

网络出版时间:2015-01-19 09:19

DOI:10.13207/j.cnki.jnwafu.2015.03.020

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1390.S.20150119.0919.020.html>

苦荞发芽过程中游离氨基酸含量的变化

夏清¹, 彭聪², 宋超², 彭镰心², 赵钢²

(1 四川中医药高等专科学校, 四川 绵阳 621000; 2 成都大学 生物产业学院, 四川 成都 610106)

【摘要】【目的】探讨苦荞不同发芽时期游离氨基酸含量的变化规律,为苦荞的综合利用及相关功能性产品的开发提供依据。【方法】采用氨基酸自动分析仪,分别对黔苦 5 号、沽源苦荞、西荞 1 号、川荞 1 号 4 个苦荞品种种子发芽 0,3,6,9,12 d 的游离氨基酸进行定量检测,分析氨基酸间含量变化的相关性;通过主成分分析,判断发芽过程中氨基酸总量发生变化的主要特征氨基酸;应用聚类分析,研究游离氨基酸的变化规律。【结果】苦荞发芽前后游离氨基酸含量变化较大,发芽 12 d 后,黔苦 5 号、沽源苦荞、西荞 1 号、川荞 1 号总氨基酸含量分别由发芽前的 5.40, 5.31, 4.03, 3.82 mg/g 增加至 16.26, 19.27, 17.91, 15.79 mg/g;苏氨酸、谷氨酸和亮氨酸含量变化与多种氨基酸呈相反趋势,丝氨酸、天冬氨酸等 9 种氨基酸是苦荞发芽过程中含量发生变化的主要特征氨基酸,发芽 6,9,12 d 时 4 种苦荞芽的氨基酸含量不能明显区分。【结论】苦荞发芽前后氨基酸变化较大,可根据产品需要选择发芽时间。

【关键词】 苦荞;发芽;游离氨基酸;化学计量学

【中图分类号】 S517.01

【文献标志码】 A

【文章编号】 1671-9387(2015)03-0199-06

Changes in concentrations free amino acids during germination of tartary buckwheat

XIA Qing¹, PENG Cong², SONG Chao², PENG Lian-xin², ZHAO Gang²

(1 Sichuan College of Traditional Chinese Medicine, Mianyang, Sichuan 621000, China;

2 College of Biotechnology Industries, Chengdu University, Chengdu, Sichuan 610106, China)

Abstract: 【Objective】 This study evaluated changes in concentrations of free amino acids at different germination stages of tartary buckwheat (*Fagopyrum tataricum*) to provide reference for comprehensive utilization and production development of tartary buckwheat. 【Method】 Free amino acids concentrations at different germination stages (0, 3, 6, 9 and 12 d) of four tartary buckwheat varieties, Qianku No. 5, Guyuan kuqiao, Xiqiao No. 1 and Chuanqiao No. 1, were measured by amino acid analyzer and evaluated by correlation analysis, principal component analysis and hierarchical cluster analysis. 【Result】 Free amino acids concentrations were significantly different in different germination stages of tartary buckwheat. The total amino acids contents for Qianku No. 5, Guyuan kuqiao, Xiqiao No. 1 and Chuanqiao No. 1 increased from 5.40, 5.31, 4.03, and 3.82 mg/g in seeds to 16.26, 19.27, 17.91, and 15.79 mg/g in sprouts (12 d), respectively. Threonine, glutamate and leucine had negative correlations with many other amino acids. 9 amino acids including serine and aspartate were the major characteristic amino acids during buckwheat germination. 【Conclusion】 The contents of amino acids changed significant during germination. Thus, suitable sprouting

【收稿日期】 2013-11-14

【基金项目】 国家现代农业产业技术体系建设专项 (CARS-08-D-3); 四川省教育厅项目 (13ZB0343); 2011 年四川省“高等教育质量工程”建设项目

【作者简介】 夏清 (1982-), 男, 四川绵阳人, 讲师, 硕士, 主要从事中药药剂研究。E-mail: 153655003@qq.com

【通信作者】 彭镰心 (1981-), 男, 广东中山人, 讲师, 硕士, 主要从事苦荞功能性成分及深加工研究。

E-mail: penglianxin@edu.edu.cn

time should be selected according to the demand of production.

Key words: *Fagopyrum tataricum* (tartary buckwheat); sprouts; free amino acid; chemometrics

荞麦(buckwheat)属蓼科(Polygonaceae)荞麦属(*Fagopyrum*)1年生或多年生双子叶植物,广泛分布于中国、俄罗斯、乌克兰、法国、美国、波兰、巴西、澳大利亚等国^[1-2]。苦荞(*Fagopyrum tataricum* (L.) Gaertn)是传统的药食两用作物,早在《本草纲目》中就有记载。苦荞除含有多种有效成分,如黄酮、D-手性肌醇(DCI)、 γ -氨基丁酸(GABA)、大黄素^[3-5]等外,还含有丰富且更为平衡的氨基酸、维生素、矿物质等成分^[6-9]。苦荞具有抗氧化、抗疲劳、抗肿瘤、降血糖、降胆固醇等活性^[10-13]。目前市场上以苦荞为原料开发的产品日益增多,苦荞籽发芽后多酚类、氨基酸、维生素、矿物质等均会发生较大变化^[14],营养药用价值比苦荞籽更高,因此可作为一种新型的原料开发功能性产品。

氨基酸在荞麦不同部位及不同生长期中的分布均有较大差异。Choi等^[15]研究甜荞芽与苦荞芽中游离氨基酸的分布后发现,苦荞芽中必需氨基酸含量高于甜荞;进一步研究表明,荞麦根、茎中谷氨酰胺的含量分别为30%~37%和40%~42%,甜荞根、茎、叶3个器官中氨基酸与苦荞最大的不同是络氨酸分布的差异。荞麦发芽过程中氨基酸变化十分复杂。针对荞麦种子萌发过程中氨基酸变化的研究结果表明,由于水解作用,总蛋白含量在萌发过程中逐渐下降,萌发7d后苦荞与甜荞总蛋白含量分别下降30.9%和35.42%,所测定的17种氨基酸总量分别增加4.2%和7.89%^[14]。氨基酸的组成、比例对荞麦蛋白营养有重要影响,荞麦因拥有丰富且平衡的氨基酸而获得了与鸡蛋、牛奶接近的营养评分^[16]。甘氨酸、丙氨酸、脯氨酸等为呈甜味的氨基酸,组氨酸、精氨酸等为呈苦味的氨基酸,游离氨基酸含量的改变也会影响荞麦芽的风味。因此,荞麦种子发芽后发生的一系列生化代谢反应,包括游离氨基酸的组成改变,将会对荞麦的品质产生重要影响。目前,对苦荞发芽过程中游离氨基酸含量变化的研究较少。为此,本试验分析了苦荞种子发芽过程中各游离氨基酸含量的变化规律,以期为提高苦荞的综合利用价值及相关功能性产品的开发提供依据。

1 材料与方 法

1.1 材 料

1.1.1 苦荞种子 黔苦5号(K1)、沽源苦荞(K2)、

西荞1号(K3)、川荞1号(K4)种子,均于2012-11采收自成都大学试验田,经赵钢教授鉴定。

1.1.2 设备及试剂 日立L-8800氨基酸分析仪, METTLER AB135-S十万分之一天平(瑞士);氨基酸混合标准液(日本和光纯药工业株式会社生产),其他试剂均为分析纯。

1.2 方 法

1.2.1 样品处理 取黔苦5号、沽源苦荞、西荞1号、川荞1号种子,30℃浸泡2h,用体积分数2%次氯酸钠消毒,蒸馏水冲洗干净后置于放有双层滤纸的培养皿中,于光照培养箱中培养(温度20℃,光照12h/d,湿度80%)。每天向培养皿中加入适量水,保持滤纸湿润状态。分别于培养0(对照),3,6,9,12d时取样,取样时去掉不可食用的苦荞壳及根。将各处理样品于50℃烘干至恒质量,粉碎并过孔径为0.425mm的分样筛后备用。试验重复3次。

1.2.2 游离氨基酸含量的测定 精确称取0.3g 1.2.1中各处理样品(0,3,6,9,12d苦荞芽),置于50mL具塞三角瓶中,加入0.1mol/L HCl 30mL浸泡24h,过滤,滤液以0.1mol/L HCl定容至50mL;取适量滤液,按照1:3的体积比加入体积分数10%的磺基水杨酸溶液(水溶液),充分混合至离心管中,14000r/min离心20min,取上清液过0.45 μ m有机相滤头后备测。

1.2.3 数据统计 采用SPSS 19.0软件,对苦荞芽各游离氨基酸含量间的相关性进行分析,并对不同时期苦荞芽氨基酸含量进行主成分分析与聚类分析。

2 结果与分析

2.1 苦荞不同发芽时期的游离氨基酸含量

4种苦荞在不同发芽时期游离氨基酸含量的测定结果见表1。由表1可知,苦荞种子中含有丰富的精氨酸、缬氨酸与苏氨酸,且含量与苦荞品种有关。西荞1号(K1)、川荞1号(K4)种子均以缬氨酸含量最高,而黔苦5号(K1)、沽源苦荞(K2)种子以精氨酸含量最高。苦荞发芽后天冬氨酸、丝氨酸、甘氨酸、丙氨酸、缬氨酸、异亮氨酸、络氨酸、苯丙氨酸和赖氨酸等氨基酸含量总体高于发芽前,苏氨酸含量则随着发芽时间延长而降低,谷氨酸、亮氨酸呈现先增加后降低的趋势,其他氨基酸则在不同品种中

表现出不同的变化规律。苦荞发芽后丙氨酸含量提升幅度最大,其中洁源苦荞(K2)从种子萌发前的未能检测到,上升至发芽 12 d 后的 6.01 mg/g。赖氨酸为谷物中存在的主要限制氨基酸,能促进人体发育、增强免疫功能,苦荞发芽 6 d 后,赖氨酸含量明

显增高,随后变化趋于平缓,可见苦荞芽可作为人体饮食中赖氨酸的一个重要来源。发芽 12 d 后,黔苦 5 号、洁源苦荞、西荞 1 号、川荞 1 号总氨基酸含量分别从发芽前的 5.40,5.31,4.03,3.82 mg/g 增加至 16.26,19.27,17.91,15.79 mg/g。

表 1 苦荞种子不同发芽时期的游离氨基酸含量

Table 1 Concentrations of free amino acids at different germination stages of tartary buckwheat

mg/g

样品 Sample	时间/d Time	天冬氨酸 Asp	苏氨酸 Thr	丝氨酸 Ser	谷氨酸 Glu	甘氨酸 Gly	丙氨酸 Ala	缬氨酸 Val	甲硫氨酸 Met	异亮氨酸 Ile	亮氨酸 Leu	酪氨酸 Tyr	苯丙氨酸 Phe	赖氨酸 Lys	组氨酸 His	精氨酸 Arg
K1	0	nd	0.74	0.12	nd	nd	nd	1.27	0.71	0.12	0.16	nd	nd	0.11	0.26	1.91
K2		nd	0.85	nd	nd	nd	nd	1.32	0.73	nd	nd	nd	nd	0.18	nd	2.23
K3		nd	1.06	nd	nd	0.07	0.19	1.43	0.74	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0.54
K4		nd	1.04	nd	nd	nd	nd	1.40	0.67	nd	nd	nd	nd	0.14	nd	0.57
K1	3	0.57	0.50	0.18	1.01	0.18	2.19	1.33	0.75	0.24	0.32	nd	nd	0.33	0.23	2.39
K2		nd	0.86	nd	0.93	nd	2.43	1.57	0.82	0.15	0.33	nd	nd	0.22	nd	2.14
K3		nd	0.91	nd	1.06	nd	3.21	1.62	0.65	0.18	0.45	nd	nd	0.17	nd	0.66
K4		nd	0.32	nd	nd	0.11	2.15	1.26	0.83	0.17	0.37	nd	nd	0.18	0.26	0.68
K1	6	1.43	nd	1.20	0.14	0.17	4.82	2.67	0.68	0.78	0.77	1.54	0.44	0.50	1.14	4.40
K2		1.09	nd	0.56	0.11	0.14	3.50	1.82	0.77	0.35	0.56	nd	1.48	0.34	0.12	2.49
K3		0.61	nd	0.68	0.84	0.17	4.31	2.22	0.72	0.42	0.59	1.62	0.58	0.45	0.75	1.57
K4		1.17	nd	0.40	nd	0.15	3.70	1.80	0.79	0.28	0.51	nd	1.44	0.18	0.24	1.08
K1	9	0.83	nd	0.52	nd	0.17	4.62	1.31	1.04	0.28	0.11	2.24	1.22	0.46	0.65	2.59
K2		0.91	nd	0.52	0.11	0.22	4.90	1.83	0.88	0.30	0.92	2.27	1.12	0.25	0.21	3.56
K3		0.40	nd	0.59	nd	0.20	5.47	1.70	0.91	0.22	0.67	1.66	0.97	0.30	0.28	1.64
K4		0.52	nd	0.39	nd	0.14	4.83	1.44	0.96	0.15	0.66	1.63	0.70	0.15	0.24	1.02
K1	12	0.81	nd	1.04	nd	0.22	4.99	1.45	1.46	0.51	nd	2.02	0.91	0.43	0.60	1.82
K2		1.15	nd	1.53	nd	0.19	6.01	3.13	0.11	0.74	nd	1.75	1.34	0.70	nd	2.62
K3		1.46	nd	1.03	nd	0.18	5.70	1.60	0.08	0.52	nd	2.15	1.31	0.44	0.15	3.29
K4		1.06	nd	0.87	nd	0.13	5.58	2.06	0.93	0.37	nd	2.12	0.98	0.34	nd	1.35

注:nd 表示未能检测到。Note:nd. Not detected.

2.2 苦荞芽中氨基酸含量间的相关性分析

2 所示。

苦荞芽中氨基酸含量间的相关性分析结果如表

表 2 苦荞芽中游离氨基酸含量间的相关性

Table 2 Correlation matrix for free amino acids concentrations in buckwheat samples

项目 Item	天冬氨酸 Asp	苏氨酸 Thr	丝氨酸 Ser	谷氨酸 Glu	甘氨酸 Gly	丙氨酸 Ala	缬氨酸 Val	甲硫氨酸 Met	异亮氨酸 Ile	亮氨酸 Leu	酪氨酸 Tyr	苯丙氨酸 Phe	赖氨酸 Lys	组氨酸 His	精氨酸 Arg
天冬氨酸 Asp	1.00														
苏氨酸 Thr	-0.82**	1.00													
丝氨酸 Ser	0.84**	-0.76**	1.00												
谷氨酸 Glu	-0.26	0.30	-0.29	1.00											
甘氨酸 Gly	0.75**	-0.88**	0.72**	-0.21	1.00										
丙氨酸 Ala	0.77**	-0.87**	0.81**	-0.09	0.79**	1.00									
缬氨酸 Val	0.60**	-0.46*	0.77**	-0.01	0.39	0.57**	1.00								
甲硫氨酸 Met	-0.21	-0.09	-0.22	-0.05	0.11	-0.02	-0.44*	1.00							
异亮氨酸 Ile	0.83**	-0.71**	0.94**	-0.07	0.67**	0.75**	0.79**	-0.26	1.00						
亮氨酸 Leu	0.18	-0.38	0.01	0.23	0.32	0.31	0.20	0.17	0.14	1.00					
酪氨酸 Tyr	0.63**	-0.74**	0.75**	-0.29	0.73**	0.83**	0.40	0.08	0.61**	0.10	1.00				
苯丙氨酸 Phe	0.82**	-0.83**	0.70**	-0.41	0.72**	0.77**	0.42	-0.07	0.57**	0.15	0.62**	1.00			
赖氨酸 Lys	0.72**	-0.67**	0.88**	0.00	0.64**	0.72**	0.70**	-0.26	0.89**	-0.03	0.64**	0.57**	1.00		
组氨酸 His	0.40	-0.49*	0.42	-0.01	0.48*	0.34	0.25	0.29	0.53*	0.38	0.42	0.14	0.44*	1.00	
精氨酸 Arg	0.64**	-0.44*	0.57**	-0.05	0.45*	0.41	0.42	-0.24	0.65**	0.25	0.46*	0.36	0.62**	0.45*	1.00

注(Note):*, P<0.05, ** P<0.01。

由表 2 可知,苦荞芽中苏氨酸与天冬氨酸、甘氨酸、丙氨酸和苯丙氨酸呈较强的负相关,说明苏氨酸含量的变化趋势与这 4 种氨基酸含量相反;天冬氨酸与丝氨酸、异亮氨酸、苯丙氨酸呈强正相关,说明它们在发芽过程中呈现相似的变化趋势。了解苦荞发芽过程中各种氨基酸的变化关系,有助于根据实际需要选择合适的发芽时间。

2.3 不同时期苦荞芽氨基酸含量的主成分分析

从表 3 可知,前 4 个主成分能解释苦荞芽氨基酸含量 83.35% 的信息,第 1 主成分能解释苦荞芽氨基酸含量 54.63% 的信息,且与天冬氨酸、丝氨

酸、甘氨酸、丙氨酸、异亮氨酸、络氨酸和赖氨酸呈强正相关,与苏氨酸呈强负相关;第 2 主成分与甲硫氨酸呈强正相关。说明这 9 种氨基酸是苦荞发芽过程中含量发生变化的主要特征氨基酸。

从图 1-A 可知,天冬氨酸、苏氨酸、丝氨酸、甘氨酸、丙氨酸、异亮氨酸、络氨酸和赖氨酸在主成分 1 中有相似的载荷,说明其对主成分 1 的贡献相似。由图 1-B 可知,未发芽种子与发芽后种子氨基酸能显著区分,但发芽 6,9,12 d 的种子未能显著区分,可能是由于不同苦荞品种的氨基酸代谢、反应速度不一致所致。

表 3 不同时期苦荞芽氨基酸含量前 4 个主成分的因子载荷

Table 3 Factor loadings of the first four principal components

变量 Variable	主成分 Principal component			
	1	2	3	4
天冬氨酸 Asp	0.911	-0.069	-0.085	-0.077
苏氨酸 Thr	-0.900	-0.313	0.109	0.153
丝氨酸 Ser	0.941	-0.207	-0.103	0.130
谷氨酸 Glu	-0.228	-0.121	0.772	-0.183
甘氨酸 Gly	0.848	0.314	-0.059	-0.077
丙氨酸 Ala	0.894	0.128	-0.034	-0.238
缬氨酸 Val	0.698	-0.454	0.226	-0.129
甲硫氨酸 Met	-0.132	0.859	-0.040	0.245
异亮氨酸 Ile	0.911	-0.242	0.181	0.142
亮氨酸 Leu	0.246	0.480	0.585	-0.484
络氨酸 Tyr	0.803	0.200	-0.193	0.124
苯丙氨酸 Phe	0.792	0.096	-0.393	-0.319
赖氨酸 Lys	0.860	-0.285	0.110	0.205
组氨酸 His	0.520	0.401	0.442	0.498
精氨酸 Arg	0.650	-0.152	0.304	0.234
累计解释变量/% Proportion of total variance	54.63	66.78	77.12	83.35

注:黑体数据表示变量与主成分有强相关性(|载荷值|>0.8)。

Note: Bold data indicate strong correlation with principal component (|loading|>0.8).

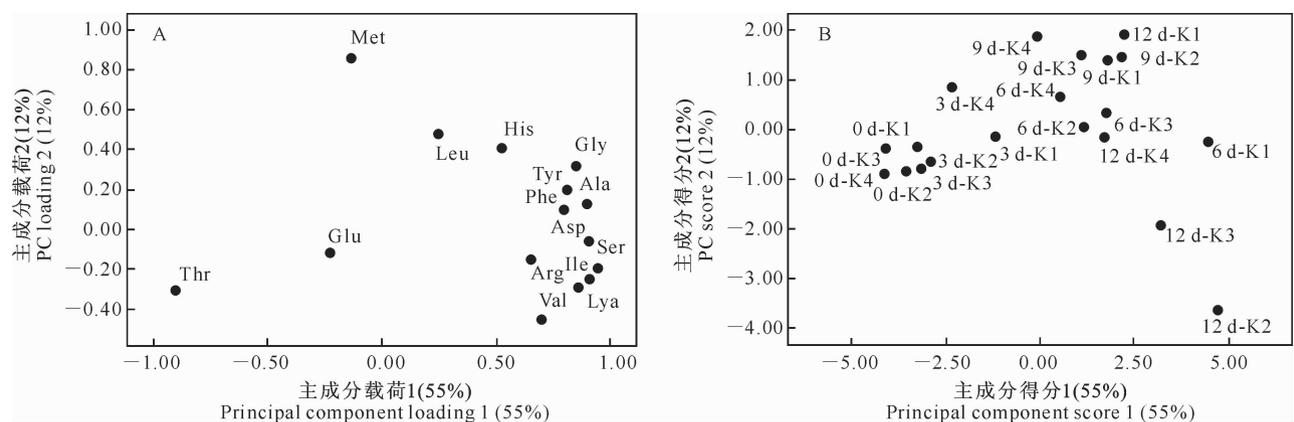


图 1 不同时期苦荞芽氨基酸含量的主成分分析

第 1 主成分解释 55% 原变量信息,第 2 主成分解释 12% 原变量信息

0 d-K1 表示 K1 品种发芽 0 d,3 d-K1 表示 K1 品种发芽 3 d,其他依此类推。图 2 同

Fig. 1 Principal component analysis of amino acids concentrations during germination of tartary buckwheat

The first principal component explained 55% of variance, the second principal component explained 12% of variance

0 d-K1 means cultivar K1 germinated for 0 d, 3 d-K1 means cultivar K1 germinated for 3 d, so on and so forth. The same for Fig. 2

2.4 不同时期苦荞芽氨基酸含量的聚类分析

对不同发芽时期苦荞芽的氨基酸含量进行聚类分析(ward法,欧氏距离),结果见图2。由图2可知,未发芽苦荞种子以及发芽3d后种子能各自聚

为一类,而发芽6,9,12d的种子未能显著区分,与主成分分析结果一致,说明不同品种苦荞发芽前后游离氨基酸含量变化较大,但其变化速度却因品种而异。

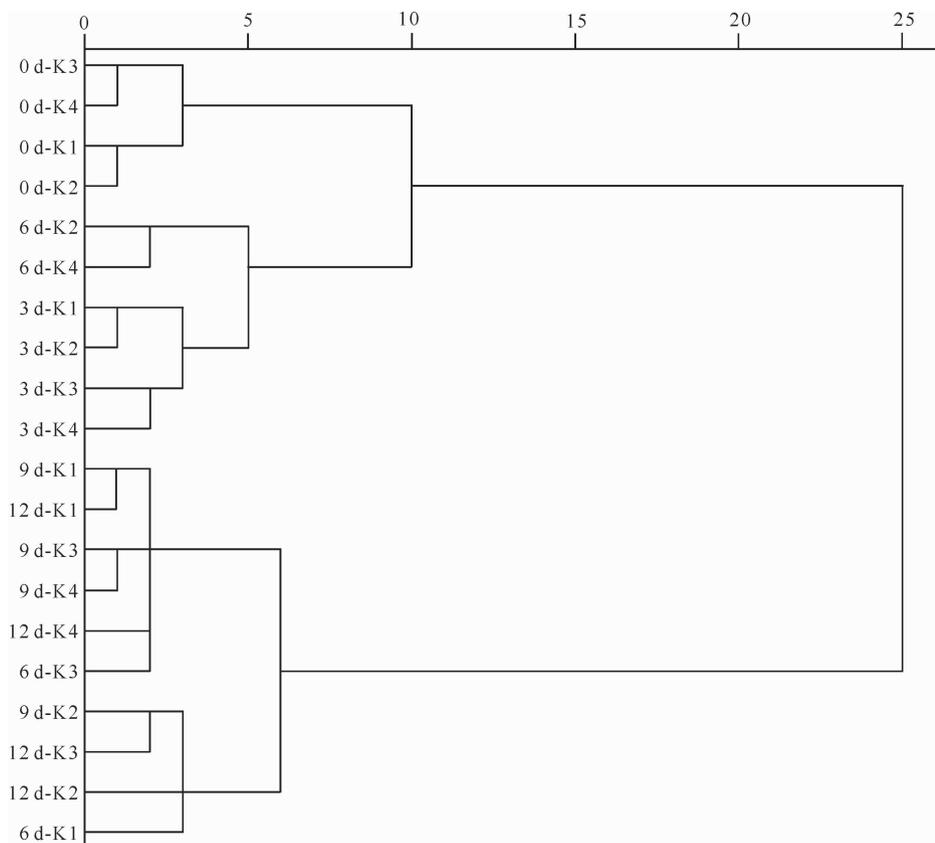


图2 不同发芽时期苦荞芽氨基酸含量的聚类分析

Fig. 2 Hierarchical cluster analysis on contents of amino acids at different germination stages of tartary buckwheat

3 讨论与结论

荞麦发芽过程中会发生复杂的生理生化反应,其中蛋白质变化是发芽过程中的重要变化。一部分蛋白质受酶催化水解为低分子肽类和氨基酸,其中有些氨基酸又参与分解代谢。本研究结果表明,荞麦萌发时,蛋白质等大分子逐渐降解,氨基酸种类虽然没发生变化,但其含量却发生较大变化。苦荞发芽后游离氨基酸含量比例发生改变,总含量升高,对改变苦荞的营养特性有重要的意义。荞麦芽中含有丰富的人体必需氨基酸缬氨酸、异亮氨酸、苯丙氨酸及半必需氨基酸精氨酸,苯丙氨酸是体内合成甲状腺素的来源,可转变为酪氨酸;精氨酸有降压作用,缺乏精氨酸则会引起肝脏中胆固醇和甘油三酯含量升高^[17]。因此,充分利用荞麦萌发过程中各类氨基酸含量的变化,开发不同类型的产品是可行的。

张美莉等^[18]对苦荞和甜荞萌发后的氨基酸含

量变化进行了分析,结果表明,苦荞在萌发的各个时期,18种氨基酸中以谷氨酸含量最高,其次是精氨酸、天冬氨酸。王丽娟^[19]测定了9个品种荞麦的氨基酸含量,也是谷氨酸的含量最高。本研究中,游离谷氨酸含量比游离精氨酸、丙氨酸等氨基酸含量低,说明谷氨酸在荞麦中主要以结合态形式存在。

荞麦芽中游离氨基酸的含量变化除了与荞麦品种有关外,还与光照等条件有关。Sun-Ju等^[20]分析了光照对甜荞与苦荞芽中游离氨基酸的影响,结果表明,不同光照时间对甜荞、苦荞中游离氨基酸含量有显著影响。因此,选择合适的荞麦品种与发芽条件,是提高荞麦芽品质的重要途径。

[参考文献]

- [1] 赵钢,陕方. 中国苦荞[M]. 北京:科学出版社,2009.
Zhao G, Shan F. Tartary buckwheat of China [M]. Beijing: Science Press, 2009. (in Chinese)
- [2] Wijngaard H H, Arendt E K. Buckwheat [J]. Cereal Chemis-

- try, 2006, 83(4): 391-401.
- [3] Ikeda K. Buckwheat: Composition, chemistry, and processing [J]. *Advances in Food and Nutrition Research*, 2002, 44: 395-434.
- [4] Yang N, Ren G X. Determination of D-chiro-Inositol in tartary buckwheat using high-performance liquid chromatography with an evaporative light-scattering detector [J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2008, 56(3): 757-760.
- [5] Peng L X, Wang J B, Hu L X, et al. Rapid and simple method for the determination of emodin in tartary buckwheat (*Fagopyrum tataricum*) by high-performance liquid chromatography coupled to a diode array detector [J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2013, 61(4): 854-857.
- [6] Pomeranz, Y, Robbins, G S. Amino acid composition of buckwheat [J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 1972, 20(2): 270-274.
- [7] Bonafaccia G, Gambelli L, Fabjan N, et al. Trace elements in flour and bran from common and tartary buckwheat [J]. *Food Chemistry*, 2003, 83(1): 1-5.
- [8] Huang Y F, Peng L X, Liu Y, et al. Evaluation of essential and toxic element concentrations in different parts of buckwheat [J]. *Czech Journal of Food Science*, 2013, 31(3): 249-255.
- [9] Jin H M, Wei P. Anti-fatigue properties of tartary buckwheat extracts in mice [J]. *International Journal of Molecular Sciences*, 2011, 12(8): 4770-4780.
- [10] Guo X N, Zhu K X, Zhang H, et al. Anti-tumor activity of a novel protein obtained from tartary buckwheat [J]. *International Journal of Molecular Sciences*, 2010, 11(12): 5201-5211.
- [11] Zhao G, Peng L X, Wang S, et al. HPLC fingerprint-antioxidant properties study of buckwheat [J]. *Journal of Integrative Agriculture*, 2012, 11(7): 1111-1118.
- [12] Yao Y, Shan F, Bian J S, et al. D-chiro-inositol-enriched tartary buckwheat bran extract lowers the blood glucose level in KK-A(y) mice [J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2008, 56(21): 10027-10031.
- [13] Lin L Y, Peng C C, Yang Y L, et al. Optimization of bioactive compounds in buckwheat sprouts and their effect on blood cholesterol in hamsters [J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2008, 56(4): 1216-1223.
- [14] 林汝法. 苦荞举要 [M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2013.
Lin R F. Tartary buckwheat highlights [M]. Beijing: China Agricultural Science and Technology Press, 2013. (in Chinese)
- [15] Choi J S, Kwon S O, Nam J, et al. Different distribution and utilization of free amino acids in two buckweats: *Fagopyrum esculentum* and *Fagopyrum tataricum* [C]//Processing of the 11 th International Symposium on Buckwheat. Orel, Russia: All-Russia Research Institutes and Groat Crops, 2010: 259.
- [16] Pomeranz Y, Robbins G S. Amino acid composition of buckwheat [J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 1972, 20(4): 270-274.
- [17] Nakajo M, Shinaoka I. Physiological effect of soba protein extract and its utilization [J]. *Shokuhin Kooya*, 1996, 39(6): 59-65.
- [18] 张美莉, 吴继红, 赵 镭, 等. 苦荞和甜荞萌发后氨基酸含量变化及其营养评价 [J]. *食品与发酵工业*, 2005, 31(3): 115-118.
Zhang M L, Wu J H, Zhao L, et al. Changes of amino acid content of *F. tartaricum* Gaerth and *F. esculentum* Moench after germination and the nutritional evaluation [J]. *Food and Fermentation Industries*, 2005, 31(3): 115-118. (in Chinese)
- [19] 王丽娟. 荞麦中氨基酸含量的分析 [J]. *氨基酸和生物资源*, 1995, 17(3): 48-50.
Wang L J. Analysis of amino acid contents in buckwheat [J]. *Amino Acids and Biotic Resources*, 1995, 17(3): 48-50. (in Chinese)
- [20] Sun-Ju K, Chiami K, Tatsuro S, et al. Effect of natural light periods on rutin, free amino acid and vitamin C contents in the sprouts of common (*Fagopyrum esculentum* Moench) and tartary (*F. tataricum* Gaertn.) buckweats [J]. *Food Science and Technology Research*, 2006, 12(3): 199-205.