

松仁种皮成分分析及在酸奶中的应用

赵梦雅, 鞠婷, 凌秀昕, 戴悦, 赵玉红

(东北林业大学林学院, 黑龙江哈尔滨 150040)

摘要: 本研究在测定松仁种皮(松仁红衣)膳食纤维和多酚等成分含量的基础上, 将其应用于酸奶制品中, 并分析种皮的加入对酸奶理化性质及感官特性的影响。结果表明: 松仁种皮中总膳食纤维(TDF)含量为72.14%, 多酚含量为16.7 mg/g, DPPH清除率高达97.8%, 可见松仁种皮是抗氧化膳食纤维。通过单因素和正交实验确定松仁种皮酸奶的适宜工艺条件为白砂糖8.0 g/100 g, 松仁种皮粉1.9 g/100 g, 发酵剂0.1 g/100 g, 奶粉2.0 g/100 g, 在45 °C条件下发酵7 h。与未添加松仁种皮的酸奶相比, 松仁种皮酸奶的乳清析出率、持水力、滴定酸度、pH、质构特性及产品的感官接受性差异不显著($p>0.05$)。而种皮酸奶的DPPH清除率、羟自由基清除率、还原力和口感、风味和色泽等指标较对照酸奶有显著提高($p<0.05$)。将松仁种皮应用于酸奶制品中, 在提高酸奶膳食纤维含量和抗氧化活性的同时并不影响酸奶的品质。

关键词: 松仁种皮; 酸奶; 膳食纤维; 多酚; 性质

文章编号: 1673-9078(2017)7-133-140

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2017.7.020

Component Analysis of Pine Nut Skin and Its Application in Yogurt

ZHAO Meng-ya, JU Ting, LING Xiu-xin, DAI Yue, ZHAO Yu-hong

(College of Forestry, Northeast Forestry University, Harbin 150040, China)

Abstract: The contents of dietary fiber and polyphenols in pine nut skin were measured, and then pine nut skin was added to yogurt products to determine its effects on the physicochemical characteristics and sensory properties of the yogurt. The results showed that the contents of total dietary fiber and polyphenols in pine nut skin were 72.14% and 16.7 mg/g, respectively, and the 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) radical scavenging ability was up to 97.8%, suggesting that pine nut skin could be used as antioxidant dietary fiber. Through single factor and orthogonal experiments, the determined optimal process conditions to prepare pine nut skin yogurt were 7 h fermentation at 45 °C with 8.0 g/100 g sucrose, 1.9 g/100 g pine nut skin, 0.1 g/100 g starter culture, and 2.0 g/100 g milk powder. Compared to the yogurt without addition of pine nut skin, the whey precipitation rate, water holding capacity, titratable acidity, pH, and texture and product acceptance of pine nut skin yogurt did not show significant differences ($p>0.05$), whereas DPPH radical scavenging ability, hydroxyl radical scavenging ability, and reducing power, as well as taste, flavor, and color were significantly improved ($p<0.05$). The application of pine nut skin to yogurt products could increase the dietary fiber content and the antioxidant activity of yogurt, without compromising the quality.

Key words: pine nut skin; yogurt; dietary-fiber; polyphenols; properties

松仁种皮, 即松仁外表面包裹的薄皮, 又称松仁红衣。在松仁制品的加工中, 松仁种皮是加工副产物, 有关松仁种皮的加工利用和深入研究还处于初级阶段。研究表明, 松仁种皮含有膳食纤维^[1]和多酚等物质, 从松仁种皮中提取得到的多酚具有抗氧化活性^[2]。植物多酚除具有抗氧化活性^[3]外, 还具有抗肿瘤^[4]、降血脂、抗动脉硬化、防治冠心病与中风等心脑血管疾病^[5]等多种生理功能, 在食品和医药等领域起到了一定的作用^[6]。

收稿日期: 2017-04-12

基金项目: 教育部东北林业大学大学生创新训练计划项目(201610225169)

作者简介: 赵梦雅(1994-), 女, 本科, 研究方向: 功能性食品开发

通讯作者: 赵玉红(1968-), 女, 博士, 副教授, 研究方向: 功能性食品开

发

酸奶是集营养、保健和美容等作用为一体的功能食品。酸奶中的乳酸菌对胃肠道功能、肠道转运和胃肠道免疫应答有促进作用, 酸奶不仅能将牛奶中的乳糖和蛋白质分解使之易于吸收, 从而减少乳糖不耐症, 还能减弱腐败菌在肠道内产生的毒素, 减少腹泻、结肠癌、炎症性肠道疾病和其他细菌感染等的发生^[7], 进而调节肠道有益菌群平衡。随着我国经济持续高速发展, 人民的消费观念也在发生着改变, 已逐步从单纯的“补充能量, 摄取必要营养”转向“营养保健与色香味”并重。现阶段酸奶中大多添加水果、蔬菜如草莓、葡萄、凤梨和黄瓜等, 使酸奶味道甜美可口, 备受消费者青睐, 但是将红松种皮作为功能性物质在酸奶制品中进行应用尚未见报道。

本研究以松仁种皮为原料, 在分析其有效成分包

括膳食纤维含量、多酚物质含量和抗氧化活性的基础上,将其应用于酸奶制品中,并进一步研究松仁种皮加入对酸奶制品理化性质、质构特性和抗氧化性的影响,旨在开发富含抗氧化性膳食纤维的功能性酸奶制品,提高红松种皮的附加值,为松仁种皮的深加工利用提供依据。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

1.1.1 原料

松籽,黑龙江省林业科学研究所提供;发酵剂(嗜热链球菌、保加利亚乳杆菌),购自哈尔滨美华公司;牛奶、白砂糖和脱脂奶粉等为市售。

1.1.2 试剂

乙醇、苯酚、丙酮、石油醚、重铬酸钾、三羟甲基氨基甲烷、2-(4-吗啉代)烷磺酸、冰乙酸、热稳定 α -淀粉酶、淀粉葡萄糖苷酶、没食子酸标准品、福林酚试剂、铁氰化钾、磷酸盐、碳酸钠、硝酸铝和亚硝酸钠等均为国产分析纯。

1.1.3 仪器

ALC-110.4 万分之一天平深圳市泰立仪器仪表有限公司;HZQ-X100 振荡培养箱哈尔滨光明医疗仪器厂;KSW-5-12A 马弗炉温度控制器上海森信实验设备有限公司;SHB-III G 真空泵郑州长城科工贸有限公司;YP 1410047 电子天平上海佑科仪器仪表有限公司;DHG-9240 电热恒温鼓风干燥箱上海一恒科技有限公司;DK-SD 电热恒温水槽上海一恒科技有限公司;KQ-300DE 数控超声波清洗器昆明市超声仪器有限公司;722 型可见分光光度计上海光谱仪器有限公司;SW-CJ-IFD 型超净工作台;TDL-40B-W 台式低速大容量离心机上海习仁科技仪器有限公司。

1.2 方法

1.2.1 松仁种皮的制备

松仁置于45℃恒温干燥箱干燥,剥壳,去皮,得到松仁种皮,粉碎后过120目筛,密封,避光保存备用。

1.2.2 松仁种皮中各成分测定方法

- (1) 水分:采用 GB 5009.3-2010;
- (2) 灰分:采用 GB 5009.4-2010;
- (3) 蛋白质:采用 GB 5009.5-2010;
- (4) 脂肪:采用 GB/T 5009.6-2003;
- (5) 总糖:采用苯酚-硫酸法^[8];
- (6) 膳食纤维:可溶性膳食纤维(SDF)、不溶性

膳食纤维(IDF)和总膳食纤维(TDF),采用 GB/T 5009.88-2014;

(7) 多酚含量测定:采用 Folin-酚法^[2],以没食子酸作为标准品,得到没食子酸浓度($\mu\text{g}/\text{mL}$)与吸光值的标准曲线线性方程为:

$$y=0.0131x+0.0067, \text{ 相关系数 } R^2=0.9985.$$

1.2.3 DPPH 自由基清除能力测定

按照文献^[2]探究出的最佳提取工艺:乙醇浓度60%,料液比1:20,提取温度60℃,超声时间90 min,超声功率300 W。将多酚提取液稀释为1、2、4、6、8、10 mg/mL,分别测定其自由基清除能力。测定方法如下:

DPPH以无水乙醇配制成浓度为 8.7×10^{-2} mmol/L保存于棕色瓶中待用。DPPH 自由基红松种皮多酚提取物样品液吸光度(A_1)测定:用移液管分别移取一定浓度的样品液2 mL,加2 mL DPPH·乙醇溶液,充分混匀,在室温避光反应0.5 h,离心机3000 r/min离心10 min,在517 nm下测定吸光值。空白对照组 DPPH 吸光度(A_0)测定:移取2 mL 无水乙醇,加2 mL DPPH·乙醇溶液,充分混匀,在517 nm 波长处测定溶液吸光值;红松种皮提取物样品液吸光度(A_2)测定:移取同样浓度的样品液2 mL,加入2 mL 无水乙醇,混匀,同上离心,然后在517 nm 下测定吸光度,用以排除样品本身对测定结果的干扰。按照如下公式计算红松种皮多酚提取物对 DPPH 自由基的清除率:

$$S(\%) = \frac{A_0 - (A_1 - A_2)}{A_0} \times 100\%$$

式中: A_1 ,加入样品液和 DPPH·乙醇溶液后平均吸光值; A_2 ,加入样品液和无水乙醇的平均吸光值; A_0 ,只加 DPPH·乙醇溶液和无水乙醇的平均吸光值。

1.2.4 松仁种皮酸奶的研制

1.2.4.1 工艺流程

酸奶制作参照文献^[9,10]方法,具体流程如下:

市售牛乳→加入松仁种皮和适量奶粉→搅拌均匀→热处理(90~95℃,5~10 min)→冷却至发酵温度(45℃)→接种发酵剂,加适量白砂糖,恒温培养箱(45℃)发酵→4℃冷藏后熟12 h→搅拌均匀→成品。

表1 正交实验因素水平表

Table 1 Orthogonal factors

水平	发酵时间/h	糖含量/(g/100 g)	松仁种皮/(g/100 g)	发酵剂含量/(g/100 g)
1	5	6	1.9	0.09
2	6	7	2.0	0.10
3	7	8	2.1	0.11
4	8	9	2.2	0.12

1.2.4.2 松仁种皮酸奶制作工艺条件单因素实验

分别研究不同水平的种皮添加量、发酵剂剂量、发酵时间、发酵温度、加糖量、奶粉添加量对酸奶品质的影响,单位以 100 g 牛乳中添加的质量(g)计(即 g/100 g)。

1.2.4.3 松仁种皮酸奶制作工艺条件的优化

在单因素实验结果基础上,以发酵剂剂量、加糖量、

发酵时间和松仁种皮添加量为影响因素设计 $L_9(4^4)$ 正交实验^[11],参见表 1。

1.2.4.4 感官评价方法

组织 10 名评价员对酸奶进行感官评价,采用 100 分制,根据酸奶的色泽(30 分)、滋味与气味(30 分)、组织状态(40 分)进行综合评分,取平均值作为最终感官评分结果,评分表见表 2。

表 2 红松种皮酸奶百分制感官指标优化标准

Table 2 Sensory evaluation criteria

评分指标	评分标准	分数
色泽(30分)	呈均匀红棕色,颜色均匀有光泽	25~30
	呈褐色,色泽略暗淡	18~24
	呈褐色,色泽暗淡不均匀	9~17
	有绿色,黑色斑点,颜色异常	1~8
滋味与气味(30分)	具有酸牛乳固有的滋味、气味以及坚果香味,酸味和甜味比例得当	25~30
	酸甜较适宜,滋味和气味稍弱,略有涩味	18~24
	过酸或过甜或略带苦味	9~17
	异常滋味或气味	1~8
组织状态(40分)	组织细腻,凝块细小均匀滑爽,无气泡,有少量乳清析出	32~40
	组织细腻,凝块大小不均匀,无气泡,有少量乳清析出	24~31
	组织粗糙,不均匀,无气泡,有乳清析出	16~23
	组织粗糙,不均匀,有气泡,乳清析出严重	8~15
	组织粗糙,不均匀,有大量气泡,乳清析出严重,有颗粒	1~7

1.2.4.5 产品接受性和感官特征比较

组织 25 名评价员对种皮酸奶和对照酸奶(未加种皮酸奶)进行接受性检验和感官特征比较,采用九点标度法,依次是最喜欢(9)、非常喜欢、较喜欢、稍喜欢、不好也不坏、稍不喜欢、较不喜欢、非常不喜欢以及最不喜欢(1)。分别从酸奶的可接受性、气味、组织、口感和色泽进行综合评价,取平均值作为最终评分结果。

1.2.5 酸奶的性质分析

1.2.5.1 酸度的测定

根据 GB 5413.34-2010 测定。

1.2.5.2 持水力的测定

参照文献^[12],用离心管取待测样 5 mL,并测定样重 W_0 后,放入离心机,以 3000 r/min 离心 30 min 后,取出离心管静置 10 min,除去上清液,测残余物的重量 W ,酸奶持水力按下式计算:

$$\text{持水力}(\%) = (W/W_0) \times 100$$

1.2.5.3 乳清析出率的测定

参照文献^[13,14],稍作修改,在 4 °C 下,将 100 g 酸奶小心倾入 120 目过滤网的大漏斗中,用 100 mL 量筒收集沥出的乳清,收集时间为 2 h,最后对收集的乳清称重,公式为:

$$\text{乳清析出率}(\%) = \frac{\text{乳清析出量}(\text{g})}{\text{样品质量}(\text{g})} \times 100$$

1.2.6 酸奶羟自由基清除能力的测定

酸奶样品液的准备:分别准确称取酸奶 5.0 g,加 50 mL 蒸馏水稀释,混匀,放入离心机,以 3000 r/min 离心 10 min,取出离心管,静置 2 min,取上清液定容至 100 mL 备用。

在反应体系中依次加入 9×10^{-3} mol/L 的 FeSO_4 溶液 1 mL, 9×10^{-3} mol/L 的水杨酸-乙醇溶液 1 mL,及 1 mL 上述配制的酸奶样品液,最后加 6×10^{-3} mol/L 的 H_2O_2 1 mL,启动反应,37 °C 水浴中反应 0.5 h,在 510 nm 下测定各酸奶样品的吸光度^[15]。空白组以相同体积蒸馏水代替样品溶液,按下式计算样品对·OH 的清除率:

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

式中: A_0 , 空白对照液的吸光度; A_x , 加入酸奶样品液后的吸光度; A_{x0} , 不加 H_2O_2 时酸奶样品液的本底吸光度。

以 Vc 作为标准品,得到 Vc 浓度 (mg/mL) 与羟自由基清除率的关系图如下:

1.2.7 酸奶还原能力的测定

精密量取 1 mL 各酸奶样品液至试管中,加入 2.5 mL 磷酸盐缓冲液(0.2 mol/L, pH 7.4), 2.5 mL 铁氰化

钾溶液(1.0%),混合均匀后置于 50 °C 恒温水浴中保温 20 min,取出,迅速冷却,加入 2.5 mL 三氯乙酸溶液(10%),混合均匀,于 3000 r/min 离心 10 min,吸取上清液 2.5 mL 于另一试管中,加入 2.5 mL 蒸馏水和 0.5 mL 三氯化铁溶液(0.1%),混匀后静置 10 min,于 700 nm 处测定吸光度值^[15]。

1.2.8 酸奶质构分析

分别将 100 mL 酸奶置于 150 mL 玻璃杯(高约 80 mm,口径约 70 mm)中,用质构仪 R/S Plus 系列流变仪,测定条件为测试速度 10 mm/s,测试距离 80 mm 测定酸奶的质构,酸奶一式五份。

表 3 质构曲线中参数意义

Table 3 Meaning of texture curve parameters

参数	定义
硬度	曲线上的正向最大力,即下压过程中受到的最大力
黏度	力与时间形成的正峰面积
凝聚性	负向最大力,用于模拟表示样品内部粘合力
粘性指数	力与时间形成的负峰面积,反映了样品的粘着性,对返回的探头有粘着力

1.3 数据分析

采用 Excel 对数据进行分析,所得结果为平均值±标准差,用 IBM SPSS(22.0)进行单因素方差分析,差异显著性判断标准为 $p < 0.05$ 。

2 结果与分析

2.1 松仁种皮化学成分分析

对松仁种皮中化学成分进行分析,结果见表 4。

表 4 松仁种皮化学成分

Table 4 Chemical composition of pine nut skin

成分	含量/%
总膳食纤维(TDF)	72.14±0.13
不可溶性膳食纤维(IDF)	63.44±0.45
可溶性膳食纤维(SDF)	7.64±0.24
蛋白质	5.42±0.14
灰分	2.41±0.10
水分	6.75±0.01
脂肪	8.66±0.16
总糖含量	1.71±0.49
多酚含量(mg/g)	16.7±0.20

从表 4 可知,松仁种皮中最主要成分为膳食纤维,总膳食纤维含量高达 72.14%,其中不溶性膳食纤维(IDF)占 63%,可溶性膳食纤维(SDF)接近 8%。由于松仁种皮中含有大量膳食纤维成分,因此可将其作为膳食纤维补充剂。

2.2 松仁种皮多酚清除 DPPH 自由基能力结果

为确定松仁种皮是否为抗氧化膳食纤维^[16,17],本

研究测定 DPPH 自由基清除能力。目前抗氧化活性的测定方法有 DPPH 法、TEAC 法、ORAC 法、TRAP 法和 FRAP 法等^[18,19],其中清除 DPPH 活性分析方法已广泛用于抗氧化剂的筛选^[20,21]。

以 VE 作为标准品,得到 VE 浓度(mg/mL)与 DPPH 自由基清除率的标准曲线线性方程为:

$$y = 7.3521x + 2.9733, \text{ 相关系数 } R^2 = 0.9964.$$

分别测定不同浓度提取液的 DPPH 清除率,并与 VE 标准曲线进行比较,结果如下。

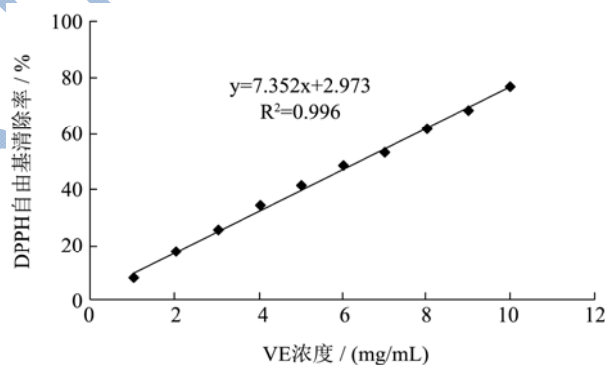


图 1 VE 对 DPPH 的清除作用

Fig.1 DPPH radical-scavenging activities of V_E

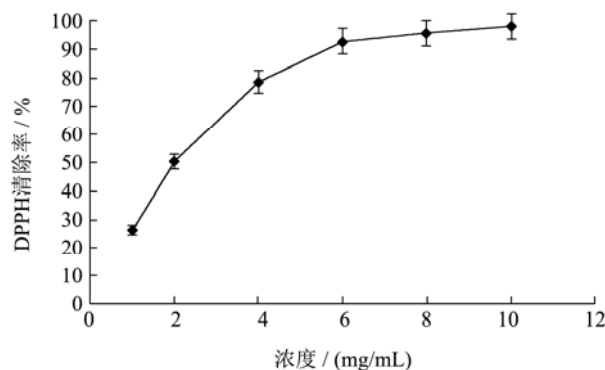


图 2 浓度对 DPPH 清除能力影响

Fig.2 Effect of concentration on DPPH scavenging ability

由图 1 和 2 可知 VE 和种皮多酚均有良好的清除 DPPH 自由基的能力, 并且清除能力随浓度的增加而增大, VE 浓度和多酚种皮分别为 6.40 mg/mL、2.00 mg/mL 以上时, DPPH 自由基清除率均超过 50%。Angela Tseng^[16]等研究得出满足自由基清除至少相当于 50 mg VE 的要求需要总酚的自由基清除能力(mg α -tocopherol equilibrium/g)为 91.78%, 本实验自由基清除能力(mg TE/g)高于 97.8%满足此要求。Saura-alixto 研究报道膳食纤维含量占原料天然组分中干物质的 50%以上, 且原料固有的天然组分具有抗氧化能力, 每克 ADF 的抗氧化能力至少相当于 200 mg VE, 自由基清除能力至少相当于 50 mg VE, 该原料被称为抗氧化膳食纤维^[14]。从结果可以看出本实验原料松仁种皮符合抗氧化膳食纤维的定义。

2.3 酸奶制备工艺条件确定

2.3.1 种皮酸奶单因素实验结果

松仁种皮添加量、发酵剂添加量、发酵时间、糖添加量、奶粉添加量和温度六个因素对酸奶的感官评分的单因素实验结果见图 3。

如图 3 所示, 种皮酸奶发酵时间与普通酸奶比较有所延长, 这与 Marta Bertolino^[13]报道酸奶中加入榛子皮后发酵时间延长为 6.5 h, 王建成等^[17]研究的酸奶中加入蓝靛果酒渣后发酵时间变为 7 h 的结果一致。加糖量为 8%时, 酸奶发酵效果较好, 与余飞等^[10]研究结果一致。通过单因素实验, 得出发酵温度及奶粉添加量对感官评分无显著影响 ($p>0.05$), 发酵剂添加量、发酵时间、加糖量和种皮添加量四个因素对感官评分有显著影响 ($p<0.05$)。因此, 设定发酵温度为 45 °C, 奶粉添加量为 2%, 在此条件下对发酵剂添加

量、发酵时间、加糖量和种皮添加量四个因素进行正交优化实验。

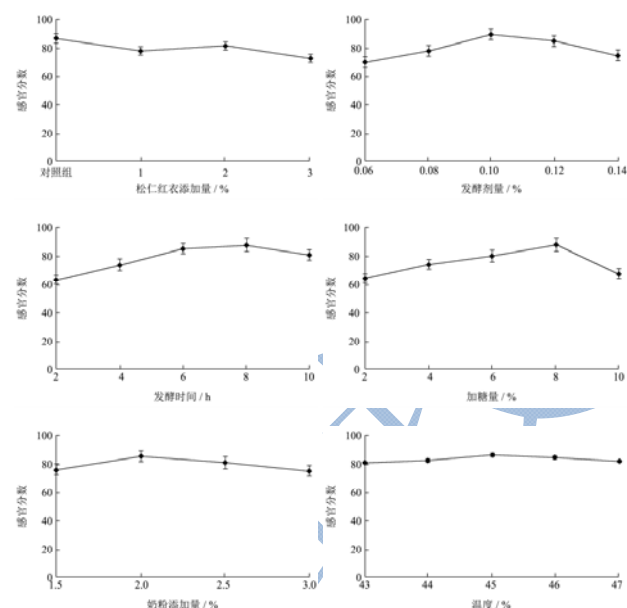


图 3 不同因素对感官评价的影响

Fig.3 Effect of different factors on the sensory evaluation

2.3.2 种皮酸奶正交实验结果分析

由表 5 和表 6 可以看出, 综合酸奶的 DPPH 清除率和感官评分, 通过显著性分析, 各因素对牛奶品质的影响顺序依次为: B>C>D>A 即加糖量对产品品质的影响最大, 其次为种皮添加量, 发酵时间影响较小。优化的工艺结果是: A3B3C1D2, 即添加白砂糖 8 g/100 g, 松仁种皮 1.9 g/100 g, 发酵剂 0.10 g/100 g, 发酵 7 h, 在此工艺条件下制备获得的酸奶和松仁种皮混合均匀, 既有酸奶应有的乳香味还带有独特的松籽香气, 无涩味, 组织状态均匀, 感官综合评价最高。

表 5 L₉(4⁴) 正交实验表

Table 5 L₉(4⁴) Orthogonal experiment table

实验号	发酵时间 A/h	加糖量 B(g/100 g)	种皮添加量 C/(g/100 g)	发酵剂 D/%	DPPH 清除率/%	感官评分
1	1 (5)	1 (6)	1 (1.9)	1 (0.09)	29.12	75.41
2	1	2 (7)	2 (2.0)	2 (0.10)	23.19	76.25
3	1	3 (8)	3 (2.1)	3 (0.11)	24.27	79.43
4	1	4 (9)	4 (2.2)	4 (0.12)	25.18	84.72
5	2 (6)	1	2	3	37.42	83.68
6	2	2	1	2	36.65	85.14
7	2	4	1	4	40.52	85.32
8	2	3	4	1	43.22	79.13
9	3 (7)	1	3	4	63.43	88.71
10	3	2	4	3	58.93	89.43
11	3	3	1	2	60.13	91.43

转下页

接上页

12	3	4	2	1	63.65	84.12
13	4 (8)	1	4	2	44.34	80.34
14	4	2	3	1	48.52	77.65
15	4	3	2	4	37.37	79.12
16	4	4	1	3	43.86	85.55
K1	101.76	174.31	169.76	184.51		
K2	157.81	167.29	161.63	168.18		
K3	246.14	164.99	176.74	164.48		
K4	174.09	173.21	171.67	162.63		
R1	144.38	9.32	15.11	21.88		
K5	315.81	328.14	337.53	316.31		
K6	333.27	328.47	323.17	333.34		
K7	353.69	329.11	331.11	338.09		
K8	322.66	339.71	333.62	337.69		
R2	37.88	11.57	14.36	21.78		

表 6 正交实验结果方差分析

Table 6 Analysis of variance for the results of orthogonal experiments

方差来源	因变数	平方和	df	平方值平方	F	显著性
修正的模型	X	2747.394	12	231.200	84.292	0.002
	R	334.844	12	27.904	6.674	0.072
截距	X	28883.003	1	28883.003	10530.289	0.000
	R	109797.793	1	109797.793	26263.187	0.000
A	X	2654.828	3	884.943	322.636	0.000
	R	204.942	3	68.314	16.340	0.023
B	X	15.329	3	5.110	1.863	0.311
	R	23.376	3	7.792	1.864	0.311
C	X	29.580	3	9.860	3.595	0.161
	R	27.579	3	9.193	2.199	0.267
7D	X	74.657	3	24.886	9.073	0.051
	R	78.946	3	26.315	6.295	0.083
错误	X	8.229	3	3.743		
	R	12.542	3	4.181		
总计	X	31665.625	16			
	R	110145.179	16			
校正后总数	X	2782.623	15			
	R	347.386	15			

表 7 松仁种皮酸奶与对照酸奶品质的比较

Table 7 Comparison of the qualities of pine nut skin yogurt with control yogurt

项目	乳清析出率 /%	持水力 /%	滴定酸度 /°T	pH	总膳食纤维 /%	DPPH 清除率 /%	羟基清除率 /%	还原力(A)
对照	14.0±0.08 ^a	75.9±0.46 ^a	105.10±0.16 ^a	4.46±0.72 ^a	0.27±0.14 ^a	36.70±0.14 ^a	36.76±0.01 ^a	0.02±0.00 ^a
种皮	13.9±0.08 ^a	75.5±0.19 ^a	105.30±0.15 ^a	4.42±0.04 ^a	4.87±0.26 ^b	60.07±0.12 ^b	60.89±0.01 ^b	0.08±0.00 ^b

注：同一列不同字母表示数据在 0.05 水平上具有显著性差异。

2.4 松仁种皮酸奶的品质分析

由表 7 可以看出松仁种皮酸奶与未添加种皮的酸奶在乳清析出、持水力、滴定酸度和 pH 方面没有显著差异($p>0.05$),说明种皮酸奶保留了原有酸奶的良好品质,口感纯正,味道爽口,酸甜适中。松仁种皮的

加入使酸奶的乳清析出和持水力有所降低,但差异不显著($p>0.05$),种皮的加入使得酸奶的组织仍然细腻,并且种皮的加入使酸奶中总膳食纤维含量、DPPH 清除率、羟基清除率和还原力有显著性提高($p<0.05$),说明红松种皮的加入在提高产品膳食纤维含量的同时赋予了酸奶抗氧化功能。

表 8 酸奶质构分析

Table 8 Texture analysis of yogurt

项目	硬度/g	黏度/(g·s)	凝聚性/g	粘性指数/g
对照酸奶	30.88±0.54 ^a	649.82±0.14 ^a	-20.05±0.04 ^a	-38.20±0.21 ^a
种皮酸奶	31.80±0.28 ^a	650.49±0.45 ^a	-20.12±0.03 ^a	-37.83±0.12 ^a

注:同一列不同字母表示数据在 0.05 水平上具有显著性差异。

从表 8 酸奶质构分析可以看出,种皮酸奶和对照酸奶在硬度、黏度、凝聚性和粘性指数方面无显著性差异($p>0.05$),说明松仁种皮的加入对酸奶的质构无显著影响。

能力,改善酸奶口感、气味和色泽的同时,对酸奶乳清析出量、持水力、滴定酸度、pH、质构特性和产品接受性没有显著影响。

2.5 产品接受性和感官特征比较

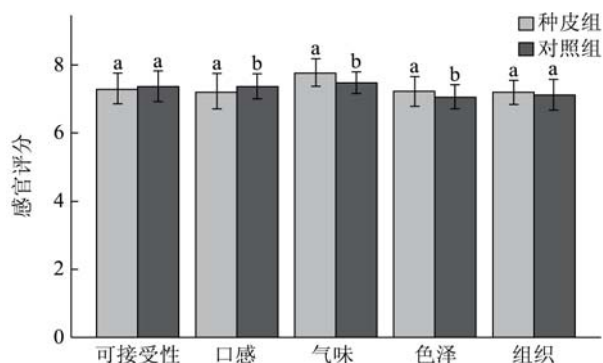


图 4 产品接受性和感官特征比较

Fig.4 Comparison of product acceptance and sensory features

注:同一方面不同字母表示数据在 0.05 水平上具有显著性差异。

图 4 显示了感官评价人员对酸奶的感官评价,在口感、气味和色泽方面种皮酸奶和对照组酸奶差异性显著($p<0.05$),可接受性和组织状态差异性不显著($p>0.05$)。从总体上看,种皮的加入使得酸奶不仅能呈现其特有的香味,并带有浓郁的坚果香气,口感更加细腻,颜色诱人,产品可接受性较好。

3 结论

松仁种皮膳食纤维含量高且具有较强的清除 DPPH 自由基的能力,可以作为抗氧化膳食纤维进行应用。松仁种皮酸奶的适宜工艺条件为白砂糖 8.0 g/100 g,松仁种皮粉 1.9 g/100 g,发酵剂 0.1 g/100 g,奶粉 2.0 g/100 g,发酵温度 45 °C,发酵时间 7 h。酸奶中松仁种皮加入在提高酸奶膳食纤维含量、抗氧化

参考文献

- [1] 何丽.坚果尽量密闭保存[J].健康管理,2013,12:20-20
HE Li. Nuts as close as possible [J]. Health Management, 2013, 12: 20-20
- [2] 张根生,侯静,张铭东,等.松仁红衣多酚的提取及体外抗氧化活性研究[J].食品工业科技,2014,35(23):252-256
ZHANG Gen-sheng, HOU Jing, ZHANG Ming-dong, et al. Research of extraction and antioxidant activity *in vitro* of polyphenols from pine nut coat [J]. Science and Technology of Food Industry, 2014, 35(23): 252-256
- [3] 王振宇,周丽萍,刘瑜.苹果多酚对小鼠脂肪代谢的影响[J].食品科学,2010,31(9):288-291
WANG Zhen-yu, ZHOU Li-ping, LIU Yu. Effect of apple polyphenol on lipid metabolism in mice [J]. Food Science, 2010, 31(9): 288-291
- [4] 姚瑞祺.植物多酚的分类及生物活性的研究进展[J].农产品加工,2011,4:99-100
YAO Rui-qi. Research progress of plant polyphenols classification and biological function [J]. Academic Periodical of Farm Products Processing, 2011, 4: 99-100
- [5] Sarriá B, Mateos R, Sierra-Cinos J L, et al. Hypotensive, hypoglycaemic and antioxidant effects of consuming a cocoa product in moderately hypercholesterolemic humans [J]. Food & Function, 2012, 3(8): 867
- [6] SokÓ Lle Towska A, Oszmian Ski J, Wojdyo A. Antioxidant activity of the phenolic compounds of hawthorn, pine and skullcap [J]. Food Chemistry, 2007, 103(3): 853-859
- [7] Mazahreh A S, Ershidat O T M. The benefits of lactic acid bacteria in yogurt on the gastrointestinal function and health

- [J]. Pakistan Journal of Nutrition, 2009, 8(9): 1404-1410
- [8] 刘志明,唐彦君,吴海舟,等. 苯酚-硫酸法测定葡萄酒中总糖含量的样品处理[J]. 中国酿造, 2011, 30(2): 158-161
LIU Zhi-ming, TANG Yan-jun, WU Hai-zhou, et al. Sample treatment for determination of total sugar content in wine by phenol-sulfuric acid method [J]. China Brewing, 2011, 30(2): 158-161
- [9] 阎军胜. 生产凝固型酸奶的质量控制[J]. 农产品加工, 2006, 5: 36-37
YAN Jun-sheng. Quality control of the production of solidified yogurt [J]. Academic Periodical of Farm Products Processing, 2006, 5: 36-37
- [10] 余飞, 陈云霞. 凝固型酸奶的发酵制作工艺研究[J]. 粮油食品科技, 2013, 21(1): 71-75
YU Fei, CHEN Yun-xia. Study on the fermentation of coagulative yogurt [J]. Grain and Oil Food Science and Technology, 2013, 21(1): 71-75
- [11] 韩立杨. 水解法降解焚烧飞灰中二噁英优化研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2014
HAN Li-yang. Optimization study on the degradation of PCDD/Fs in fly ash by hydrothermal treatment [D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2014
- [12] 谢爱英, 党亚丽, 李芳芳, 等. 不同巴氏杀菌条件对酸奶品质的影响[J]. 食品科学, 2011, 32(9): 14-17
XIE Ai-ying, DANG Ya-li, LI Fang-fang, et al. Effect of different pasteurization conditions on yogurt quality [J]. Food Science, 2011, 32(9): 14-17
- [13] Bertolino M, Belviso S, Bello B D, et al. Influence of the addition of different hazelnut skins on the physicochemical, antioxidant, polyphenol and sensory properties of yogurt [J]. LWT-Food Science and Technology, 2015, 63(2): 1145-1154
- [14] Saura-Calixto F. Antioxidant dietary fiber product: a new concept and a potential food ingredient [J]. Journal of Agricultural & Food Chemistry, 1998, 46(10): 4303-4306
- [15] 丁宁. 红松松子壳多糖的提取纯化、组成分析及抗氧化活性研究[D]. 青岛: 青岛科技大学, 2014
DING Ning. Study on extraction, purification, structure and antioxidative activity of polysaccharides from pines koraiensis pinon shell [D]. Qingdao: Qingdao University of Science & Technology, 2014
- [16] Tseng, Angela, Zhao, et al. Wine grape pomace as antioxidant dietary fibre for enhancing nutritional value and improving storability of yogurt and salad dressing [J]. Food Chemistry, 2013, 138(1): 356-65
- [17] 王建成, 彭凯乐, 张雯, 等. 蓝靛果酒渣抗氧化膳食纤维酸奶的研制及性质分析[J]. 食品工业科技, 2016, 37(23): 227-232
WANG Jian-cheng, PENG Kai-le, ZHANG Luan, et al. Preparation and properties analysis of *Lonicera* wine residue antioxidant dietary fiber yogurt [J]. Science and Technology of Food Industry, 2016, 37(23): 227-232
- [18] Wu X L, Schaich K. Standardized methods for the determination of antioxidant capacity and phenolics in foods and dietary supplements [J]. Journal of Agricultural & Food Chemistry, 2005, 53(10): 4290-4302
- [19] Schlesier K, Harwat M, Bohm V, et al. Assessment of antioxidant activity by using different *in vitro* methods [J]. Free Radical Res., 2002, 36(2): 177-187
- [20] Qin C G, Li Y, Niu W N, et al. Analysis and characterisation of anthocyanins in mulberry fruit [J]. Czech J. Food Sci., 2010, 28(2): 117-126
- [21] 熊何健, 庞杰, 烟利亚, 等. 桑葚花色苷热降解动力学及清除DPPH活性的热稳定性研究[J]. 南开大学学报, 2010, 43(5): 15-20
XIONG He-jian, PANG Jie, YAN Li-ya, et al. Study on stability of thermal degradation kinetics and DPPH scavenging activity of mulberry anthocyanin [J]. Journal of Nankai University, 2010, 43(5): 15-20