

# 苦荞贮存及加工过程中黄酮类成分含量变化和利用研究

徐浪<sup>1,2</sup> 王玉<sup>1,2</sup> 王祥儒<sup>3</sup> 李红君<sup>1</sup> 唐万<sup>1</sup>  
王冰清<sup>1,2</sup> 杨强<sup>1</sup> 张帆<sup>1,2</sup> 陈志元<sup>1,2</sup> 周美亮<sup>3</sup>

(<sup>1</sup>中药保健食品质量与安全湖北省重点实验室(劲牌有限公司), 435100, 湖北大冶;

<sup>2</sup>劲牌持正堂药业有限公司, 435000, 湖北黄石; <sup>3</sup>中国农业科学院作物科学研究所, 100081, 北京)

**摘要** 黄酮类物质是苦荞中主要的生物活性成分。对苦荞麦贮存及加工过程5种黄酮类成分含量进行测定, 并对其滋味和生物活性进行研究, 结果表明, 苦荞在刚成熟时, 黄酮苷元类成分含量相对较高, 其苦味和涩味相对比较突出, 但 $\alpha$ -葡萄糖苷酶抑制活性较高; 而随着贮存时间的延长以及苦荞米的加工, 黄酮苷元类成分转化为糖苷类黄酮, 糖苷类黄酮的苦味和涩味减弱, 但 $\alpha$ -葡萄糖苷酶抑制活性较弱。综上, 延长苦荞的贮存时间或者脱壳后的苦荞米, 可作为普通食品的原料; 以刚成熟苦荞为原料, 可以进行功能性食品的加工利用。

**关键词** 苦荞; 黄酮; 滋味; 苦味; 涩味;  $\alpha$ -葡萄糖苷酶

荞麦属于蓼科(Polygonaceae)荞麦属(*Fagopyrum*)的一年生双子叶植物。荞麦主要有2个栽培种, 分别是普通荞麦(甜荞, *Fagopyrum esculentum* Moench)和鞑靼荞麦(苦荞, *Fagopyrum tataricum* L. Gaerth)。与小麦、大米等大宗粮食作物相比, 苦荞除含有较为丰富的淀粉、蛋白质、维生素、微量元素和膳食纤维等营养物质外<sup>[1-2]</sup>, 由于苦荞麦能在恶劣的气候和边缘地带生长<sup>[2]</sup>, 具有很强的生态适应性和抗逆保护作用, 因此荞麦籽粒中往往会积累大量的植物化学物质(多酚类、糖醇类、生物碱及蒽醌类等物质)<sup>[3-8]</sup>。黄酮类成分是苦荞麦主要的活性物质, 具有较好的降血糖、降血脂、抗氧化、增强免疫力、治疗心脑血管疾病等功效<sup>[9-12]</sup>。

与其他大宗粮食作物相比, 虽然苦荞富含生物活性物质, 但由于苦荞有苦味<sup>[13-14]</sup>, 从而限制了其应用和相关产业发展。辛力等<sup>[15]</sup>研究表明, 苦荞麦中的苦味物质是黄酮类成分。从李霞<sup>[16]</sup>指出, 槲皮素具有强烈的苦涩味, 影响了人们对含有槲皮素食品的接受度, 从而限制了槲皮素在食品方面的应用。抑制 $\alpha$ -葡萄糖苷酶活性可起到降血糖作用。本文对苦荞贮存及加工过程中槲皮素-3-芸香糖苷-7-葡萄糖苷、芦丁、山奈酚-3-O-芸香糖苷、槲皮素和山奈酚5种黄酮类成分的含量变化进行分析, 并对其滋味和 $\alpha$ -葡萄糖苷酶抑制活性

进行研究, 从而指导苦荞的加工利用。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

在四川、云南、贵州和陕西等地区采集刚成熟的苦荞样品, 其中四川凉山5份、云南3份、贵州2份、陕西2份, 共计12份。于7 d内完成样品黄酮类成分初始含量检测, 并贮存于25℃、相对湿度60%的密闭环境中。

### 1.2 仪器与设备

供试仪器有1200型高效液相色谱仪(美国安捷伦科技公司)、AB135-S型电子天平(梅特勒-托利公司)、DNP-9162型热风循环烘箱(上海精宏实验设备有限公司)、KUDOS型超声波清洗仪(上海科导超声仪器有限公司)。

### 1.3 苦荞中黄酮类成分含量检测

**1.3.1 供试品溶液制备** 分别精密称定苦荞麦粉末3.0 g, 置有塞锥形瓶中, 加入50 mL甲醇, 称定重量, 超声处理(功率250 W, 频率25 kHz)30 min, 放冷再称定重量, 用甲醇补足减失重量, 摇匀备用<sup>[17]</sup>。

**1.3.2 HPLC对比检测** 取供试品溶液进行HPLC, HPLC色谱条件<sup>[18]</sup>: Sepex C18色谱柱(4.6 mm×250 mm, 5  $\mu$ m), 以乙腈-0.1%磷酸溶液为流动

作者简介: 徐浪, 主要从事苦荞提取及应用研究, E-mail: 937124210@qq.com

陈志元为通信作者, 主要从事植物提取工艺技术研究, E-mail: 5780137@qq.com; 周美亮为共同通信作者, 研究方向为荞麦种质资源与遗传育种学, E-mail: zhoumeiliang@caas.cn

基金项目: 湖北省自然科学基金(2022CFB137)

收稿日期: 2024-09-13; 修回日期: 2024-11-07; 网络出版日期: 2025-04-07

相，按照表 1 条件进行梯度洗脱。紫外检测器，检测波长为 360 nm，流速 1.0 mL/min，进样体积 10  $\mu$ L，柱温 30  $^{\circ}$ C。上述色谱条件下，槲皮素-3-芸香糖苷-7-葡萄糖苷（C1）、芦丁（C2）、山奈酚-3-O-芸香糖苷（C3）、槲皮素（C4）和山奈酚（C5）对照品 HPLC 色谱图见图 1。

表 1 梯度洗脱表		
Table 1 Gradient elution table		
时间 Time (min)	乙腈 Acetonitrile (%)	0.1%磷酸溶液 0.1% phosphoric acid solution (%)
0	10	90
20	25	75
40	40	60

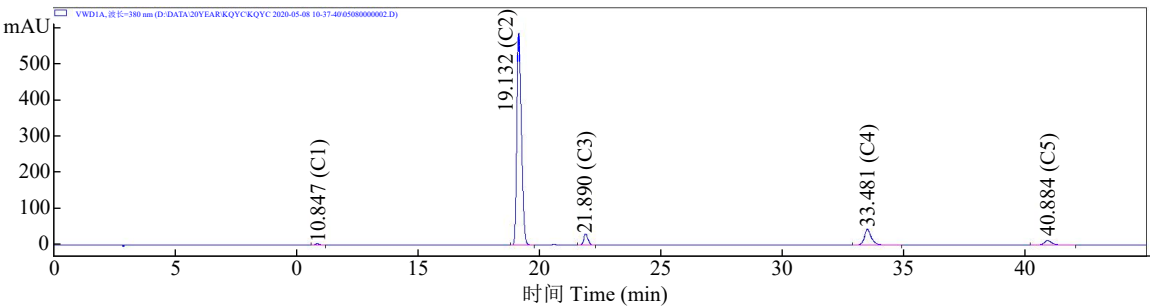


图 1 标准品高效液相色谱图  
Fig.1 HPLC of standard substances

1.3.3 苦荞贮存过程中黄酮类成分含量检测 将采集的 12 份苦荞麦样品于 7 d 内完成黄酮类成分初始含量检测，并每个地区选取 1 份样品，贮存于 25 $\pm$ 2  $^{\circ}$ C、相对湿度 60% $\pm$ 5%的密闭环境中，分别于 1、2、3、6、9 和 12 个月时检测黄酮类成分含量。

1.3.4 苦荞加工过程中黄酮类成分含量检测 苦荞脱壳加工为苦荞米的工艺一般为浸泡、蒸熟、干燥、脱壳等主要步骤，分别取西昌市滋元食品有限公司和云南大初食品有限公司苦荞麦及脱壳后的苦荞米样品各 3 份，对比检测黄酮类成分含量。同时为验证苦荞麦加工过程中含量变化的原因，取未脱壳苦荞麦样品，使用电磁炉隔水蒸制 30 min，再于 50  $^{\circ}$ C热风循环烘箱中干燥，检测蒸制前后黄酮类成分含量。

1.4 5 种黄酮类成分电子舌滋味分析

参考 Li 等<sup>[19]</sup>的研究方法并稍作修改。将 5 种黄酮类成分标准品（中国食品药品检定研究院提供）配制成 200 mg/L 浓度的 30%乙醇溶液，用 TS-5000Z 型电子舌（日本 INSENT 公司）进行滋味检测。为了减少环境变化带来的影响，保持电子舌的稳定性，所有样品均在 25 $\pm$ 1  $^{\circ}$ C的条件下检测 4 次，从每个电子舌传感器中提取响应曲线相对稳定的平均值作为最终结果。

1.5 5 种黄酮类成分 $\alpha$ -葡萄糖苷酶抑制活性对比

参考文献<sup>[20]</sup>方法稍作修改。于 96 孔板中依

次加入 pH 6.8 的 0.05 mol/L 磷酸钠缓冲液 125  $\mu$ L，各梯度浓度的 5 种黄酮类成分对照品溶液或阿卡波糖阳性对照 25  $\mu$ L，再对应加入浓度为 1  $\mu$ mol/mL 的 $\alpha$ -葡萄糖苷酶溶液 25  $\mu$ L，30 $\pm$ 1  $^{\circ}$ C温育 10 min，再迅速加入 4-硝基苯基- $\beta$ -D-吡喃葡萄糖苷(PNPG)溶液 25  $\mu$ L，在 30 $\pm$ 1  $^{\circ}$ C下反应 1 h，于 405 nm 处测定吸光度值，反应过程中每隔 2 min 测定 1 次吸光度值。

1.6 数据处理

使用 Microsoft Excel 2020 对数据进行简单处理，使用 Origin 2021 软件进行绘图。做 3 次重复平行测定，结果取平均值。

2 结果与分析

2.1 不同产地新成熟苦荞黄酮类成分含量

苦荞麦中主要黄酮类成分为芦丁，占比约 80%<sup>[21-24]</sup>。由表 2 可知，新成熟苦荞麦中槲皮素-3-芸香糖苷-7-葡萄糖苷、芦丁、山奈酚-3-O-芸香糖苷、槲皮素和山奈酚平均含量分别为 0.021%、0.475%、0.044%、0.649% 和 0.031%，合计为 1.220%，其中芦丁占比 38.93%，槲皮素占比 53.20%。

2.2 不同贮存时间黄酮类成分含量变化

检测苦荞麦 5 种黄酮类成分含量，并分析贮存过程含量变化规律。因苦荞麦中黄酮苷元和糖苷在酶的作用下可能会存在相互转化的现象<sup>[25]</sup>，因此将

表 2 不同产地新成熟苦荞麦黄酮类成分含量							
Table 2 Contents of flavonoids in newly matured tartary buckwheat from different regions							%
省份 Province	编号 Number	来源 Source	C1	C2	C3	C4	C5
四川 Sichuan	1	凉山州喜德县泥波镇	0.026±0.001	0.554±0.021	0.054±0.002	0.626±0.018	0.028±0.001
	2	凉山州昭觉县特布洛乡	0.019±0.001	0.259±0.008	0.040±0.002	0.772±0.023	0.046±0.001
	3	凉山州美姑县佐戈依达乡	0.016±0.001	0.270±0.010	0.030±0.002	0.781±0.016	0.037±0.002
	4	凉山州盐源县棉桠镇	0.022±0.001	0.451±0.007	0.047±0.002	0.648±0.021	0.046±0.001
	5	凉山州布拖县特木里乡	0.024±0.001	0.471±0.016	0.048±0.001	0.621±0.023	0.032±0.003
云南 Yunnan	6	昭通市昭阳区鲁甸县新街镇	0.015±0.001	0.621±0.022	0.040±0.002	0.756±0.017	0.043±0.002
	7	昭通市昭阳区青岗岭乡	0.032±0.002	0.686±0.019	0.063±0.002	0.645±0.023	0.026±0.001
	8	曲靖市会泽县驾车乡	0.024±0.001	0.593±0.017	0.053±0.002	0.714±0.019	0.028±0.001
贵州 Guizhou	9	六盘水市盘州市乌蒙镇	0.006±0.000	0.304±0.015	0.016±0.000	0.395±0.008	0.011±0.000
	10	毕节市威宁县小海镇	0.010±0.000	0.416±0.012	0.026±0.001	0.481±0.013	0.017±0.001
陕西 Shaanxi	11	安康市白河县冷水镇	0.028±0.001	0.491±0.013	0.052±0.001	0.591±0.011	0.032±0.001
	12	榆林市靖边县乔沟湾镇	0.034±0.001	0.581±0.013	0.061±0.002	0.759±0.021	0.038±0.001
平均值 Mean			0.021	0.475	0.044	0.649	0.031

5 种黄酮类成分分别折算成槲皮素和山奈酚 2 种苷元，并进行统计分析。

由表 3 可知，苦荞麦中的黄酮类成分在贮存过程中会发生变化，其中 C4 和 C5 含量随着时间推

表 3 苦荞麦不同贮存时间黄酮类成分含量									
Table 3 The contents of flavonoids in tartary buckwheat stored in different periods									%
编号 Number	来源 Source	时间（月） Time (month)	C1	C2	C3	C4	C5	苷元含量 Content of aglycone	
								槲皮素 Quercetin	山奈酚 Kaempferol
1	凉山州盐源县棉桠镇	初始值	0.022±0.001	0.45±0.017	0.047±0.002	0.648±0.021	0.046±0.001	0.879	0.069
		1	0.024±0.001	0.62±0.017	0.053±0.002	0.560±0.023	0.041±0.002	0.876	0.067
		3	0.030±0.001	1.12±0.025	0.081±0.003	0.326±0.012	0.029±0.001	0.892	0.068
		6	0.039±0.001	1.20±0.023	0.098±0.003	0.252±0.007	0.023±0.001	0.861	0.070
		9	0.045±0.001	1.34±0.031	0.114±0.003	0.201±0.008	0.013±0.001	0.882	0.068
		12	0.043±0.002	1.35±0.028	0.125±0.038	0.206±0.007	0.008±0.000	0.891	0.068
		RSD 值	29.16	37.92	36.93	52.56	57.16	1.28	1.53
2	曲靖市会泽县驾车乡	初始值	0.024±0.001	0.59±0.017	0.053±0.002	0.714±0.019	0.028±0.001	1.015	0.053
		1	0.031±0.001	0.73±0.020	0.069±0.001	0.645±0.005	0.021±0.001	1.019	0.054
		3	0.035±0.001	1.06±0.015	0.075±0.002	0.464±0.018	0.016±0.000	1.002	0.052
		6	0.051±0.002	1.23±0.037	0.089±0.002	0.366±0.012	0.009±0.000	0.995	0.052
		9	0.064±0.001	1.51±0.022	0.095±0.002	0.246±0.002	0.007±0.000	1.019	0.052
		12	0.060±0.001	1.53±0.031	0.094±0.003	0.239±0.009	0.007±0.000	1.020	0.052
		RSD 值	37.27	35.36	20.93	44.99	61.02	1.03	1.94
3	毕节市威宁县小海镇	初始值	0.010±0.000	0.42±0.012	0.026±0.001	0.481±0.013	0.017±0.001	0.691	0.029
		1	0.015±0.000	0.63±0.008	0.033±0.001	0.371±0.017	0.014±0.000	0.689	0.030
		3	0.027±0.000	0.87±0.015	0.046±0.002	0.240±0.004	0.007±0.000	0.681	0.029
		6	0.033±0.001	1.19±0.031	0.052±0.001	0.101±0.004	0.005±0.000	0.703	0.030
		9	0.039±0.001	1.22±0.028	0.054±0.002	0.071±0.001	0.004±0.000	0.690	0.030
		12	0.040±0.001	1.21±0.033	0.052±0.001	0.066±0.002	0.004±0.000	0.681	0.029
		RSD 值	46.07	37.14	26.43	78.49	68.65	1.18	1.86
4	安康市白河县冷水镇	初始值	0.028±0.001	0.49±0.013	0.052±0.001	0.591±0.011	0.033±0.001	0.845	0.058
		1	0.034±0.000	0.57±0.009	0.063±0.002	0.542±0.017	0.026±0.001	0.837	0.056
		3	0.047±0.002	0.89±0.021	0.086±0.002	0.372±0.012	0.017±0.001	0.831	0.059
		6	0.055±0.002	1.17±0.017	0.099±0.003	0.243±0.009	0.010±0.000	0.844	0.058
		9	0.062±0.001	1.39±0.035	0.106±0.003	0.135±0.003	0.007±0.000	0.847	0.058
		12	0.065±0.002	1.42±0.027	0.112±0.003	0.131±0.004	0.004±0.000	0.859	0.058
		RSD 值	30.79	40.79	28.05	59.56	68.94	1.14	1.32

移而下降；而槲皮素-3-芸香糖苷-7-葡萄糖苷、芦丁和山奈酚-3-O-芸香糖苷为糖苷类黄酮含量随着时间推移而上升；槲皮素和山奈酚 2 种苷元相对标准偏差（RSD 值）均小于 5%，表明其含量在不同贮存时间无明显变化。结果说明苦荞麦在贮存过程中，黄酮苷元类成分会逐渐转化为糖苷类黄酮，其黄酮苷元的总量无明显变化。

2.3 苦荞麦加工过程中黄酮类成分含量变化

表 4 为苦荞脱壳前后的黄酮类成分含量，其

中编号 1~3 为西昌市滋元食品有限公司苦荞麦样品（表 5 同），4~6 为云南大初食品有限公司苦荞麦样品。结果表明，苦荞麦在脱壳加工为苦荞米的过程中，黄酮苷元 C4 和 C5 的含量明显降低，而糖苷类黄酮 C1~C3 含量明显增加；将 5 种黄酮类成分折算成槲皮素和山奈酚 2 种苷元，RSD 值均小于 5%，表明其含量无明显变化。说明苦荞麦在脱壳加工为苦荞米的过程中，黄酮苷元类成分会转化为糖苷类黄酮，其黄酮苷元的总量无明显

表 4 苦荞麦加工过程中黄酮类成分含量变化  
Table 4 Changes in flavonoid contents during the processing of tartary buckwheat %

样品编号 Sample number	处理 Treatment	C1	C2	C3	C4	C5	苷元含量 Content of aglycone	
							槲皮素 Quercetin	山奈酚 Kaempferol
1	脱壳前	0.057±0.002	1.07±0.013	0.075±0.003	0.319±0.012	0.032±0.001	0.871	0.068
	脱壳后	0.067±0.001	1.65±0.027	0.132±0.002	0.015±0.000	0.003±0.000	0.858	0.067
	RSD 值	11.40	30.16	38.94	128.72	115.20	1.06	1.63
2	脱壳前	0.027±0.001	0.65±0.031	0.049±0.001	0.582±0.025	0.044±0.001	0.914	0.067
	脱壳后	0.070±0.001	1.75±0.040	0.125±0.005	0.022±0.001	0.006±0.000	0.916	0.067
	RSD 值	62.69	64.82	61.77	131.12	105.29	0.11	0.75
3	脱壳前	0.069±0.002	1.45±0.024	0.117±0.003	0.273±0.004	0.005±0.000	1.018	0.061
	脱壳后	0.072±0.002	1.87±0.037	0.112±0.003	0.025±0.006	0.004±0.000	0.979	0.058
	RSD 值	3.01	17.89	3.09	117.69	14.63	2.76	3.93
4	脱壳前	0.037±0.002	0.89±0.036	0.075±0.001	0.443±0.009	0.016±0.000	0.898	0.052
	脱壳后	0.042±0.002	1.70±0.041	0.101±0.002	0.017±0.001	0.003±0.000	0.875	0.052
	RSD 值	8.95	44.23	20.89	130.97	96.84	1.84	0.11
5	脱壳前	0.047±0.001	0.94±0.032	0.087±0.002	0.357±0.008	0.018±0.000	0.841	0.060
	脱壳后	0.062±0.002	1.65±0.044	0.122±0.003	0.014±0.000	0.003±0.000	0.855	0.061
	RSD 值	19.46	38.77	23.68	130.75	107.26	1.20	1.34
6	脱壳前	0.050±0.002	1.25±0.037	0.082±0.002	0.347±0.006	0.014±0.000	0.985	0.053
	脱壳后	0.072±0.002	1.83±0.026	0.101±0.002	0.021±0.000	0.003±0.000	0.955	0.051
	RSD 值	25.50	26.63	14.68	125.28	94.28	2.21	2.24

变化。量，结果表明，苦荞麦在蒸制后，不含黄酮苷元

表 5 为未脱壳苦荞麦样品蒸制前后黄酮类含 C4 和 C5，而糖苷类黄酮 C1~C3 含量明显增加；

表 5 苦荞麦蒸制后黄酮类成分含量  
Table 5 The contents of flavonoids in tartary buckwheat after steaming %

样品编号 Sample number	处理 Treatment	C1	C2	C3	C4	C5	苷元含量 Content of aglycone	
							槲皮素 Quercetin	山奈酚 Kaempferol
1	蒸制前	0.057±0.002	1.070±0.013	0.075±0.003	0.319±0.012	0.032±0.001	0.871	0.068
	蒸制后	0.066±0.002	1.690±0.027	0.136±0.002	0.000	0.0000	0.862	0.066
	RSD 值	10.35	31.77	40.88	141.42	141.42	0.70	3.10
2	蒸制前	0.027±0.001	0.650±0.031	0.049±0.001	0.582±0.025	0.044±0.001	0.914	0.067
	蒸制后	0.073±0.002	1.800±0.045	0.134±0.005	0.000	0.0000	0.920	0.065
	RSD 值	65.05	66.38	65.69	141.42	141.42	0.41	2.98
3	蒸制前	0.069±0.002	1.450±0.024	0.117±0.003	0.273±0.004	0.005±0.000	1.018	0.061
	蒸制后	0.077±0.003	1.970±0.032	0.125±0.003	0.000	0.0000	1.005	0.060
	RSD 值	7.75	21.50	4.68	141.42	141.42	0.87	1.11

将 5 种黄酮类成分折算成槲皮素和山奈酚 2 种苷元，RSD 值均小于 5%，表明其含量基本无变化。结果说明苦荞麦在蒸制过程中，黄酮苷元类成分完全转化为糖苷类黄酮，黄酮苷元的总量无变化，推测苦荞麦脱壳加工为苦荞米是在蒸熟过程中发生了黄酮苷元类成分转化为糖苷类黄酮的反应。

## 2.4 5 种黄酮类成分电子舌滋味分析

由图 2 可知，5 种黄酮类成分在苦味、涩味、后苦味、后涩味以及酸味上有一定差异，其中 C4 和 C5 的苦味、涩味、后苦味以及后涩味值均高于 C1~C3，酸味值则是前者低于后者。结果说明苦荞麦中的黄酮苷元类成分的苦味和涩味值高于糖苷类黄酮。

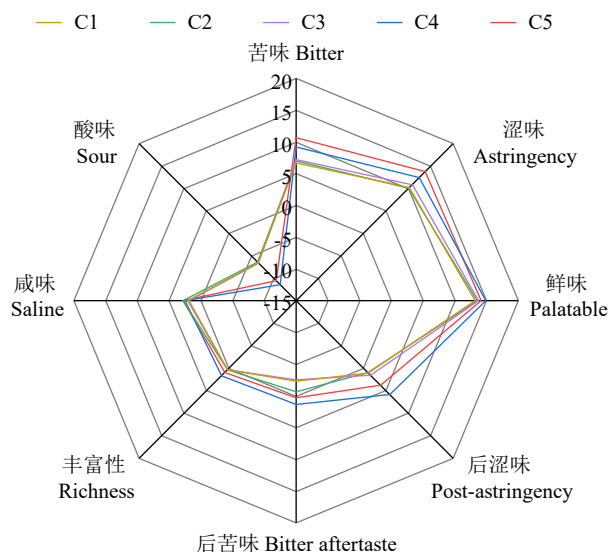


图 2 5 种黄酮类成分滋味轮廓图

Fig.2 Taste contour map of five flavonoids contents

## 2.5 苦荞麦中黄酮类成分 $\alpha$ -葡萄糖苷酶抑制活性对比

由图 3 可知，5 种黄酮类成分对 $\alpha$ -葡萄糖苷酶的抑制活性有较大差异，其中 C4~C5 随着样品浓度的增加，对 $\alpha$ -葡萄糖苷酶的抑制活性也随之增加，阳性对照阿卡波糖、槲皮素和山奈酚抑制 $\alpha$ -葡萄糖苷酶活性的半抑制浓度 ( $IC_{50}$ ) 分别为 9.23、0.15 和 0.16 mg/mL，槲皮素和山奈酚的 $\alpha$ -葡萄糖苷酶抑制活性明显高于阳性对照阿卡波糖。而 C1~C3 在该浓度范围内则对 $\alpha$ -葡萄糖苷酶几乎无抑制活性。结果表明，苦荞麦的 5 种黄酮类成分中，苷元类黄酮槲皮素和山奈酚的 $\alpha$ -葡萄糖苷酶抑制活性明显高于糖苷类黄酮槲皮素-3-芸香糖苷-7-

葡萄糖苷、芦丁和山奈酚-3-O-芸香糖苷。

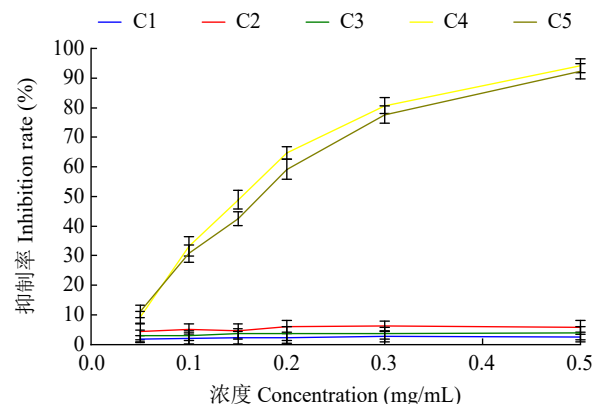


图 3 苦荞中黄酮类成分 $\alpha$ -葡萄糖苷酶抑制活性对比

Fig.3 Comparison of  $\alpha$ -glucosidase inhibitory activity of flavonoids in tartary buckwheat

## 3 讨论

苦荞麦作为一种重要的杂粮作物，除含有较丰富的淀粉、蛋白质、维生素、微量元素和膳食纤维等营养物质外<sup>[1-2]</sup>，还含有其他谷物所欠缺的生物活性成分<sup>[3-8]</sup>，而黄酮类物质是其主要的生物活性成分，主要包含槲皮素、山奈酚及其糖苷类成分（如芦丁、槲皮素-3-芸香糖苷-7-葡萄糖苷、山奈酚-3-O-芸香糖苷等）<sup>[26-28]</sup>，具有多种生理功能。因此，苦荞麦不仅可用于普通食品，还具有保健食品开发前景<sup>[29]</sup>。本研究对新成熟苦荞及其贮存加工过程中 5 种黄酮类成分含量进行测定，新成熟苦荞麦中黄酮苷元类成分（槲皮素和山奈酚）含量相对较高，而在贮存以及苦荞米蒸熟加工过程中，则会转化为糖苷类黄酮（槲皮素-3-芸香糖苷-7-葡萄糖苷、芦丁和山奈酚-3-O-芸香糖苷）。本文对苦荞麦中 5 种黄酮类成分的滋味和 $\alpha$ -葡萄糖苷酶抑制活性进行研究，黄酮苷元类成分（槲皮素和山奈酚）的苦味及涩味值高于糖苷类黄酮（槲皮素-3-芸香糖苷-7-葡萄糖苷、芦丁和山奈酚-3-O-芸香糖苷），同时 $\alpha$ -葡萄糖苷酶抑制活性也是前者也高于后者。本研究结果表明，苦荞麦在新成熟时，黄酮苷元类成分含量相对较高，其苦味和涩味比较突出， $\alpha$ -葡萄糖苷酶抑制活性较高；而随着贮存时间的延长以及苦荞米的加工，黄酮苷元类成分转化为糖苷类黄酮，糖苷类黄酮的苦味和涩味减弱， $\alpha$ -葡萄糖苷酶抑制活性较弱。

因此，本研究结果可以对苦荞加工利用提供

参考, 如以苦荞粉、苦荞面、苦荞饼和苦荞沙琪玛等普通食品食用, 可延长苦荞麦的贮存时间。以脱壳后的苦荞米进行加工食用, 可降低黄酮苷元的含量, 从而减少苦味和涩味等不良滋味; 以苦荞茶、苦荞酒、苦荞胶囊等功能性食品应用, 新成熟苦荞麦中黄酮苷元含量较高, 其生物活性强, 因此可以新成熟苦荞麦为原料进行加工利用。本文在研究滋味和 $\alpha$ -葡萄糖苷酶抑制活性时, 以 5 种黄酮类成分标准品作为研究对象, 不能完全推断苦荞麦不同贮存时间的滋味和生物活性, 下一步将进行不同贮存时间苦荞麦和加工后的苦荞米的滋味及生物活性研究, 对本文研究内容和结论进行验证。

## 4 结论

对苦荞麦贮存及加工过程 5 种黄酮类成分含量进行测定及分析, 并对 5 种黄酮类成分的滋味和 $\alpha$ -葡萄糖苷酶抑制活性进行研究。苦荞麦在新成熟时, 黄酮苷元类成分含量相对较高, 黄酮苷元类成分的苦味和涩味相对比较突出,  $\alpha$ -葡萄糖苷酶抑制活性较高; 而随着贮存时间的延长以及苦荞米的加工, 黄酮类苷元类成分转化为糖苷类黄酮, 糖苷类黄酮的苦味和涩味减弱,  $\alpha$ -葡萄糖苷酶抑制活性较弱。结果表明, 延长苦荞麦的贮存时间可减少苦味, 脱壳后的苦荞米可作为普通食品的原料; 新成熟苦荞麦为原料可以进行功能性食品的加工利用。

### 参考文献

- [1] 赵钢, 唐宇, 王安虎. 苦荞的成分功能研究与开发应用. 四川农业大学学报, 2017, 19(4): 355-358, 368.
- [2] 任长忠, 陈庆富, 李洪有, 等. 苦荞种植资源评价及遗传育种研究展望. 西北植物学报, 2023, 43(7): 1251-1260.
- [3] 吴立根, 屈凌波, 王岸娜, 等. 荞麦营养功能特性及相关食品开发研究进展. 粮油食品科技, 2018, 26(3): 41-44.
- [4] Gimenez-Bastida J A, Zielenski H. Buckwheat as a functional food and its effects on health. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2015, 63(36): 7896-7913.
- [5] Li S Q, Zhang Q H. Advances in the development of functional foods from buckwheat. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 2001, 41(6): 451-464.
- [6] 张波波. 基于 AMPK 通路的 D-手性肌醇改善血管内皮功能紊乱机制研究. 杨凌: 西北农林科技大学, 2017.
- [7] 朱瑞雪. HPLC-FLD 检测荞麦中 D-荞麦碱的方法研究. 杨凌: 西北农林科技大学, 2017.
- [8] Yang W, Su Y, Dong G Q, et al. Liquid chromatography-mass spectrometry-based metabolomics analysis of flavonoids and anthraquinones in *Fagopyrum tataricum* L. Gaertn. (tartary buckwheat) seeds to trace morphological variations. Food Chemistry, 2020, 331: 127354.
- [9] Zhong L Y, Lin Y J, Wang C, et al. Chemical profile, antimicrobial and antioxidant activity assessment of the crude extract and its main flavonoids from tartary buckwheat sprouts. Molecules, 2022, 27(2): 374.
- [10] Park B I, Kim J, Lee K, et al. Flavonoids in common and tartary buckwheat hull extracts and antioxidant activity of the extracts against lipids in mayonnaise. Journal of Food Science and Technology, 2019, 56(5): 2712-2720.
- [11] Peng W P, Wang N, Wang S M, et al. Effect of co-treatment of microwave and exogenous L-phenylalanine on the enrichment of flavonoids in Tartary buckwheat sprouts. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2023, 103(4): 2014-2022.
- [12] 李丹, 肖刚, 丁霄霖. 苦荞黄酮抗氧化作用的研究. 无锡轻工大学学报, 2001, 20(1): 44-47.
- [13] 姚佳, 靳杭, 贾健斌. 苦荞黄酮及其生理功能的研究进展. 食品科技, 2014, 39(10): 194-197.
- [14] 胡建平, 张忠, 姚翠. 苦荞保健面包的研制. 食品工业, 2006(6): 21-22.
- [15] 辛力, 肖华志, 胡肖松. 苦荞麦苦味物质与呈色物质的鉴定. 杂粮作物, 2004, 24(2): 86-87.
- [16] 从李霞. 多糖修饰脂质体对掩蔽鞣素苦味的研究. 南京: 南京林业大学, 2023.
- [17] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典一部. 北京: 中国医药科技出版社, 2020: 370.
- [18] 王玉, 张继斌, 陈志元, 等. 一种苦荞提取物的鉴别方法: 202010564543.1. 2020-08-14.
- [19] Li C S, Yang D Q, Li L H, et al. Comparison of the taste mechanisms of umami and bitter peptides from fermented mandarin fish (*Chouguiyu*) based on molecular docking and electronic tongue technology. Food & Function, 2023, 14(21): 9671-9680.
- [20] Kumar D, Kumar H, Vedasiromoni J R, et al. Bio-assay guided isolation of  $\alpha$ -glucosidase inhibitory constituents from *Hibiscus mutabilis* leaves. Phytochemical Analysis, 2012, 23(5): 421-425.
- [21] 陈勇, 张晴. 羟基黄酮的药理学研究近况. 中草药, 1998, 29(8): 569-570.
- [22] 刘诗平, 陈尚猛, 朱卫东. 鞣素及其衍生物的生物活性研究进展. 中草药, 1991, 22(4): 182-184.
- [23] 章洁琼, 邹军, 卢扬, 等. 不同荞麦品种主要功能成分分析及评价. 种子, 2020, 39(2): 107-112.
- [24] 王迪, 邓放, 李阳倩, 等. UPLC-QQQ/MS 法分析比较不同品种苦荞麦代表性成分含量. 粮食与油脂, 2021, 34(9): 63-64.
- [25] 张玉玮, 李洁, 袁勇, 等. 苦荞籽粒芦丁降解酶的纯化、酶学性质及部分一级结构分析. 生物工程学报, 2017, 33(5): 796-807.
- [26] 朱瑞, 高南南, 陈健民. 苦荞麦的化学成分和药理作用. 中国野生植物资源, 2003, 22(2): 7-9.
- [27] Mitsuru W, Yasuo O, Tojiro T. Antioxidant compounds from buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) Hulls. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 1997, 45: 1039-1044.
- [28] 甄云鹏. 苦荞壳中黄酮类化合物提前、纯化与其组分分离、测定. 成都: 成都理工大学, 2007.
- [29] 闫文杰, 段昊, 吕燕妮, 等. 苦荞在我国保健食品中的应用进展. 食品科技, 2021, 46(6): 55-60.

## Study on the Flavonoids Content Changes and Utilization Guidance in Storage and Processing of Tartary Buckwheat

Xu Lang<sup>1,2</sup>, Wang Yu<sup>1,2</sup>, Wang Xiangru<sup>3</sup>, Li Hongjun<sup>1</sup>, Tang Wan<sup>1</sup>, Wang Bingqing<sup>1,2</sup>,  
Yang Qiang<sup>1</sup>, Zhang Fan<sup>1,2</sup>, Chen Zhiyuan<sup>1,2</sup>, Zhou Meiliang<sup>3</sup>

(<sup>1</sup>Hubei Provincial Key Laboratory for Quality and Safety of Traditional Chinese Medicine Health Food (Jin Brand Co., Ltd.), Daye 435100, Hubei, China; <sup>2</sup>Jin Brand Chizhengtang Pharmaceutical Co., Ltd., Huangshi 435000, Hubei, China; <sup>3</sup>Institute of Crop Sciences, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China)

**Abstract** Flavonoids are the main bioactive components in tartary buckwheat. The purpose of this article is to test the content of five flavonoids in the storage and processing of tartary buckwheat, and study the taste and biological activity of five flavonoids. The results showed that the content of flavonoid aglycones was relatively high when tartary buckwheat was newly mature, and its bitterness and astringency were relatively prominent, but the  $\alpha$ -glucosidase inhibitory activity was higher. With the extension of storage time and the processing of tartary buckwheat grain, flavonoid aglycones were converted into glycoside flavonoids, and the bitterness and astringency of glycoside flavonoids were weakened, but the  $\alpha$ -glucosidase inhibitory activity was weak. In summary, prolonging the storage time of tartary buckwheat, or the dehulled tartary buckwheat grain can be used as the raw material of ordinary food. The processing and utilization of functional food can be carried out with new mature tartary buckwheat as raw material.

**Key words** Tartary buckwheat; Flavonoids; Taste; Bitterness; Astringency;  $\alpha$ -glucosidase