

高温加热豆浆对其异黄酮成分的影响

解晚晴,吕玉翠,孔祥珍,华欲飞

(江南大学 食品学院/食品科学与技术国家重点实验室,江苏 无锡 214122)

摘要:对不同加热条件下处理豆浆的异黄酮成分、总酚含量以及 DPPH 自由基清除率的变化进行了研究。结果表明:在所设置的处理条件下,当加热时间相同时,随着加热温度的升高,异黄酮总量随之增大;在相同的加热温度下随着加热时间的延长,异黄酮总量亦呈现增大的趋势,同时,异黄酮糖苷含量、异黄酮苷元含量、3 种异黄酮系列的含量(大豆苷系列、黄豆黄素系列以及染料木素系列)以及 DPPH 自由基清除率均呈现相似的变化趋势。总酚含量和异黄酮含量之间存在一定的正相关性。

关键词:豆浆;加热;异黄酮;总酚

中图分类号:TS201.1

文献标识码:A

文章编号:1000-9841(2014)01-0062-04

Effect of Heat Treatment on Soy Isoflavones in Soy Milk

XIE Wan-qing, LYU Yu-cui, KONG Xiang-zhen, HUA Yu-fei

(State Key Laboratory of Food Science and Technology, School of Food Science and Technology, Jiangnan University, Wuxi 214122, China)

Abstract: This research investigated the effects of heat treatment on isoflavones composition, total phenolic content, and DPPH free radical scavenging activity of soymilk. The results showed that the experiment set under the condition of recognition processing, while holding the time of heating, the total content of isoflavones increase with the increasing heating temperature. Furthermore, when holding the temperature, the total content of isoflavones showed a significant trend of increase when the time of heating was longer. Additionally, the total glucosides, aglycones, the three isoflavone series (daidzein series, glycitein series and genistein series) and DPPH free radical scavenging activity showed the similar trends. There was a positive correlation between the total phenolic content and the total content of isoflavones.

Key words: Soymilk; Heat; Isoflavone; Total phenolics

大豆异黄酮作为常见的植物雌激素,具有抑制酪氨酸激酶活性、降低总胆固醇和低密度脂蛋白水平以及预防妇女绝经综合征及骨质疏松症等功效。目前认为异黄酮降低癌症和心血管疾病的风险主要是由于其抗氧化活性^[1-2]。

食品加工和贮藏条件会较大幅度地影响异黄酮的稳定性、结构以及生物活性^[3]。豆浆作为人们日常生活的一种饮品,在其制备过程中需要进行必要的加热处理,来消除胰蛋白酶抑制剂等不良因子。但关于加热对豆浆中异黄酮产生的影响,目前研究很少。因此本文对不同加热条件下制备的豆浆中异黄酮成分的变化进行了研究,以期进一步了解加热处理对豆浆品质的影响,并为开发高品质豆浆奠定一定的理论基础。

1 材料与方法

1.1 材料与设备

1.1.1 原料与试剂 大豆(市售);DPPH(BR, SIG-MA-ALDRICH);盐酸、甲醇、无水乙醇、碳酸钠等均

为国产分析纯。

1.1.2 主要设备 打浆机, Philips, HR 2870/00; HH-SA 型恒温油浴锅, 金坛市天瑞仪器有限公司; UV-2100 型紫外可见分光光度计, 龙尼柯(上海)仪器有限公司; HITACHI 型液相; AB204-N 型分析天平, 梅特勒-托利多仪器(上海)有限公司; LGJ-18 冷冻真空干燥机, 北京四环科学仪器厂有限公司; 90 型磁力搅拌器, 上海沪西分析仪器厂有限公司。

1.2 试验方法

1.2.1 冷水磨浆 将 30 g 大豆经去离子水浸泡 8 h 后滤干, 添加 440 mL 去离子水, 利用打浆机进行磨浆。

1.2.2 热水磨浆 将 75 g 大豆添加 1 100 mL 去离子水, 利用豆浆机进行磨浆。

1.2.3 豆浆的热处理 将热水磨浆法制备的豆浆注入特制不锈钢细管中, 并在前期感官评定实验的基础上对豆浆做后续处理。其处理条件为: 在 100℃ 处理 8 min; 105℃ 分别处理 5, 10, 15, 20 min; 110℃ 分别处理 5, 10, 15, 20 min; 120℃ 分别处理 5,

收稿日期:2013-06-08

基金项目:国家自然科学基金(31201380);江苏省自然科学基金(BK2011151);江南大学食品科学与技术国家重点实验室开放课题资助课题(SKLF-ZZB-201202)。

第一作者简介:解晚晴(1992-),女,学士,主要从事植物蛋白科学与技术研究。E-mail:jucx356@hotmail.com。

10,15,20 min;130℃ 分别处理 1,3,5 min。不锈钢细管的两端用球阀式开关控制,由于特制细管壁薄且表面积大,因此可在热交换介质中具有高的热交换速率。该不锈钢细管配备有特定的压力表和温度表,可以实时监测加热情况,确保不同条件的热处理的进行。达到预定加热时间后,立即将不锈钢管从油浴锅中移出至冰水浴中冷却。热处理后的样品冷冻干燥后备用。

1.2.4 总酚含量的测定 准确称取 1.0 g 豆浆样品分散于 20 mL 80% 酒精溶液提取 2 h,4 000 r·min⁻¹ 离心 15 min,吸取上清液 1 mL,定容至 10 mL 备用。

采用 Folin-Ciocalteu 法测定^[4],以没食子酸(GA)为标准物,绘制的多酚标准曲线公式如下: $Y=0.020\ 0X+0.012\ 1(R^2=0.999\ 3)$,其中 Y 代表反应液在 765 nm 处吸光度 OD 值, X 代表反应液对应的没食子酸浓度($\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$)。

豆浆样品中的多酚含量以每克豆浆粉中没食子酸的当量数来表示,即 $\text{mg GAE}\cdot\text{g}^{-1}$ 。

1.2.5 异黄酮含量的测定 准确称取 2.0 g 豆浆样品,分散于 2.0 mL 0.1 mol·L⁻¹ 盐酸和 10 mL 乙腈中,室温下搅拌 2 h。滤纸过滤,收集滤液,旋干溶剂(温度低于 30℃)。将干样本重新溶解于 10 mL 80% 甲醇溶液(高效液相色谱级),0.45 μm 滤膜过滤,冷藏备用。

采用色谱柱 YMC-Pack ods-am-303 (250 × 4.6 mm)进行定量分析,检测波长为 254 nm。

以标准品黄豆苷、黄豆黄苷、染料木苷、大豆苷、黄豆黄素、染料木素(选定的 6 种异黄酮标样)作为对照,测定豆浆样品中的异黄酮含量^[5]。

1.2.6 DPPH·清除率的测定 准确移取 10 $\text{mg}\cdot\text{mL}^{-1}$ 浓度的豆浆溶液 2 mL,加入 2 mL 无水乙醇配制的 DPPH·溶液,使得 DPPH·终浓度为 0.1 $\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ 。振摇混匀后置暗室静置 30 min,于 517 nm 处测定吸光度。按下式计算:

$$\text{DPPH}\cdot\text{清除率}(\%)=\left(1-\frac{A_x-A_{x0}}{A_0}\right)\times 100$$

其中, A_x 为加入样品溶液和 DPPH·后的吸光度; A_{x0} 为样品溶液本底的吸光度; A_0 为 DPPH·和蒸馏水的吸光度。

1.3 数据分析

使用 Hitachi Model D-2000 Elite Chromatography Date Station Software HPLC System Manager Version 2.0进行数据处理与分析。

2 结果与分析

2.1 不同加热处理条件下豆浆的异黄酮含量分析

如表 1 所示,冷水磨浆及热水磨浆处理的样品,其异黄酮含量均较低。热水磨浆制备的豆浆经不同加热处理后,其黄豆苷和染料木苷含量显著增大,黄豆黄苷有所增加,大豆苷元含量降低,黄豆黄素和染料木素含量无明显变化规律。

表 1 不同热处理条件下制备的豆浆的异黄酮成分含量

Table 1 The content of isoflavones in soybean milk under different heat treatment conditions($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)

处理方法 Treatment method	黄豆苷 Daidzin	黄豆黄苷 Glycitin	染料木苷 Genistin	大豆苷元 Daidzein	黄豆黄素 Glycitein	染料木素 Genistein
冷水磨浆 Grinding soybean milk with cold water	6.31	1.35	34.97	12.79	7.26	21.93
热水磨浆 Grinding soybean milk with hot water	2.64	1.34	0.41	26.07	13.34	4.19
100℃-8 min	69.57	14.30	88.45	4.95	8.66	4.56
105℃-5min	68.13	13.50	83.76	4.21	9.07	3.62
105℃-10min	86.02	16.76	105.97	4.67	11.79	4.19
105℃-15min	103.44	20.43	124.25	5.95	14.57	5.21
105℃-20min	103.58	20.56	125.55	6.08	14.69	5.32
110℃-5min	188.70	21.05	203.38	13.26	24.96	11.10
110℃-10min	219.21	21.66	234.47	13.63	34.35	12.49
110℃-15min	243.12	24.52	260.80	15.72	37.07	13.82
110℃-20min	243.55	23.22	261.01	12.53	46.49	11.95
120℃-5min	189.17	23.50	206.27	12.66	29.82	10.89
120℃-10min	245.00	26.81	270.76	14.43	48.48	12.72
120℃-15min	272.49	28.07	299.90	13.39	65.57	12.02
120℃-20min	333.11	29.80	352.71	14.82	84.44	15.04
130℃-1min	165.11	33.98	198.44	10.19	34.16	8.98
130℃-3min	180.93	35.66	219.43	10.22	50.20	9.20
130℃-5min	215.65	43.02	262.23	12.11	58.16	10.83

图 1 所示为不同异黄酮系列的含量随热处理条件的变化。此处大豆苷系列包括黄豆苷和大豆苷, 黄豆黄素系列包括黄豆黄素和黄豆黄苷, 染料木素系列包括染料木素和染料木苷。由图 1 可知, 染料木素系列和大豆苷系列的含量受热处理条件的影响较大, 尤其在 120℃ 条件下, 随着加热时间的变化

非常显著。

热处理条件对异黄酮糖苷和苷元含量的影响见图 2。总体来说, 异黄酮糖苷的含量随热处理条件的变化比较显著。异黄酮糖苷含量的增大, 可能是由于乙酰基葡萄糖苷、丙二酰基葡萄糖苷等在加热条件下转变为葡萄糖苷所致。

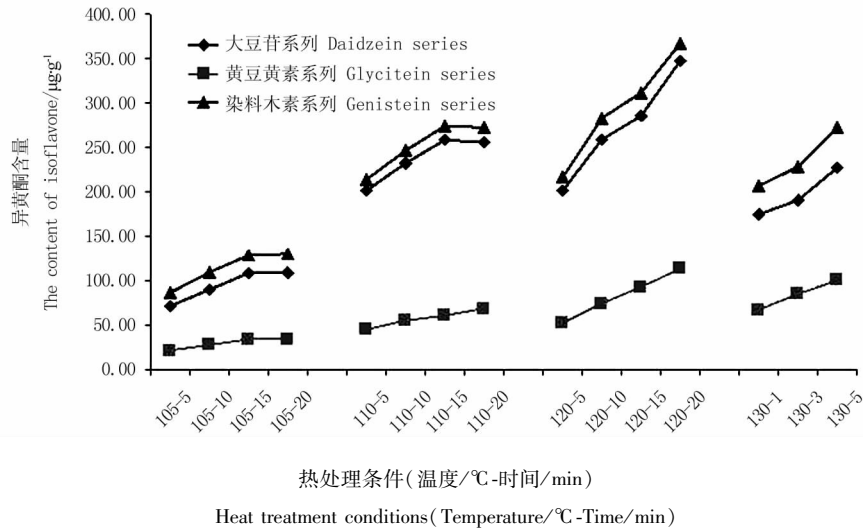


图 1 不同异黄酮系列的含量随热处理条件的变化

Fig. 1 The content of different series of isoflavones varies with the change of heat treatment conditions

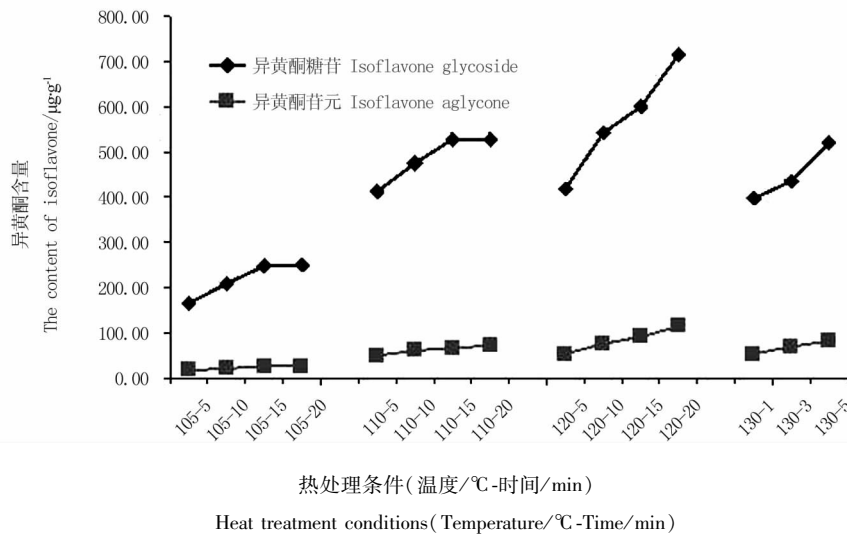


图 2 异黄酮糖苷和苷元的含量随热处理条件的变化

Fig. 2 The content of isoflavone glycoside along with the change of heat treatment conditions

2.2 不同加热处理条件下豆浆中的异黄酮的总含量、总酚含量以及 DPPH 自由基清除率

由表 2 可知, 在相同温度下, 随着加热时间的延长。异黄酮总量随之增大。在相同时间下, 随着加热温度的升高, 异黄酮总量亦随之增大。加热处理条件对总酚含量的影响, 与其对异黄酮总量的影响类似。如图 3 所示, 总酚含量和异黄酮总量之间呈现一定的正相关性 ($y = 0.667x + 1.507$, 其中 y 代表

总酚含量 $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$, x 代表异黄酮总量 $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$)。

对不同加热处理条件下制备的豆浆的 DPPH 自由基清除率也进行了考察。结果发现, 冷水磨浆和热水磨浆样品的 6 种异黄酮总量和总酚含量均较低, DPPH 自由基清除率分别为 52.3% 和 55.4%。不同加热处理条件下制备的豆浆的 DPPH 自由基清除率在 50.4% ~ 61.0% 范围内变化。

表 2 加热处理制备的豆浆的 6 种异黄酮的总含量、总酚含量以及 DPPH 自由基清除率

Table 2 Six kinds of total isoflavones, total phenolic content and DPPH free radical scavenging activity of soymilk with heat treatment

处理方法 Treatment method	6 种异黄酮总量 Total content of six isoflavones / $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$	总酚含量 Total phenolic content / $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$	DPPH 自由基清除率 DPPH free radical scavenging activity/%
冷水磨浆 Grinding soya-bean milk with cold water	84.61	1.07	52.3
热水磨浆 Grinding soya-bean milk with hot water	48.00	1.48	55.4
100℃-8min	190.49	1.66	54.0
105℃-5min	182.27	1.62	54.8
105℃-10min	229.39	1.71	55.5
105℃-15min	273.85	1.73	57.9
105℃-20min	275.77	1.76	60.0
110℃-5min	462.46	1.79	51.6
110℃-10min	535.82	1.87	50.4
110℃-15min	595.04	1.88	53.3
110℃-20min	598.75	1.93	54.3
120℃-5min	472.30	1.78	60.4
120℃-10min	618.21	1.82	55.7
120℃-15min	691.44	1.99	57.2
120℃-20min	829.92	2.11	61.0
130℃-1min	450.86	1.78	58.4
130℃-3min	505.64	1.81	57.9
130℃-5min	602.00	1.95	59.8

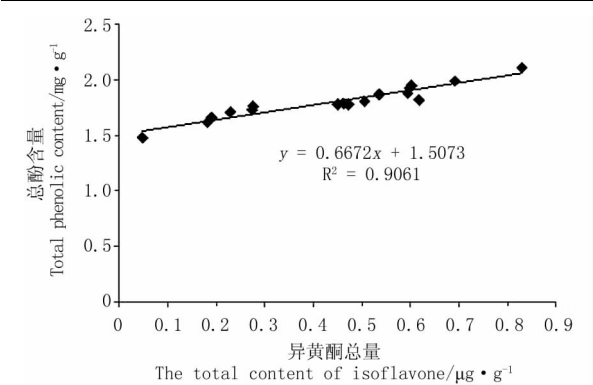


图 3 总酚含量与异黄酮含量变化的关系

Fig.3 The diagram between the total phenolic content and total isoflavone content

3 结 论

热处理条件对豆浆中的异黄酮成分有显著的影响。当加热时间相同时,随着加热温度的升高,异黄酮总量随之增大;在相同的加热温度下随着加热时间的延长,异黄酮总量亦呈现增大的趋势,同时,异黄酮糖苷含量、异黄酮苷元含量、3 种异黄酮系列的含量(大豆苷系列、黄豆黄素系列以及染料木素系列)以及 DPPH 自由基清除率均呈现相似的变化趋势。总酚含量和异黄酮含量之间存在一定的正相关性。

参考文献

[1] Omoni A, Aluko R. Soybean foods and their benefits: potential mechanisms of action[J]. Nutrition Reviews, 2005, 63: 272-283.

[2] Lee J, Renita M, Fioritto R J, et al. Isoflavone characterization and antioxidant activity of Ohio soybeans [J]. Journal of Agricultural Food Chemistry, 2004, 52: 2647-2651.

[3] Grun I, Adhikari K, Li C, et al. Changes in the profile of genistein, daidzein, and their conjugates during thermal processing of tofu [J]. Journal of Agricultural Food Chemistry, 2001, 49: 2839-2843.

[4] Singleton V L, Rossi J A. Colorimetry of total phenolic with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents [J]. American Journal of Enology and Viticulture, 1965, 16: 144-158.

[5] Xu B J, Chang S K C. A comparative study on phenolic profiles and antioxidant activities of legumes as affected by extraction solvents [J]. Journal of Food Science, 2007, 72: 159-166.

[6] Nakamura Y, Tsuji S, Tonogai Y. Determination of the levels of isoflavonoids in soybeans and soy-derived foods and estimation of isoflavonoids in the Japanese daily diet [J]. Journal of AOAC International, 2000, 83: 635-650.

[7] Xu B J, Chang, Sam K C. Isoflavones, flavan-3-ols, phenolic acids, total phenolic profiles, and antioxidant capacities of soy milk as affected by ultrahigh-temperature and traditional processing methods [J]. Journal of Agricultural Food Chemistry, 2009, 57 (11): 4706-4717.