

不同预处理对低温脱脂豆粕中大豆 β -伴球蛋白功能性质的影响

吴伟¹, 蔡勇建¹, 梁盈¹, 林亲录¹, 邓克权², 华欲飞³

(1. 中南林业科技大学食品科学与工程学院, 湖南长沙 410004)

(2. 中粮东海粮油工业有限公司, 江苏张家港 215634) (3. 江南大学食品学院, 江苏无锡 214122)

摘要: 采用新鲜低温脱脂豆粕、干热处理脱脂豆粕和溶剂浸提脱脂豆粕为原料制备大豆 β -伴球蛋白, 研究预处理对低温脱脂豆粕残余脂质含量和脂肪氧合酶酶活以及制备大豆 β -伴球蛋白功能性质的影响。干热处理对低温脱脂豆粕中残余脂质含量无显著影响, 但可使得脂肪氧合酶酶活下降 7.69%; 溶剂浸提使得低温脱脂豆粕中残余脂质含量和脂肪氧合酶酶活分别下降 98.08% 和 96.12%, 表明溶剂浸提可显著抑制低温脱脂豆粕中脂质过氧化反应的发生。干热处理低温脱脂豆粕使得制备大豆 β -伴球蛋白溶解性、持水性、持油性、乳化性、起泡性以及凝胶性质变差, 溶剂浸提低温脱脂豆粕可改善制备大豆 β -伴球蛋白溶解性、持水性、持油性、乳化性、起泡性和凝胶性质。这一研究结果为改善大豆蛋白功能性质提供前期研究基础。

关键词: 低温脱脂豆粕; 大豆 β -伴球蛋白; 功能性质; 蛋白质氧化

文章编号: 1673-9078(2014)8-25-30

Effect of Pretreatment of Defatted Soybean Meal on Functional Properties of β -conglycinin

WU Wei¹, CAI Yong-jian¹, LIANG Ying¹, LIN Qin-lu¹, DENG Ke-quan², HUA Yu-fei³

(1. School of Food Science and Engineering, Central South University of Forestry and Technology, Changsha 410004, China) (2. COFCO Eastocean Oils and Grains Industries Co. Ltd., Zhangjiagang 215634, China) (3. School of Food Science and Technology, Jiangnan University, Wuxi 214122, China)

Abstract: Soybean β -conglycinin was prepared from fresh defatted soybean meal, dry-heat treated defatted soybean meal and solvent extraction of defatted soybean meal. The effects of pretreatment on residual lipid content, lipoxigenase activity of defatted soybean meal and the functional properties of prepared soybean β -conglycinin were investigated. Dry-heat treatment did not result in significant changes in residual lipid content; however, lipoxigenase activity decreased by 7.69%. Solvent extraction treatment led to a significant decrease in the residual lipid content and lipoxigenase activity by 98.08% and 96.12%, respectively, indicating that solvent extraction could significantly inhibit lipid peroxidation of defatted soybean meal. Dry-heat treatment also caused a decrease in solubility, water-holding capacity, oil-holding capacity, emulsifying properties, foaming properties, and gelling properties of the prepared soybean β -conglycinin. These functional properties of soybean β -conglycinin showed an improvement when defatted soybean meal was treated with solvent extraction. These results provide a preliminary basis to improve the functional properties of soybean protein.

Key words: defatted soybean meal; soybean β -conglycinin; functional properties; protein oxidation

大豆蛋白因具有多种独特的功能性质而广泛用于食品工业中, 大豆蛋白功能性质的发挥是由基于分子

收稿日期: 2014-02-27

基金项目: 公益性行业(农业)科研专项(201303071); 国家自然科学基金(13201319)

作者简介: 吴伟(1981-), 男, 博士, 副教授, 研究方向: 粮食、油脂与植物蛋白工程

通讯作者: 邓克权(1976-), 男, 博士, 工程师, 研究方向: 粮食、油脂与植物蛋白工程

结构基础上蛋白质内在的理化性质所决定的。由于蛋白质变性程度较低, 低温脱脂豆粕在食品工业中常用于生产大豆蛋白。低温脱脂豆粕中一般含有 1% 左右的残留脂质以及活力较高的脂肪氧合酶, 在低温脱脂豆粕贮藏和制备大豆蛋白过程中, 脂肪氧合酶可催化低温脱脂豆粕中残留脂质发生脂质过氧化反应, 形成的脂质过氧化产物可通过自由基转移和共价修饰两种途径改变大豆蛋白结构, 造成大豆蛋白氧化, 影响大豆蛋白的功能性质^[1-3]。

对低温脱脂豆粕进行预处理可改变低温脱脂豆粕中残余脂质含量和脂肪氧合酶酶活,进而影响制备大豆蛋白的氧化程度和功能性质。目前报道主要采用干热处理和溶剂浸提预处理低温脱脂豆粕,重点研究低温脱脂豆粕预处理对制备大豆分离蛋白凝胶性质的影响^[4-6],而忽略了大豆蛋白其他功能性质,大豆蛋白在食品工业中的应用还与溶解性、乳化性、起泡性等凝胶性之外的功能性质密切相关。大豆蛋白主要包括大豆球蛋白和 β -伴球蛋白,大豆 β -伴球蛋白占大豆总蛋白质含量的37%,大豆 β -伴球蛋白具有良好的乳化特性,是影响大豆蛋白功能特性的重要组分^[7]。本文以新鲜低温脱脂豆粕为原料,采用干热处理和溶剂浸提两种方法预处理低温脱脂豆粕,研究预处理对低温脱脂豆粕残余脂质含量和脂肪氧合酶酶活以及制备大豆 β -伴球蛋白功能性质的影响,为改善大豆蛋白功能性质以及深入研究大豆蛋白构效关系提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 原料与试剂

新鲜低温脱脂豆粕(真空包装,贮藏时间<7 d),山东万德福实业集团;其他试剂均为分析纯,购于国药集团上海化学试剂公司。

1.2 主要仪器与设备

CR21G 高速冷冻离心机,日本日立公司;FA25 高剪切乳化机,上海弗鲁克流体机械制造有限公司;LGJ-18 型冷冻干燥机,北京四环科学有限公司;UV-2100 紫外可见分光光度计,尤尼科上海有限公司;TA-XT2i 质构仪,英国 Stable Micro Systems 公司;AR1000 流变仪,美国 TA 仪器公司。

1.3 试验方法

1.3.1 干热处理低温脱脂豆粕

参考 Kong 等^[5]方法制备高温处理脱脂豆粕,新鲜低温脱脂豆粕粉碎过 80 目筛,随后置于 60 °C 烘箱中处理 24 h (处理厚度为 2 mm),取出冷却后放入密封袋中 4 °C 密封保存。

1.3.2 溶剂浸提脱脂豆粕

参考 Huang 等^[1]方法制备溶剂浸提脱脂豆粕,新鲜低温脱脂豆粕粉碎过 80 目筛后用乙醇和正己烷混合浸出(脱脂豆粕:95%乙醇:正己烷=1:4:2),浸提温度为 20 °C,浸提 2 h 后 3000 g 离心 30 min,收集沉淀,采用 95%乙醇二次浸出沉淀,料液比为 1:5,浸提温度 20 °C,浸提 1 h 后 3000 g 离心 30 min,收集沉淀

并真空干燥,最后将豆粕置于 80 °C 烘箱中处理 30 min (处理厚度为 2 mm),取出冷却后放入密封袋中 4 °C 密封保存。

1.3.3 脱脂豆粕脂肪含量的测定

采用氯仿-甲醇提取法测定脱脂豆粕中脂肪含量。

1.3.4 脱脂豆粕中脂肪氧合酶酶活的测定

取 2 g 豆粕加去离子水搅拌使其充分溶解,定容至 25 mL 后在 4 °C 条件下 5000 g 离心 20 min,收集上清液并用去离子水稀释 50 倍得到稀释酶液。取 0.3 mL 稀释酶液与 2 mL 亚油酸乳状液(2.24×10^{-3} mol/L 亚油酸分散于含 0.5 μ L/mL 吐温-20 的 0.1 mol/L, pH 9.0 的硼酸缓冲液)混匀后置于 30 °C 水浴锅中,反应 3 min 后加 5 mL 无水乙醇终止反应,测定 234 nm 下的吸光度。以 1 min 内稀释酶液-亚油酸乳状液反应体系在 234 nm 的吸光度增加 0.001 作为一个酶活单位 (U)。

1.3.5 制备大豆 β -伴球蛋白

参考邓克权等^[8]优化的工艺条件以新鲜低温脱脂豆粕、干热处理脱脂豆粕和溶剂浸提脱脂豆粕为原料制备大豆 β -伴球蛋白。将豆粕按 1:15 的料液比与水混合,用 2 mol/L NaOH 溶液将其 pH 值调至 8.5。搅拌 1 h 后在 15 °C 条件下 14000 g 离心 30 min,收集上清液并加入 β -巯基乙醇使之浓度达 9.5×10^{-3} mol/L,用 2 mol/L HCl 调 pH 至 6.4,4 °C 条件下静置 12 h 后离心 (7500 g, 20 min, 4 °C),收集上清液并加入 NaCl 使之浓度达 0.25 mol/L,用 2 mol/L HCl 调 pH 值至 5.0,搅拌 1 h 后离心 (14000 g, 30 min, 4 °C),收集上清液并加入 2 倍体积的去离子水,用 2 mol/L HCl 调 pH 值至 4.86,搅拌 1 h 后离心 (7500 g, 20 min, 4 °C),得富含大豆 β -伴球蛋白的沉淀,将沉淀分散于去离子水中并用 2 mol/L NaOH 溶液将其 pH 值调至 7.0,透析去盐后冷冻干燥。

1.3.6 溶解性的测定

将大豆 β -伴球蛋白样品分散于去离子水中,磁力搅拌 1 h 后在室温条件下 10000 g 离心 30 min。随后采用微量凯氏定氮法测定上清液中可溶解氮含量,蛋白质的溶解性表示为可溶解氮与样品中总氮的百分比。

1.3.7 持水性和持油性的测定

称取 0.20 g 大豆 β -伴球蛋白样品于离心管中,记录此时离心管和蛋白的合重 W_1 ,缓慢加入 4.00 g 去离子水或 4.00 g 大豆油,漩涡震荡待蛋白充分分散后在室温条件下静置 5 h,10000 g 离心 30 min 后将水或油倒出,记录离心管、蛋白及水(或油)的总重量为 W_2 (W_3),持水性或持油性用被吸附水或油的质量和蛋白质质量之比计算,公式为:

$$\text{持水性}/\% = \frac{W_2 - W_1}{0.2} \times 100\%$$

$$\text{持油性}/\% = \frac{W_3 - W_1}{0.2}$$

1.3.8 乳化性及其稳定性的测定

参考 Chen 等^[9]方法, 将蛋白样品溶解于去离子水中, 调整蛋白浓度为 1 mg/mL。取 1 mg/mL 蛋白溶液 15 mL 与 5 mL 大豆油混合放入 100 mL 烧杯中, 于 13500 r/min 均质 2 min 后取样。取 20 μ L 大豆 β -伴球蛋白-大豆油乳液与 5 mL 0.1% 的十二烷基硫酸钠溶液均匀混合, 以 0.1% 的十二烷基硫酸钠溶液为空白, 在 500 nm 处测定吸光值(记为 A_0)。乳液静置 30 min 后采用相同的方法测定乳液吸光值(记为 A_{30})。

乳化性计算公式:

$$\text{EAI}(\text{m}^2/\text{g}) = \frac{2 \times 2.303 \times A_0 \times N}{C \times j \times 10000}$$

乳化稳定性计算公式如下:

$$\text{ESI}(\text{min}) = \frac{A_0}{A_0 - A_{30}} \times 30$$

注: N: 稀释倍数 (250); C: 样品溶解液中蛋白质浓度 (0.001 g/mL); φ : 油相所占的分数 (0.25)。

1.3.9 起泡能力及其稳定性的测定

参考 Elkhaliifa 等^[10]方法, 将蛋白样品溶解于去离子水中, 调整蛋白浓度为 1 mg/mL。取 1 mg/mL 蛋白溶液 100 mL 置于 500 mL 烧杯中, 17500 r/min 均质 2 min, 记录均质后泡沫高度记为 V_0 , 静置 30 min 后再次记录泡沫高度, 记为 V_{30} 。

起泡能力计算公式:

$$\text{起泡能力}/\% = \frac{V_0 - 100}{100} \times 100\%$$

泡沫稳定性计算公式:

$$\text{泡沫稳定性}(\%) = \frac{V_{30} - 100}{V_0 - 100} \times 100\%$$

1.3.10 凝胶硬度的测定

将大豆 β -伴球蛋白样品溶解于去离子水中, 调整蛋白浓度为 12% 并装于 25 mL 的烧杯中, 真空脱气后盖上保鲜膜, 将烧杯置于 95 $^{\circ}$ C 的水浴中保温 30 min, 冰浴冷却至室温后在 4 $^{\circ}$ C 条件下保存 24 h, 室温陈化 30 min 后采用质构仪测定凝胶的硬度, 选用直径 10 mm 的圆柱状平头冲头, 设定前进速度为 2 mm/s, 冲压速度为 1 mm/s; 后撤速度为 2 mm/s, 冲压深度为 10 mm, 一次测定过程中探头下压两次, 每个样品重复三次测定, 硬度是第一次压缩时的最大峰值。

1.3.11 凝胶流变性质的测定

将大豆 β -伴球蛋白样品溶于去离子水中, 调整蛋

白浓度至 12%, 真空脱气后选择直径 40 mm、0 $^{\circ}$ 的平板并设定狭缝距离为 1 mm 测定, 板间完全充满蛋白溶液, 平板顶部涂上硅油防止水分蒸发。温度扫描: 起始温度 25 $^{\circ}$ C, 以 2 $^{\circ}$ C/min 升温至 95 $^{\circ}$ C, 在 95 $^{\circ}$ C 条件下保温 30 min, 再以 2 $^{\circ}$ C/min 降温至 25 $^{\circ}$ C, 整个过程设置角频率为 0.63 rad/s, 固定形变为 0.01, 测定整个过程的 G' (储能模量), G'' (耗损模量) 等参数; 频率扫描: 温度扫描结束后, 保持 25 $^{\circ}$ C, 固定形变 0.01, 扫描频率从 0.1 到 10 Hz, 测定整个过程的 G' , G'' 等参数。

2 结果与分析

2.1 预处理对脱脂豆粕残余脂质含量和脂肪氧合酶酶活的影响

表 1 三种脱脂豆粕残余脂质含量和脂肪氧合酶酶活

Table 1 Residual lipid content and lipoxygenase activity of three

kinds of defatted soybean flour

低温脱脂豆粕	脂质含量/%	脂肪氧合酶活/(U/mL)
新鲜低温脱脂豆粕	5.21 \pm 0.08 ^b	2.73 \times 10 ⁵ \pm 12.33 ^c
干热处理脱脂豆粕	5.16 \pm 0.09 ^b	2.52 \times 10 ⁵ \pm 10.34 ^b
溶剂浸提脱脂豆粕	0.10 \pm 0.006 ^a	1.06 \times 10 ⁴ \pm 5.87 ^a

注: 同一栏中的相同字母表示在 $P \geq 0.05$ 水平上没有明显差异, 下同。

三种脱脂豆粕残余脂质含量和脂肪氧合酶酶活如表 1 所示。干热处理对低温脱脂豆粕残余脂质含量无显著影响, 干热处理可使得脂肪氧合酶酶活显著下降, 降幅为 7.69%, 这是由于低温脱脂豆粕中脂肪氧合酶热稳定性较高^[3], 表明干热处理不能有效抑制低温脱脂豆粕中脂肪氧合酶催化的脂质过氧化反应。溶剂浸提使得低温脱脂豆粕中残余脂质含量和脂肪氧合酶酶活显著下降, 两者下降幅度分别为 98.08% 和 96.12%, 说明溶剂浸提可显著抑制低温脱脂豆粕中脂质过氧化反应的发生。

2.2 预处理对大豆 β -伴球蛋白溶解性、持水性和持油性的影响

三种脱脂豆粕制备大豆 β -伴球蛋白溶解性、持水性和持油性如表 2 所示, 溶剂浸提脱脂豆粕制备大豆

β -伴球蛋白溶解性、持水性和持油性最高,干热处理脱脂豆粕制备大豆 β -伴球蛋白溶解性、持水性和持油性最低。这是由于溶剂浸提可显著抑制脱脂豆粕残余脂质过氧化反应的发生,制备的大豆 β -伴球蛋白氧化程度最低;干热处理虽然能使得脂肪氧合酶酶活显著下降,但一方面酶活下降幅度较小,仅为7.69%,另一方面长时间的高温贮藏也可加快残余脂质氧化反应和蛋白质氧化反应^[3],所以干热处理脱脂豆粕制备的大豆 β -伴球蛋白氧化程度最高。蛋白质氧化是蛋白质分子在氧化应激环境下出现的共价结构修饰,大豆蛋白在脂质过氧化产物的作用下可共价交联形成不可溶性聚集体^[1-2],使得大豆蛋白溶解性和脂质结合能力下降,导致大豆 β -伴球蛋白溶解性、持水性和持油性下降。

表2 三种脱脂豆粕制备大豆 β -伴球蛋白溶解性、持水性和持油性

Table 2 Solubility, water holding capacity, and oil-absorbing capacity of β -conglycinin of three kinds of defatted soybean flour

制备大豆 β -伴球蛋白原料	溶解性 /%	持水性 /%	持油性 /%
新鲜低温脱脂豆粕	86.61±0.84 ^b	521.00±7.21 ^b	354.00±10.54 ^b
干热处理脱脂豆粕	73.97±0.69 ^a	375.67±7.77 ^a	286.67±12.01 ^a
溶剂浸提脱脂豆粕	92.10±0.56 ^c	596.33±8.74 ^c	393.00±7.55 ^c

2.3 预处理对大豆 β -伴球蛋白乳化性及其稳定性的影响

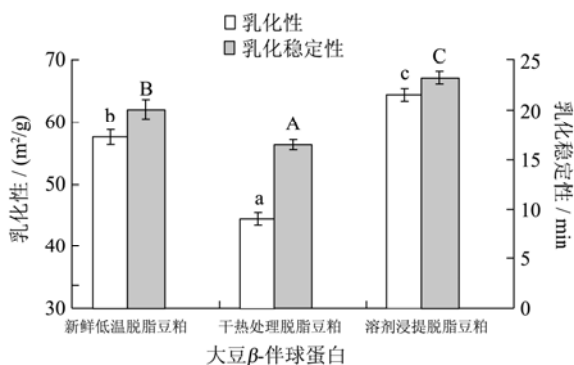


图1 脱脂豆粕预处理对大豆 β -伴球蛋白乳化性和乳化稳定性的影响

Fig.1 Effect of pretreatment of defatted soybean flour on emulsifying properties of β -conglycinin

注:同一柱状图中的相同字母表示在 $P \geq 0.05$ 水平上没有

明显差异,下同。

脱脂豆粕预处理对大豆 β -伴球蛋白乳化性及其稳定性的影响如图1所示,三种脱脂豆粕制备大豆 β -伴球蛋白乳化性和乳化稳定性的排序为:干热处理脱脂豆粕<新鲜低温脱脂豆粕<溶剂浸提脱脂豆粕,表明大豆 β -伴球蛋白乳化性和乳化稳定性随着蛋白质氧化程度的增加而下降,与李艳青等^[11]采用羟自由基氧化鳕鱼肌原纤维蛋白乳化性和乳化稳定性变化趋势一致。这是由于脂质过氧化产物诱导的蛋白质氧化可导致大豆蛋白二硫键含量下降和形成不可溶聚集体,蛋白质氧化破坏大豆蛋白结构的完整性,氧化后的大豆蛋白不能形成稳定的界膜,蛋白质分子较难结合到油-水界面上,从而使得乳化性及乳化稳定性下降。

2.4 预处理对大豆 β -伴球蛋白起泡能力和泡沫稳定性的影响

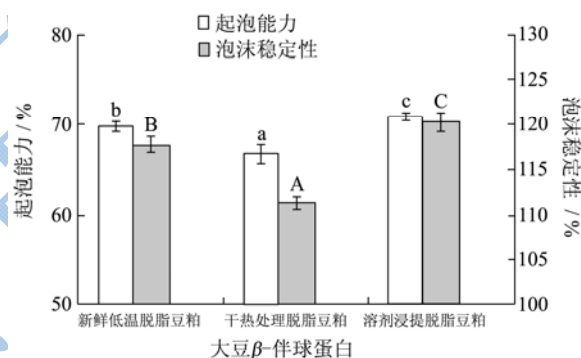


图2 脱脂豆粕预处理对大豆 β -伴球蛋白起泡能力和泡沫稳定性的影响

Fig.2 Effect of pretreatment of defatted soybean flour on foaming properties of β -conglycinin

三种脱脂豆粕制备大豆 β -伴球蛋白起泡能力和泡沫稳定性如图2所示,干热处理脱脂豆粕制备大豆 β -伴球蛋白起泡能力和泡沫稳定性最差,溶剂浸提脱脂豆粕制备大豆 β -伴球蛋白起泡能力和泡沫稳定性最好,表明随着蛋白质氧化程度的增加,大豆 β -伴球蛋白起泡能力和泡沫稳定性下降。这是由于大豆蛋白的起泡能力和泡沫稳定性与可溶性蛋白含量和稳定性有关,只有稳定性较高的可溶性蛋白才能在气-液界面充分展开,并形成空气不能渗透且具有黏性和弹性的连续蛋白膜,前期研究表明脂质过氧化产物诱导的蛋白质氧化可导致大豆蛋白溶解性和稳定性下降^[12],因此以干热处理脱脂豆粕和新鲜低温脱脂豆粕为原料制备大豆 β -伴球蛋白起泡能力和泡沫稳定性较差。

2.5 预处理对大豆 β -伴球蛋白凝胶硬度和凝

胶流变性质的影响

三种脱脂豆粕制备大豆β-伴球蛋白凝胶硬度见图3所示, 三种脱脂豆粕制备大豆β-伴球蛋白凝胶硬度的排序为: 干热处理脱脂豆粕<新鲜低温脱脂豆粕<溶剂浸提脱脂豆粕, 这是由于干热处理增加大豆蛋白氧化程度, 而溶剂浸提降低大豆蛋白氧化程度^[3,6], 大豆蛋白质氧化伴随着二硫键含量的下降^[1-2], 而二硫键是维持大豆蛋白凝胶强度最重要的作用力之一。

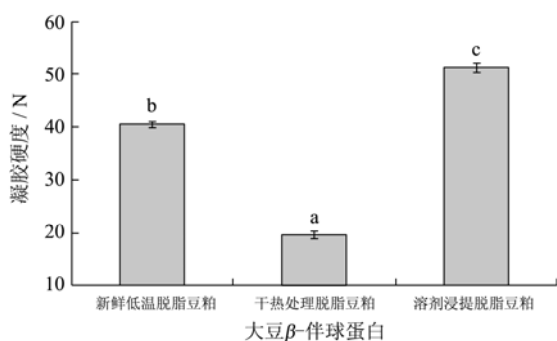


图3 脱脂豆粕预处理对大豆β-伴球蛋白凝胶硬度的影响
Fig.3 Effect of pretreatment of defatted soybean flour on gel hardness of β-conglycinin

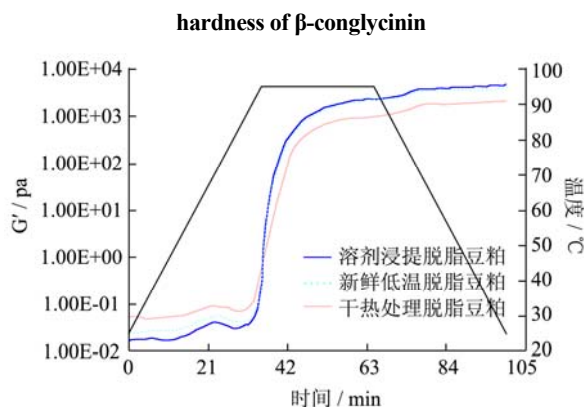


图4 大豆β-伴球蛋白凝胶形成过程中G'随加热时间与温度的变化曲线

Fig.4 Storage moduli (G') change as heating time and temperature change during β-conglycinin gel formation of three kinds of defatted soybean flour

图4是三种脱脂豆粕制备大豆β-伴球蛋白凝胶形成过程中G'随加热时间和温度的变化曲线, 将G'第一次突变的起始温度定义为凝胶温度, 从图4可见溶剂浸提脱脂豆粕制备大豆β-伴球蛋白凝胶温度最低, 而干热处理脱脂豆粕制备大豆β-伴球蛋白凝胶温度最高, 表明溶剂浸提预处理豆粕可以改善大豆β-伴球蛋白的凝胶性, 而干热处理脱脂豆粕对大豆β-伴球蛋白凝胶性有负面影响。这是由于蛋白质氧化使得大豆蛋白分子中的活性基团(巯基、羰基以及一些疏水基团)被修饰^[1-2], 致使凝胶形成过程中大豆β-伴球蛋白亚

基之间的作用力下降。

图5是温度扫描后三种脱脂豆粕制备大豆β-伴球蛋白凝胶G'和G''随频率变化的曲线, 三种豆粕制备大豆β-伴球蛋白凝胶的G'与G''彼此平行且与频率无关, 表明三种豆粕制备大豆β-伴球蛋白均可形成典型的蛋白质凝胶。此外, 三种脱脂豆粕制备大豆β-伴球蛋白凝胶G'、G''以及G'与G''曲线之间的间距排序为: 干热处理脱脂豆粕<新鲜低温脱脂豆粕<溶剂浸提脱脂豆粕, 表明脂肪氧合酶催化的脂质过氧化反应降低了大豆β-伴球蛋白的凝胶强度。

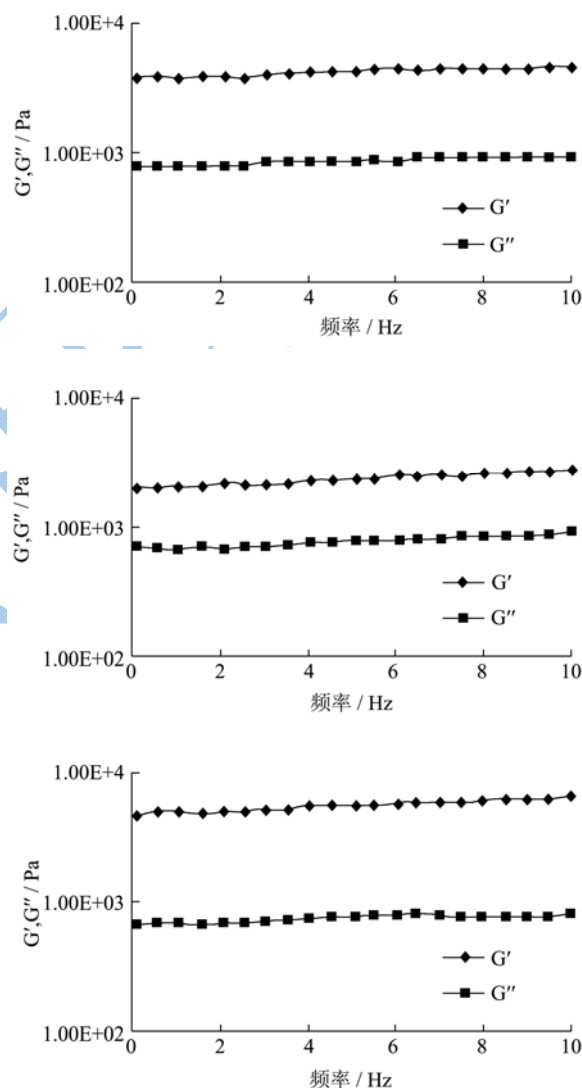


图5 大豆β-伴球蛋白凝胶G'和G''随频率变化曲线

Fig.5 G' and G'' as a function of frequency for β-conglycinin gel
注: a: 新鲜低温脱脂豆粕; b: 干热处理脱脂豆粕; c: 溶剂浸提脱脂豆粕。

3 结论

低温脱脂豆粕中脂肪氧合酶可催化残余脂质发生脂质过氧化反应, 脂质过氧化产物可诱导大豆蛋白氧

化,进而影响大豆蛋白功能性质。干热处理脱脂豆粕对脱脂豆粕中残余脂质含量无显著影响,但可小幅降低脱脂豆粕中脂肪氧合酶酶活,干热处理脱脂豆粕对制备大豆 β -伴球蛋白溶解性、持水性、持油性、乳化性、起泡性以及凝胶性质有负面影响;溶剂浸提脱脂豆粕可显著降低脱脂豆粕中残余脂质含量和脂肪氧合酶酶活,改善大豆 β -伴球蛋白的功能性质。通过控制脱脂豆粕中残余脂质含量和脂肪氧合酶酶活调控大豆蛋白功能性质还需进一步深入研究。

参考文献

- [1] Huang Y R, Hua Y F, Qiu A Y. Soybean protein aggregation induced by lipoxygenase catalyzed linoleic acid oxidation [J]. Food Research International, 2006, 39(2): 240-249
- [2] Wu W, Hua Y F, Lin Q L, et al. Effects of oxidative modification on thermal aggregation and gel properties of soy protein by peroxy radicals [J]. International Journal of Food Science and Technology, 2011, 46(9): 1891-1897
- [3] 黄友如,陈义勇,朱东兴,等.高温处理对脱脂豆粕中大豆分离蛋白结构的影响[J].中国粮油学报,2011,26(10):51-60
HUANG You-ru, CHEN Yi-yong, ZHU Dong-xing, et al. Influence of high temperature on structure of soy protein isolates prepared with defatted soy flour [J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2011, 26(10): 51-60
- [4] 王洪晶,华欲飞,嫣全.脱脂豆粕中不同脂肪氧合酶活力对大豆分离蛋白凝胶性质的影响[J].中国粮油学报,2006, 21(5):58-62
WANG Hong-jing, HUA Yu-fei, YAN Quan. Effect of different lipoxygenase activity in defatted soybean meal on gel properties of soybean protein isolate [J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2006, 21(5): 58-62
- [5] Kong X Z, Li X H, Wang H J, et al. Effect of lipoxygenase activity in defatted soybean flour on the gelling properties of soybean protein isolate [J]. Food Chemistry, 2008, 106(3): 1093-1099
- [6] Hua Y F, Huang Y R, Qiu A Y, et al. Properties of soy protein isolate prepared from aqueous alcohol washed soy flakes [J]. Food Research International, 2005, 38(3): 273-279
- [7] 龙小涛,罗东辉,赵谋明,等.高压均质对大豆 β -伴球蛋白富集组分乳化特性的影响[J].食品与发酵工业,2009,35(1):5-8
LONG Xiao-tao, LOU Dong-hui, ZHAO Mou-Ming, et al. Effect of high-pressure homogenization on emulsifying properties of soy β -conglycinin-rich fraction [J]. Food and Fermentation Industries, 2009, 35(1): 5-8
- [8] 邓克权,黄友如,华欲飞.提取条件对大豆 β -伴球蛋白(7S)得率及纯度的影响[J].中国油脂,2012, 37(12): 26-30
DENG Ke-quan, HUANG You-ru, HUA Yu-fei. Isolation of β -conglycinin (7S) effect of extraction conditions on its yield and purity [J]. China Oils and Fats, 2012, 37(12): 26-30
- [9] Chen L, Chen J S, Ren J Y, et al. Pre-treatment and controlled enzymatic hydrolysis for improved emulsifying properties [J]. Food Hydrocolloids, 2011, 25(5): 887-897.
- [10] Elkhalfi A E O, Bernhardt R. Influence of grain germination on functional properties of sorghum flour [J]. Food Chemistry, 2010, 121(2): 387-392
- [11] 李艳青,孔保华,夏秀芳,等.羟自由基氧化对鲤鱼肌原纤维蛋白乳化性及凝胶性的影响[J].食品科学,2012,33(9):31-35
LI Yan-qing, KONG Bao-hua, XIA Xiu-fang, et al. Effect of hydroxyl radical oxidation on emulsifying and gel properties of common carp (*Cyprinus carpio*) myofibrillar protein [J]. Food Science, 2012, 33(9): 31-35
- [12] 吴伟,林亲录,华欲飞.亚油酸氢过氧化物氧化修饰对大豆蛋白热变性和聚集的影响[J].中国油脂,2011,36(5):16-20
WU Wei, LIN Qin-lu, HUA Yu-fei. Effect of oxidative modification by linoleic acid hydroperoxide on the thermal denaturation and aggregation of soy protein [J]. China Oils and Fats, 2011, 36(5): 16-20