

橄榄盐胚表层析出物形成影响因素的研究

丘金辉^{1,2}, 邱建清^{1,2}, 周美龄^{1,2}, 刘清培³, 曾绍校^{*1,2}, 林少玲^{1,2}

(1. 福建农林大学 食品科学学院, 福建 福州 350000; 2. 福建省特种淀粉品质科学与加工技术重点实验室, 福建 福州 350000; 3. 福州大世界橄榄有限公司, 福建 福州 350002)

摘要: 为控制橄榄盐胚表层析出物的形成, 提高产品的感官品质, 作者从品种和盐渍条件两个方面分析了析出物形成的影响因素。首先, 分析“饶平”、“惠圆”、“长营”3个橄榄品种的主要成分及组成; 其次, 通过浊度仪研究盐渍条件对析出物形成的影响。结果表明: 3种橄榄的内容析出物的主要成分和矿质元素差异不大, 但相较于“惠圆”、“长营”等两个品种, “饶平”橄榄析出盐胚表层最多, 且多酚与可溶性蛋白质含量最高, 表皮多酚质量分数高达(2.675±0.035)%(湿重)。因此, 揭示多酚及可溶性蛋白质为盐胚表层析出物的关键前体物质。H⁺通过改变蛋白疏水性进而影响蛋白、多酚的结合, 当盐渍液初始 pH 为 2.25~2.50 时, 析出物最少; 随着食盐与焦亚硫酸钠浓度的增大, 析出物析出量下降, 可能是由于高浓度食盐降低蛋白溶解性, 而焦亚硫酸钠能保护多酚, 破坏蛋白质结构, 阻止两者结合; 高浓度 Ca²⁺与酚羟基络合形成难溶物, 当 Ca²⁺质量浓度低于 2.5g/L 时, 对析出物无影响, 超过 2.5 g/L 则对析出物有一定促进作用。调节盐渍条件能有效抑制析出物的形成。

关键词: 橄榄; 表层析出物; 盐渍

中图分类号: TS 255.41 文章编号: 1673-1689(2020)04-0064-07 DOI: 10.3969/j.issn. 1673-1689.2020.04.009

Formation of White Sediment on the Surface of Salted Chinese Olive

QIU Jinhui^{1,2}, QIU Jianqing^{1,2}, ZHOU Meiling^{1,2}, LIU Qingpei³, ZENG Shaoxiao^{*1,2}, LIN Shaoling^{1,2}

(1. College of Food Science, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350000, China; 2. Fujian Provincial Key Laboratory of Special Starch Quality Science and Processing Technology, Fuzhou 350000, China; 3. Fuzhou Dashijie Olive Co.Ltd., Fuzhou 350002, China)

Abstract: In order to control the formation of white sediment on the surface of salted Chinese olive (WSSCO), improve the product quality and promote the absorption of nutrients, the effects of two factors, variety and salting, were investigated. Three varieties, Raoping, Huiyuan and Changying, were selected and the turbidity meter was used for evaluation of the salting condition. The results showed that there were little difference for the main components and mineral elements among three varieties. Raoping had the highest contents of polyphenols and soluble protein, especially the polyphenol content in peel was (2.675 ±0.035)%(wet weight). Polyphenols and soluble protein might be the precursors of WSSCO. H⁺ could change the protein hydrophobicity to affect the combination of protein and polyphenols. When pH of salt solution was 2.25~2.50, the production of

收稿日期: 2018-11-13

基金项目: 福建省自然科学基金项目(2015N31010025)。

* 通信作者: 曾绍校(1980—), 男, 博士, 教授, 主要从事食品科学研究。E-mail: zsxfst@163.com

WSSCO was minimum. The high concentration salt could reduce the protein solubility, while sodium metabisulfite could protect polyphenols and destroy protein structure, thus preventing their combination. Therefore, with the increase of salt and sodium metabisulfite concentration, the WSSCO content decreased. The high concentration of Ca^{2+} could combine with phenolic hydroxyl to form insoluble compounds. When the Ca^{2+} concentration was below 2.5 g/L, there was no effect on WSSCO formation, while the concentration was more than 2.5 g/L, it could promote the formation of WSSCO. So, regulating saline conditions could inhibit the formation of WSSCO.

Keywords: Chinese olive, white sediment on the surface of salted, salt marsh

橄榄[*Canarium album* (Lour.) Raeusch], 也称作青果或白榄, 是著名的热带、亚热带特产果品之一^[1], 迄今已有两千多年历史。分布在中国的橄榄属植物主要有 7 种, 其中成熟果实为黄绿色的普通橄榄(福建)和果实成熟显紫黑色的乌榄(广东)^[2-3]是人工种植最多的橄榄属植物。福建省和广东省是中国橄榄的主要产区^[4], 其中福建闽侯素有“中国橄榄之乡”的美誉^[5]。橄榄蜜饯是橄榄加工的主要产品, 传统的橄榄蜜饯加工都有盐渍工序, 但自 2008 年国标规定禁止橄榄蜜饯生产中使用明矾后, 橄榄在盐渍过程中表层极易析出一层灰白色物质, 并会带入橄榄蜜饯终产品中, 严重影响产品的外观品质和消费者的购买欲望。

果蔬在加工或贮藏过程中极易产生内源性析出物, 表现形式主要为液体的沉淀析出物和固体表面附着物两种。果蔬的内源性析出物的产生, 不仅降低了产品的感官品质及商业价值, 还会影响人们对营养物质的吸收。食品中内源性析出物一直是国内外研究的重点与难点, 对食品内源性析出物的形成机理的分析研究是探索其控制技术的必不可少的环节之一。目前, 国内外关于食品中内源性析出物的相关研究主要集中在苹果、橙子、胡萝卜等常见果蔬产品析出物、茶饮料和酒类沉淀析出物等方面^[6]。有研究表明果蔬表层析出物主要是由于多酚及蛋白质等大分子相互作用引起, 而影响多酚、蛋白质相互作用的因素主要包括多酚、蛋白质浓度及种类、pH、温度、化学试剂(盐、乙醇等)、氧气等^[7-8]。

作者比较“饶平”、“惠圆”、“长营”3 种橄榄的基本化学成分、矿质元素、多酚及可溶性蛋白质含量, 分析析出物的前体物质; 进一步分析橄榄多酚及可

溶性蛋白与析出物的相关性和橄榄蜜饯盐渍过程中 pH、盐(氯化钠、氯化钙及焦亚硫酸钠)等外部环境因素对析出物形成的影响, 探究析出物(浊度)与盐渍液中多酚、可溶性蛋白的变化规律, 为控制析出物提供科学的理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

新鲜橄榄: 福建省福州大世界橄榄有限公司提供; 牛血清白蛋白: 购自 Solarbio 公司; 考马斯亮蓝 G-250: 购自 Beyotime 公司; 硫酸、焦亚硫酸钠等常规试剂均为分析纯级(AR)。

1.2 主要仪器

SX2-12-12 型马弗炉: 上海雷韵实验仪器制造有限公司产品; HR2104 型多功能搅拌机: 荷兰皇家飞利浦电子产品; SKD-2000 型自动凯式定氮仪: 上海沛欧分析仪器有限公司产品; DK-S24 型电热恒温水浴锅: 上海精宏实验设备有限公司产品; WGZ-100 型散射式光电浊度仪: 上海精密仪器厂产品; PHS-3C 型精密 pH 计: 上海雷磁仪器厂产品。

1.3 试验方法

1.3.1 橄榄样品的前处理 挑选新鲜程度和个头一致、中后期的“饶平”、“长营”、“惠圆”橄榄, 清洗, 每个品种的橄榄各自均分为两部分, 一部分去核, 只留果肉和果皮; 另一部分分离果皮与果肉后去核, 得到无皮果肉和果皮。最后分别用果蔬搅拌机破碎并做好标记置于 -20 ℃ 冰箱中冷冻保存。

1.3.2 橄榄基本化学成分的测定 橄榄水分的测定: 参照 GB5009.3-2010; 橄榄灰分的测定: 参照 GB5009.4-2010; 橄榄蛋白质的测定: 参照

GB5009.5-2010; 橄榄脂肪的测定: 参照 GB/T 5009.6-2003; 橄榄淀粉的测定: 参照 GB/T 5009.9-2008; 橄榄总酸的测定: 参照 GB/T 12456-2008; 橄榄总糖的测定 采用蒽酮比色法^[1]。

1.3.3 橄榄矿质元素的测定 用质量分数 1% 的硝酸溶液将 K、Ca、Na、Mg、Zn、Fe、Cu、Al 和 Mn 标准储备液 (1 mg/mL) 配置成 1 μ g/mL 的 K、Ca、Na、Mg、Fe 及 0.1 μ g/mL 的 Cu、Zn、Al、Ba 的混合标准液。称取 0.100 0 g 样品于消解罐, 加浓 HNO₃ 冷消解 48 h, 再微波消解完全, 用电炉蒸发至近干, 得到的消化产物用质量分数 2% 的硝酸溶解并定容于 50 mL 的聚四氟乙烯材质的容量瓶。再按上述流程做空白对照。按表 1 的 ICP-MS 的工作条件参数测定预处理后的样品。

表 1 ICP-MS 工作条件参数
Table 1 Operating condition of the ICP-MS

相关参数	数值或方式
高频发射功率	1 600 W
采样深度	7.50 mm
载气流速	0.80 L/min
等离子体氩气流量	15.0 mL/min
雾化温度	2 $^{\circ}$ C
重复扫描次数	30 次
扫描方式	跳峰

1.3.4 多酚的测定 参照王振宇等^[9]的方法, 称 1~2 g 的样品于 100 mL 三角瓶, 加入 10 倍体积的石油醚 (30~60 $^{\circ}$ C) 去色素脱脂, 再加体积分数 40% 丙酮达到 1 g:40 mL 料液质量体积比, 封口, 摇 1 min 后在超声清洗器 (100 W, 40 $^{\circ}$ C) 中处理 60 min, 取出倒出上清液并加入与第一次等体积的 40% 丙酮, 再次提取, 将两次的提取液以及未溶解的物质合并到离心管中, 常温下 4 200 r/min 离心 20 min, 将上清液稀释 50 倍, 测 765 nm 处的吸光度。根据谢倩等^[10-12]的多酚测定方法绘制没食子酸标准曲线得到样品多酚含量。

1.3.5 可溶性蛋白质的测定 称样 3~4 g, 加 25 mL 去离子水并于超声波清洗机中处理 60 min, 设置参数为 100 W, 40 $^{\circ}$ C, 倒出上清液, 再加入等量的去离子水再次提取, 将 2 次提取液和未溶解的物质一起倒入离心管, 4 200 r/min 离心 20 min, 取上清液。再吸取 0.0、0.4、0.8、1.2、1.6、2.0 mL 的 1 mg/mL 牛血清白蛋白标准溶液于试管, 分别加去离子水至 2.0

mL。在另 7 支试管中各加 0.1 mL 以上溶液与 5.0 mL 考马斯亮蓝 G-250, 充分振荡后静置 10 min, 以第 1 管为对照, 测 595 nm 处吸光值, 绘制标准曲线。然后取样液 0.1 mL 于试管中, 重复以上操作。

1.3.6 橄榄盐胚浊度测定 从盐渍容器的上中下各取 2 颗橄榄, 用去离子水轻轻冲洗掉表面食盐, 然后用 200 mL 离子水搓洗 6 颗橄榄表面, 直至将肉眼可见的表面白色斑点, 然后将溶液稀释合适倍数, 最后测定浊度。浊度越大表示析出物越多, 橄榄盐胚的稳定性越差; 反之, 则稳定性越好。浊度按以下公式计算:

$$T = T_1 \times N - T_0$$

式中: T 为最终浊度 (NTU); T_1 为溶液的测定浊度 (NTU); N 为溶液稀释倍数; T_0 为纯溶剂的初始浊度 (NTU)。

1.3.7 橄榄多酚与可溶性蛋白质对析出物形成的影响 配置含 177.8 g/L 氯化钠、2.5 g/L 氯化钙及 12.5 g/L 焦亚硫酸钠的共混盐渍液。将橄榄与盐渍液 1:1 倒入带盖 PC 桶, 置于室温, 第 2~3 天调节盐度至 240.8 g/L, 每 2 周测定橄榄盐胚及盐渍液的浊度、多酚及可溶性蛋白质含量。盐渍液浊度测定参照 1.3.6 的方法。

1.3.8 不同盐渍环境因素对析出物形成的影响

1) 盐渍 pH 对析出物形成的影响 配置 1.3.7 中的共混盐渍液, 用 0.1 mol/L 的 HCl 和 0.1 mol/L NaOH 溶液调节盐渍液 pH 值。将橄榄与盐渍液按质量体积比 1 g:1 mL 倒入带盖 PC 桶, 置于室温, 第 2~3 天调节盐质量浓度至 240.8 g/L, 每 2 周测定橄榄盐胚的浊度。

2) 氯化钠质量浓度对析出物形成的影响 配置含 2.5 g/L 氯化钙及 12.5 g/L 焦亚硫酸钠的共混盐渍液, 加氯化钠, 使氯化钠在共混溶液中的初始质量浓度分别为 133.6、155.9、177.8、209.7 g/L。将橄榄与盐渍液按 1 g:1 mL 倒入带盖 PC 桶, 置于室温, 第 2~3 天调节盐质量浓度分别至 217.5、229.1、240.8、252.7 g/L, 每 2 周测定橄榄盐胚的浊度。

3) 焦亚硫酸钠质量浓度对析出物形成的影响 配置质量浓度 177.8 g/L 氯化钠及 2.5 g/L 氯化钙的共混盐渍液, 加入焦亚硫酸钠, 使焦亚硫酸钠在共混溶液中的质量浓度分别为 10.0、12.5、15.0、17.5、20.0 g/L。将橄榄与盐渍液按 1 g:1 mL 倒入带盖 PC 桶, 置于室温, 第 2~3 天调节盐质量浓度至 240.8 g/L

L,每2周测定橄榄盐胚的浊度。

4) 氯化钙质量浓度对析出物形成的影响 配置质量浓度 177.8 g/L 氯化钠及 12.5 g/L 焦亚硫酸钠的共混盐渍液,加入氯化钙,使氯化钙在共混溶液中的质量浓度分别为 0.00、1.5、2.5、3.5、4.5 g/L。将橄榄与盐渍液以 1 g:1 mL 倒入带盖 PC 桶,置于室温,第 2~3 天调节盐质量浓度至 240.8 g/L,每 2 周测定橄榄盐胚的浊度。

1.3.9 统计分析 所测结果均重复测定 3 次,取均值,试验数据用 SPSS 13.0 统计分析软件进行处理分析。

2 结果与分析

2.1 橄榄盐胚表层析出物的前体物质分析

2.1.1 橄榄的基本化学成分分析 在盐渍过程中,“饶平”榄比“惠圆”和“长营”榄更易产生析出物。蛋白质是析出物的主要成分之一,但从表 2 中可以看出 100 g“饶平”榄可食部分(未去皮的果肉)的蛋白质质量为(1.05±0.08) g,与“长营”蛋白质含量差异不显著,但显著低于“惠圆”,说明“饶平”榄并不是因其蛋白质质量分数较高而产生析出物。根据许多研究表明,参与内源性析出物形成的蛋白质主要为可溶性蛋白质^[4],推测析出物形成与蛋白质质量分数和种类有关。

表 2 不同品种橄榄基本化学组成

Table 2 Main nutrient compositions of different varieties of *Canarium album* L

项目	质量分数/%		
	饶平	惠圆	长营
水分	83.61±3.32 ^b	84.95±4.34 ^a	85.23±4.41 ^a
灰分	0.74±0.04 ^c	1.37±0.03 ^a	1.04±0.06 ^b
蛋白质	1.25±0.08 ^b	1.45±0.01 ^a	1.21±0.06 ^b
脂肪	0.2±0.02 ^a	0.2±0.01 ^a	0.2±0.01 ^a
总糖	0.75±0.03 ^a	0.72±0.02 ^a	0.74±0.04 ^a
总酸	0.15±0.01 ^a	0.12±0.01 ^b	0.13±0.01 ^b
淀粉	<0.5	<0.5	<0.5

注:不同的小写字母表示差异显著, $P<0.05$,下同。

2.1.2 橄榄矿物质元素 虽有研究表明析出物的主要成分不是难溶性盐,但高价阳离子易与有机大分子络合形成更大的复合物,此外尤其多酚具有多个酚羟基,可以作为多基配合体络合金属离子,且不同金属离子与多酚的络合强度不等,络合强度

为: $Al^{3+}>Zn^{2+}>Fe^{3+}>Mg^{2+}>Ca^{2+}$ ^[15],因此,作者测定了 3 种橄榄可食部分的矿质元素。从表 3 中可以看出新鲜橄榄 K 元素质量分数高,但未见报道称其能形成难溶络合物。同时,测定的可能与大分子络合形成复合物的金属元素中,Ca 质量分数最高,其中“饶平”榄 Ca 含量与“惠圆”水平相当,显著低于“长营”,表明橄榄本身矿质元素对析出物形成几乎没有影响或影响很小。

表 3 不同品种橄榄矿质元素分析

Table 3 Mineral compositions of different varieties of *Canarium album* L

矿物元素	质量分数/(mg/hg)		
	饶平	惠圆	长营
K	332.29±10.92 ^b	455.11±25.08 ^a	465.56±9.83 ^a
Ca	95.12±8.73 ^b	97.79±3.72 ^b	136.53±12.13 ^a
Mg	6.20±0.20 ^a	6.00±0.20 ^a	4.50±0.30 ^b
Al	1.97±0.10 ^a	2.05±0.14 ^a	1.92±0.13 ^a
Fe	0.87±0.08 ^a	0.96±0.02 ^a	0.95±0.05 ^a
Zn	0.21±0.01 ^a	0.20±0.03 ^a	0.23±0.02 ^a
Cu	0.12±0.01 ^a	0.10±0.02 ^a	0.22±0.05 ^a

2.1.3 橄榄多酚与可溶性蛋白质质量分数

1) 橄榄多酚质量分数 橄榄多酚是影响析出物生成的关键成分,从图 1 中可以看出,“饶平”榄果皮的多酚质量分数达(26.75±0.35) mg/g、可食部分(未去皮的果肉)及纯果肉的多酚质量分数也相对较高,分别为(18.02±0.54) mg/g、(12.61±0.41) mg/g,不论哪个部位的多酚质量分数都显著高于“惠圆”与“长营”;同时,任意品种橄榄,其果皮部位的多酚质量分数都显著高于可食部分及果肉。此外,“惠圆”的多酚质量分数整体稍高于“长营”,但“长营”果皮多酚质量分数反而比“惠圆”高。由此可见,橄榄多酚质量分数不仅与品种密切相关,也与其所在部位有关,可以通过去除橄榄果皮来控制析出物的形成。

2) 橄榄可溶性蛋白质质量分数 目前,国内外关于食品中内源性析出物的相关研究主要集中在苹果、橙子、胡萝卜等常见果蔬产品析出物、茶饮料和酒类沉淀析出物等方面^[6]。结果表明,许多果蔬沉淀析出物的形成都与其本身的可溶性蛋白质质量分数密切相关,表 2 显示“饶平”榄总蛋白质质量分数同“长营”相当,且显著低于“惠圆”,但从图 2 可以看出“饶平”榄可食部分及果肉的可溶性蛋白质

质量分数显著高于“惠圆”与“长营”同部位可溶性蛋白质质量分数。

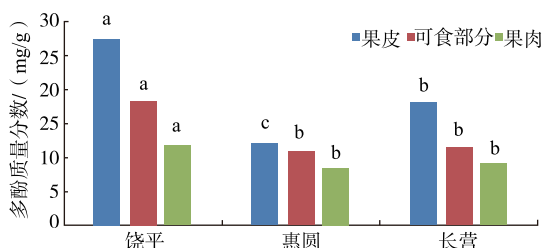


图1 不同品种橄榄的多酚质量分数

Fig. 1 Polyphenol contents of different varieties of *Canarium album* L

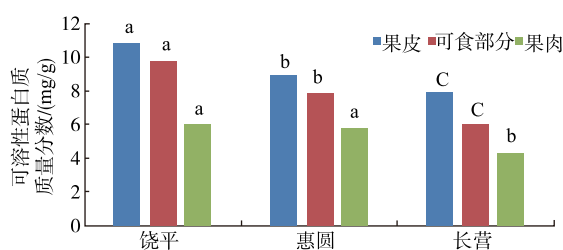


图2 不同品种橄榄可溶性蛋白质质量分数

Fig. 2 Soluble protein contents of different varieties of *Canarium album* L

2.2 橄榄多酚及可溶性蛋白质与橄榄盐胚表层析出物的相关性分析

从表4可知,在橄榄盐胚贮藏期间,橄榄盐胚的多酚质量分数及可溶性蛋白质质量分数与盐胚浊度和盐渍液浊度呈极显著负相关;从表中还可看出,盐渍液中的多酚和可溶性蛋白质质量分数与橄榄盐胚浊度分别呈极显著正相关和显著正相关,盐渍液多酚与盐渍液浊度为显著正相关。因为在无氧条件下,多酚易通过氢键或疏水作用与可溶性蛋白形成可溶多酚-蛋白质复合物,并聚集可溶复合物形成不溶性化合物^[16-17],若存在氧气,则多酚会在多酚氧化酶作用下发生氧化反应,形成褐色聚合物^[18]。

表4 橄榄盐胚各项指标间的相关分析

Table 4 Correlation analysis between the indexes of salted Chinese olive and salted solution

指标	盐胚浊度	盐渍液浊度
盐胚多酚质量分数	-0.967**	-0.894**
盐胚可溶性蛋白质质量分数	-0.950**	-0.866**
盐渍液多酚质量分数	0.895**	0.787*
盐渍液可溶性蛋白质质量分数	0.574*	0.429

注: * 表示显著相关, ** 表示极显著相关。

2.3 盐渍环境因素对橄榄盐胚表层析出物的影响

2.3.1 pH 对橄榄盐胚表层析出物的影响 图3为橄榄盐胚贮藏在不同pH值盐渍液中浊度的变化情况。由图可知,当盐渍液初始pH值为2.25、2.35及2.50时,其贮藏期间浊度变化很小,未出现表层析出物;盐渍液初始pH值为2.00及4.50时,出现了表层析出物;而盐渍液初始pH值为3.50时,橄榄盐胚在第4~6周时浊度增加最快,出现了表层析出物且程度最严重,其次是pH值为3.00时。pH影响WSSCO形成的机理是H⁺可以改变可溶性蛋白质的带电状态或所带静电荷数,从而影响蛋白质的疏水性,进而影响其与多酚的结合。以上结果说明pH值为3.00~3.50时多酚与蛋白质更容易相互作用形成沉淀析出物,这与綦菁华等多酚-蛋白相互作用影响因素的研究结果一致^[7]。

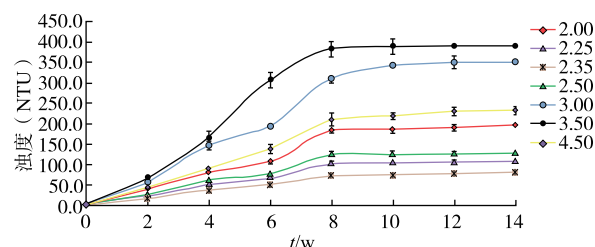


图3 pH对橄榄盐胚浊度的影响

Fig. 3 Effect of pH on turbidity of WSSCO

2.3.2 氯化钠质量分数对析出物的影响 图4为搅打橄榄浸泡在初始盐度不同盐渍液中浊度的变化情况。由图可知,初始盐度不同盐渍液中橄榄盐胚浊度的变化趋势一致,即先逐渐上升,至第8周左右时趋于稳定。结果显示,橄榄盐胚浊度(即析出物)随着初始氯化钠质量分数的升高而降低。随着氯化钠质量分数升高,氯化钠渗入量及橄榄多酚及可溶性蛋白渗出量增加,而高质量分数氯化钠使得盐渍液中蛋白质发生盐析,从而降低了盐渍液中易与多酚结合的可溶性蛋白质含量。但初始盐质量分数过高易导致橄榄盐胚干瘪,因此,初始盐渍液达到质量分数19%时,橄榄盐胚开始出现皱缩。

2.3.3 焦亚硫酸钠质量分数对析出物的影响 随着焦亚硫酸钠质量分数的提高,橄榄盐胚浊度逐渐降低,当焦亚硫酸钠质量分数达到1.75%时,贮藏期间橄榄盐胚都未出现表层析出物(图5)。原因可能是:一方面,作为良好的抗氧化剂和多酚氧化酶抑制剂,焦亚硫酸钠可以有效防止盐渍液及橄榄盐胚中的多酚被氧化为邻苯醌,形成褐色聚合物;另一

方面, 由于焦亚硫酸钠可打断蛋白质分子中二硫键, 降低了蛋白质间的交联度, 改变了盐渍液中蛋白质结构, 从而可能导致可溶性蛋白质含量降低^[19]。

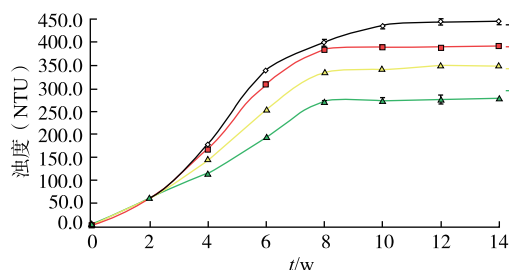


图4 氯化钠质量分数对橄榄盐胚浊度的影响

Fig. 4 Effect of sodium chloride concentration on turbidity of WSSCO

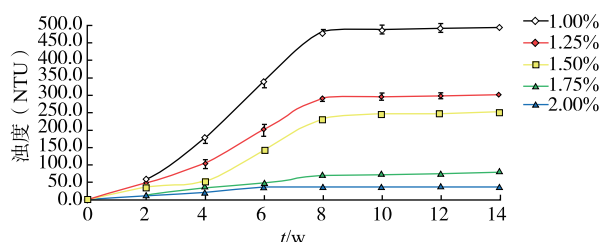


图5 焦亚硫酸钠质量分数对橄榄盐胚浊度的影响

Fig. 5 Effect of sodium sulfite concentration on turbidity of WSSCO

2.3.4 氯化钙质量分数对析出物的影响 图6结果显示, 随着氯化钙质量分数的升高, 橄榄盐胚浊度出现小幅度上升, 说明盐渍液中氯化钙质量分数低于0.25%时对析出物影响很小, 高浓度的 Ca^{2+} 则会促进析出物的形成, 这可能是由于 Ca^{2+} 与多酚的酚羟基络合, 形成低溶解度络合物有关^[20]。

3 结语

橄榄成分分析表明, “饶平” 榄可食部分中主要成分和矿质元素的含量与稳定性较强的 “惠圆” 与

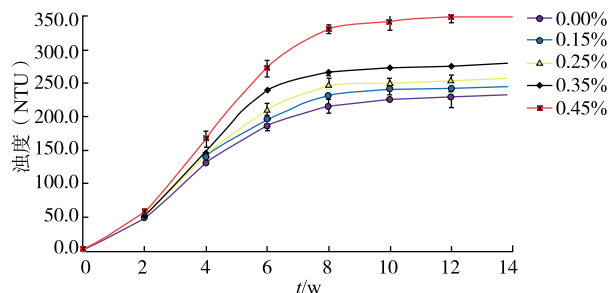


图6 氯化钙质量分数对橄榄盐胚浊度的影响

Fig. 6 Effect of calcium chloride concentration on turbidity of WSSCO

“长营” 相比差异很小; 但 “饶平” 榄多酚与可溶性蛋白含量显著高于 “惠圆” 与 “长营”, 且同一品种橄榄不同部位的多酚与可溶性蛋白质含量差异显著。表明橄榄本身的矿质元素对析出物形成影响很小, 析出物的前体物质主要是多酚与可溶性蛋白质。

橄榄盐胚贮藏过程中多酚及可溶性蛋白质含量与其浊度相关性表明, 橄榄盐胚多酚及可溶性蛋白含量与橄榄盐胚浊度 (表层析出物) 及盐渍液浊度呈极显著负相关, 盐渍液中多酚含量与橄榄盐胚浊度 (表层析出物) 及盐渍液浊度呈显著正相关; 橄榄盐胚贮藏过程中多酚、可溶性蛋白质含量及浊度值的变化研究结果表明, 析出物的形成主要是由于多酚与可溶性蛋白质相互作用所导致。

盐渍环境不同因素对析出物形成影响的研究表明盐渍液初始 pH 为 2.25~2.50 时, 析出物最少; 在初始 pH 为 3.00~3.50 的盐渍液中最容易形成表层析出物; 随着氯化钠质量分数的增大, 橄榄盐胚浊度呈降低趋势, 但实际生产氯化钠初始质量分数一般超过 19%; 此外, 结果显示 Ca^{2+} 不是引起析出物的主要因素, 适量的氯化钙可以提高橄榄盐胚的硬度, 但过量的氯化钙对橄榄盐胚析出物的形成有一定的促进作用; 当盐渍混合液中焦亚硫酸钠质量分数高于 1.75%, 橄榄盐胚未出现表层析出物。

参考文献:

- [1] WEN L, LIN S, ZHU Q, et al. Analysis of Chinese olive cultivars difference by the structural characteristics of oligosaccharides[J]. *Food Analytical Methods*, 2015, 6(6): 1529-1536.
- [2] DUAN Zhenhua, ZHANG Su, ZHANG Jianfeng, et al. Study on protection of color of quick-frozen olive fruits [J]. *Journal of Food Science and Biotechnology*, 2002, 21(3): 285-288. (in Chinese)
- [3] 赖钟雄, 蔡英卿, 许伟东, 等. 橄榄优质栽培与综合利用[M]. 北京: 中国三峡出版社, 2007: 1-8.

- [4] WAN Jifeng, WU Rujian, WEI Xiaoxia, et al. Diversity analysis of the leaf phenotypic characters of Chinese olive germplasm resources[J]. **Chinese Journal of Tropical Crops**, 2012, 33(6): 975-980. (in Chinese)
- [5] 林聪. 闽江流域橄榄(*Canarium album* Raeusch)生产与产业化对策研究[D]. 福州: 福建农林大学, 2011.
- [6] THONGKAEW C, GIBIS M, HINRICHS J, et al. Polyphenol interactions with whey protein isolate and whey protein isolate-pectin coacervates[J]. **Food Hydrocolloids**, 2014, 41(1): 103-112.
- [7] QI Jinghua, CAI Tong, PANG Meixia, et al. Study on the factors affecting the formation of protein-phenolic polymers[J]. **Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology**, 2009, 9(6): 78-82. (in Chinese)
- [8] OZDA Tugba, CAPANOGLU Esra, ALTAY Filiz. A review on protein-phenolic interactions and associated changes [J]. **Food Research International**, 2013, 51(2): 954-970.
- [9] WANG Zhenyu, GE Shenghe, ZHOU Arong et al. Extraction and antioxidant capacity of bound phenolics from fresh lotus seeds [J]. **Food Science**, 2018, 39(10): 304-311. (in Chinese)
- [10] 谢倩. 橄榄[*Canarium album* (Lour.) Raeusch]果实发育成熟过程多酚及相关酶活性研究[D]. 福州: 福建农林大学, 2014.
- [11] LIN S, CHING L, LAM K, et al. Anti-angiogenic effect of water extract from the fruiting body of *Agrocybe aegerita* [J]. **LWT – Food Science and Technology**, 2017, 75(2): 155-163.
- [12] LIN S, CHING L, KE X, et al. Comparison of the composition and antioxidant activities of phenolics from the fruiting bodies of cultivated asian culinary-medicinal mushrooms[J]. **International Journal of Medicinal Mushrooms**, 2016, 18(10): 871-881.
- [13] 汪东风. 高级食品化学[M]. 北京: 化学工业出版社, 2009.
- [14] LIU Yin, WU Fengzhi, CHEN Long, et al. Determination of water-soluble protein content in walnut by Bradford method[J]. **China Brewing**, 2013, 32(12): 131-133. (in Chinese)
- [15] 王宪泽. 生物化学实验技术原理和方法[M]. 北京: 中国农业出版社, 2004.
- [16] SUN Haifeng, SUN Jiakai, YU Shimei, et al. The influence and soluble of protein on the post concentration haze of apple juice concentrate[J]. **Food and Fermentation Industries**, 2009, 35(6): 21-27. (in Chinese)
- [17] DINIZ A, ESCUDER-GILABERT L, LOPES N et al. Characterization of interactions between polyphenolic compounds and human serum proteins by capillary electrophoresis[J]. **Analytical and Bioanalytical Chemistry**, 2008, 391(2): 1593-1601.
- [18] ZHANG Feng, QIU Nongxue. Formation principle of and control on haze in apple juice concentrate [J]. **Beverage Industry**, 2004, 7(2): 1-6. (in Chinese)
- [19] MA Mengjun, LUO Liyong, ZENG Liang. Progress of precipitation mechanism and clarifying technology of green tea beverage[J]. **Journal of Food Safety Quality**, 2015, 6(4): 1212-1218. (in Chinese)
- [20] 张淑芬. 亚硫酸钠-碱性蛋白酶复合改性小麦面筋蛋白加工研究[D]. 合肥: 合肥工业大学, 2013.