮食作物的比较Table 5 The content of Vitamin and mineral element in
buckwheat and its comparison with other grain crops

项目 Items	荞麦芽菜 Buckwheat peas	小麦粉 Wheat flour	大米 Rice
V _{B1} (mg/g)	3.0	0.46	0.11
V _{B2} (mg/g)	2.80	0.06	0.02
V _{pp} (mg/g)	2.95	2.5	1.4
K(%)	0.50	0.195	0.172
Na(%)	未检出	0.0018	0.0017
Ca(%)	0.026	0.038	0.017
Mg(%)	0.270	0.051	0.063
Fe(%)	0.0089	0.0042	0.0024
P(%)	0.38	0.184	0.135
Cu(mg/kg)	0.66	4.00	2.20
Mn(mg/kg)	1.57	25.50	23.4
Zn(mg/kg)	2.04	22.80	17.20

3 结论与讨论

1) 荞麦籽粒中含有小麦、玉米、大米等不具备的成分——黄酮类物质芦丁,其食疗及保健功能日益受到人们的重视。它具有降血糖、尿糖、血脂、抗突变等药理作用,可用于毛细血管脆性引起的出血症及高血压的辅助治疗。流行病学研究发现荞麦产区(如四川凉山、内蒙古通辽市库伦旗等)人群的血糖、血脂的水平明显低于非荞麦产区;大量的动物实验表明荞麦的提取物具有明显的降血脂、降血糖和降胆固醇的作用,其中黄酮类物质是荞麦最重要的生理活性物质^[14]。荞麦籽粒萌发后,黄酮含量增加,说明萌发可提高荞麦的保健价值。另外芽菜的鲜食有效克服了荞麦粉在面团形成过程中黄酮类物质的降解^[5]。播种后 23~25 d 之间的苦荞芽菜为提供膳食芦丁的最佳时期。

2) 荞麦籽粒氨基酸均衡,但含有高活性的蛋白酶抑制剂,影响消化吸收。研究发现籽粒萌发后,胰蛋白酶抑制剂活性显著下降,到播种后第 21 天时活性消失。在豆类种子萌发过程中也出现了类似现象。Wilson 等发现萌发 5d 的大豆胰蛋白酶抑制剂

完全消失,并伴随另一种抗营养因子——凝集素的消失,大豆的营养价值提高^[15]。荞麦蛋白酶抑制剂的活性随荞麦籽粒萌发过程逐渐降低,蛋白质的消化吸收率提高。荞麦种子属于淀粉类,因此本研究仅对种子萌发过程的蛋白酶抑制剂活性进行了分析,未对萌发过程种子部分营养成分进行分析。

3) 荞麦芽苗含有丰富的半必需氨基酸(Arg、His),适合于作为儿童及心血管、糖尿病患者的食疗菜蔬,加之荞麦籽粒多产于无污染地区,抗虫抗病,无土栽培荞麦芽菜极易达到绿色食品标准,因此极具开发价值^[13]。

4) 苦荞芽菜的维生素含量均高于小麦粉和小米。苦荞芽菜的 K、Mg、Fe、P 等营养元素的含量均高于小麦粉和小米,可以作为人体补充这些元素的辅助食物。

参考文献:

- [1] Naghski J, Krewson C F, Porter W L, et al. Factors affecting the rutin contents of dried buckwheat meals[J]. J Amer Pharm Assoc, 1950, 29: 696—698.
- [2] Naghski J, Couch J F, Taylor J W, et al. Effects of agronomic factors on the rutin content of buckwheat[J]. Technical bulletin in USDA, 1955, 1132: 1—50.
- [3] Suzuki T, Sakurada H, Meguro H, et al. Soba no rutin ganryo ni tsuite(in Japanese)[J]. New Food Industry, 1987, 29: 29—32.
- [4] Yasuda T, Masaki K, Kshiwagi T. An enzyme degrading rutin in tartary buckwheat seeds(in Japanese with English summary)[J]. Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi, 1992, 39: 994—1000.
- [5] 李秀莲, 赵雪英, 张耀文, 等. 中国栽培荞麦高芦丁品种的筛选[J]. 作物杂志, 2003, 6: 42—43.
- [6] Ikeda K, Sakaguchi T, Kusano T, et al. Endogenous factors Affecting protein digestibility in buckwheat[J]. Cereal Chem, 1991, 68(4): 424—427.
- [7] 文方德, 傅家瑞. 植物种子的蛋白酶抑制剂及其生理功能[J]. 植物生理学通讯, 1997, 33(1): 1—7.
- [8] Stauffer C E. Measuring trypsin inhibitor in soy meal; Suggested improvements in the standard method[J]. Cereal Chem, 1990, 67(1): 296—301.
- [9] 张宏伟, 张永生, 卢明俊, 等. 荞麦与血糖关系的流行病学研究[J]. 中国公共卫生, 1999, 15(3): 392—397.
- [10] 朱圣陶, 吴坤. 蛋白质营养价值评价——氨基酸比值系数法[J]. 营养学报, 1988, 10(2): 187—190.

- [11] 郎桂常. 苦荞麦的营养价值及其开发应用[J]. 中国粮油学报, 1996, (3): 9—14.
- [12] 黄伟坤. 食品检验与分析[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 1989.
- [13] 齐文援. 浅谈荞麦的营养价值及生理功能[J]. 甘肃农业, 2005, 10: 166.
- [14] Wilson K A, Papastoitis G, Hartl P, et al. Survey of the proteolytic activities degrading the kunitz trypsin inhibitor and glycinin in germinating soybeans (Glycine max) [J]. Plant Physiol, 1988, 88: 355.
- [15] Subbulakshmi G, Ganeshkumar K, Venkataraman. Effect of germination on the carbohydrate, proteins, trypsin inhibitor, amylase inhibitor and hemagglutinin in horsegram and mothbean [J]. Nutr Rep Int, 1976, 13: 19.

Study on changes of nutrient content and active ingredient of buckwheat peas

HU Ya-jun, JIANG Ying, FENG Li-jun, GAO Jin-feng, FENG Bai-li*
(College of Agronomy, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: Buckwheat contains a variety of active substances, which have an important effect on human health. The studies on buckwheat peas active ingredient in the seedling stage under controlled water conditions show that with changes of buckwheat germination time, the content of rutin is in curve, and reaches the peak 23~25 days after sowing, so it's the best season for harvest; Almost no trypsin inhibitor activity can be detected 21 days after sowing, when the nutrients are more easily absorbed and used by human body. The content of all kinds of amino acid in buckwheat peas is in balance, and the content of vitamin and mineral is higher than that in wheat flour and rice. So its nutrition is an incredible improvement material for people's diet.

Key words: buckwheat peas; rutin; anti-factor digest; nutritional component

(上接第 110 页)

Effect of plant growth regulators on tobacco growth, potassium absorption and distribution

LIU Shi-liang¹, Yang Su-qin¹, LIU Fang¹, HUA Dang-ling¹,
LIU Zhong-yang^{1,3}, JIE Xiao-lei^{1,2}, HAN Fu-gen¹

(1. He'nan Agricultural University, Zhengzhou, He'nan 450002, China; 2. Zhengzhou College of Animal Husbandry Engineering, Zhengzhou, He'nan 450011, China; 3. Jiaozuo University, Jiaozuo, He'nan 454000, China)

Abstract: The paper studied the effect of top pruning and plant growth regulators on tobacco growth and development under different potassium level by pot trail. The results showed that: There were no significant effects of applied potassium in different level on tobacco plant's truck height, the maximum leaf area, root volume and area of the second leaf from below, but could significantly effect fresh root weight on increase. While plant growth regulators after top pruning could increase the value of plant's truck height, the maximum leaf area, root volume, fresh root weight and area of the second leaf from below. The plant growth regulators could significantly increase the content of K in all of part of tobacco leaves and the K accumulation, and could promote potassium transfer from root and stem to leaf, so improve the quality of tobacco leaf, the BR and GA³ treatment more better.

Key words: tobacco; top pruning; potassium; plant growth regulator