

巴氏杀菌对黑加仑果汁特性和 DPPH 自由基清除能力的影响

赵玉红^{1,2}, 刘瑞颖¹, 张立钢^{3,*}

(1. 东北林业大学林学院, 黑龙江哈尔滨 150040;

2. 林下经济资源研发与利用协同创新中心, 黑龙江哈尔滨 150040;

3. 东北农业大学食品学院, 黑龙江哈尔滨 150030)

摘要: 研究不同巴氏杀菌处理(70、80、90 °C 分别杀菌 6、8、10 min)对黑加仑果汁物理化学特性(色度、浑浊度、pH)、生物活性成分(多酚、单宁、花色苷)含量及 DPPH 自由基清除能力的影响。采用 Folin-Ciocalteu 法、pH 示差法、Folin-Denis 法分别测定果汁中多酚、花色苷、单宁含量,用清除 DPPH 自由基活性方法分析抗氧化性,色差仪测定颜色变化。结果表明:杀菌温度 70 °C、杀菌时间 6 min 为适宜杀菌条件,杀菌温度升高和处理时间延长,果汁红色加深,对颜色变化影响明显($p < 0.05$),果汁的浊度增大,果汁的 pH 随杀菌温度升高略有下降,但与杀菌前相比不显著($p > 0.05$)。黑加仑果汁中的多酚、单宁、花色苷含量和 DPPH 自由基清除率在杀菌温度 70 °C、杀菌时间 6 min 较高,随着杀菌温度的升高和杀菌时间的延长而降低,并且温度越高降低得越快。采用低温、短时的巴氏杀菌工艺更有利于保证果汁的性质和生物活性成分含量。

关键词: 黑加仑果汁, 巴氏杀菌, 特性, DPPH 自由基清除能力

Pasteurization treatment effects on properties and DPPH· scavenging capacity of blackcurrant juice

ZHAO Yu-hong^{1,2}, LIU Rui-ying¹, ZHANG Li-gang^{3,*}

(1. College of Forestry, Northeast Forestry University, Harbin 150040, China;

2. Forest economy resource development and utilization of Collaborative Innovation Center, Harbin 150040, China;

3. Food Science College, Northeast Agricultural University, Harbin 150040, China)

Abstract: This research was focused on the effect of pasteurization treatment (70, 80 and 90 °C, 6, 8 and 10 min) on physical and chemical properties (color, turbidity and pH), bioactive component content (polyphenols, tannins and anthocyanins) and DPPH free radical scavenging capacity of blackcurrant juice. Folin-Ciocalteu, pH differential, Folin-Denis were used to measure polyphenol, anthocyanins and tannin content. DPPH free radical clearance was used to value antioxidant activity. Color changes were measured by chroma meter. The results showed that pasteurization temperature 70 °C and pasteurization time 6 min were the optimized pasteurization conditions. The red color of fruit juice increased significantly. ($p < 0.05$), the turbidity were increased and pH value was declined slightly but no significant decline was observed ($p > 0.05$) at the higher pasteurization temperature and longer pasteurization treatment time. Polyphenols, tannins, anthocyanins content and DPPH free radicals scavenging capacity of blackcurrant juice were higher at 70 °C, 6 min. They were decreased with the increasing pasteurization temperature and time. Pasteurization treatment at the conditions of low temperature and short time were advantageous to guarantee the properties and the biological active ingredient content of blackcurrant juice.

Key words: blackcurrant juice; pasteurization treatment; properties; DPPH scavenging capacity

中图分类号: TS201.2

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2016)15-0140-06

doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2016.15.019

黑加仑, 学名黑穗醋栗, 俗名黑豆果, 为茶藨子科小型灌木, 成熟果实为黑色小浆果。黑加仑果实

中 V_c 和酚类物质含量较高, 其所含酚类物质主要是黄酮、酚酸和丹宁^[1], 黑加仑果汁中含有丰富花色苷,

收稿日期: 2015-09-21

作者简介: 赵玉红(1968-), 女, 博士, 副教授, 主要从事天然产物化学研究, E-mail: zhaoyuhong08@163.com。

* 通讯作者: 张立钢(1973-), 男, 博士, 副教授, 主要从事农产品精深加工研究, E-mail: zhang@neau.edu.cn。

基金项目: 哈尔滨市科学技术局科技创新人才计划项目(2014RFQXJ071)。

(250 mg/100 g 鲜果)^[2],其花色苷组成包括矢车菊素-3-芸香糖苷、飞燕草素-3-芸香糖苷、矢车菊素-3-葡萄糖苷、飞燕草素-3-葡萄糖苷等四类^[1]。由于这些物质具有很强的体外抗氧化性,可以减少心脑血管^[3]、癌症^[4]等疾病的风险,黑加仑被认为是提供具有保健功能植物化学成分的良好来源。

果汁饮料在加工过程中易发生浊度、pH、颜色、活性成分含量及抗氧化性等理化和功能性质变化。杀菌处理是果汁饮料生产过程中的关键工序,对果汁品质和贮藏期的延长具有重要作用。Vegara 等^[5]研究了 65 °C 和 90 °C 条件下巴氏杀菌及贮藏对石榴汁颜色和货架期的影响。王秀春等^[6]研究发现:黑加仑饮料采用 85 °C、15 min 以上条件杀菌,会对产品产生不愉快的煮熟味。Iversen 等^[7]对黑加仑混浊汁饮料进行杀菌研究,发现采用 88 °C、27 s 的杀菌条件对产品的挥发性组分影响不大。贾娜等^[8]研究黑加仑花色苷提取物在 60、80、100 °C 分别加热 1~5 h 条件下,测定花色苷含量变化和抗氧化能力的热稳定性变化,提出在加工过程中应避免长时间、高温处理,以防止花色苷降解,从而保护花色苷的抗氧化活性。可见,准确控制黑加仑果汁加工过程中的加热工艺,对保证果汁的品质至关重要。

在黑加仑果汁加工过程中,巴氏杀菌工艺对果汁的 pH、颜色、浑浊度等物理特性产生怎样的影响,果汁中的多酚和花色苷等生物活性成分的含量发生怎样的变化,其抗氧化性是否受到影响等问题尚未见报道。因此,本文对黑加仑果汁加工过程中巴氏杀菌处理对果汁物理特性、生物活性成分含量变化及 DPPH 自由基清除活性的影响进行研究,旨在揭示黑加仑果汁加工过程中品质与生物活性成分变化规律。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

黑加仑冷冻果 黑龙江省哈尔滨市本色集团, -18 °C 保存。

没食子酸为标品级 Sigma 公司;福林酚试剂、单宁、无水碳酸钠、氯化钾、无水醋酸钠、DPPH、钨酸钠、磷钨酸均为分析纯。

JA-2003 分析天平 上海良品仪器仪表有限公司;HR2004 榨汁机 Philips 有限公司;DK-S12 电热恒温水浴锅 上海森信实验仪器有限公司;TDL-5W 台式低速离心机 湖南星科科学仪器有限公司;PB-10 pH 计 Sartorius 仪器(北京)有限公司;TV-1810 紫外可见分光光度计 北京普析通用仪器有限责任公司;YP2001N 台秤 上海精密科学仪器有限公司;NH300 色差仪 深圳三恩驰仪器有限公司。

1.2 实验方法

1.2.1 原料预处理 黑加仑果汁加工工艺流程根据文献[9]并进行调整如下:

黑加仑果→挑选→清洗→去杂→破碎→榨汁→澄清→离心→杀菌→冷却→黑加仑果汁。

工艺操作要点:

以黑加仑为原料,去除腐烂、病害的果实,清洗除去泥土、枝叶等杂物。

破碎:用打浆机将洗净的黑加仑果实打浆破碎,破碎有利于可溶性成分的抽提。

澄清处理:粗滤后的果汁进行过滤澄清处理,可有效去除果汁中的沉淀及高分子含量物质。

果汁用离心机离心,转速为 4000 r/min,离心 5 min,得到原汁。

杀菌:黑加仑果汁的杀菌采用分别在 70、80、90 °C 下进行 6、8、10 min 杀菌。

1.2.2 浑浊度的测定 采用分光光度计法,测定果汁在 700 nm 的吸光值($OD_{700\text{nm}}$)^[10]。

1.2.3 pH 的测定 采用 pHS-25 型酸度计测定。

1.2.4 颜色的测定 利用 CIE $L^* a^* b^*$ 体系^[11]测定颜色变化。 L^* 为明度, L^* 越大,表示亮度越高,反之越低;+ a^* 为红色,- a^* 为绿色;+ b^* 为黄色,- b^* 为青色。实验过程中用色差仪测量果汁颜色变化。

1.2.5 多酚含量的测定 采用 Folin-Ciocalteu 法测定总酚含量^[12]。

1.2.5.1 标准液的配制 精确称取 0.005 g 没食子酸标准样品,蒸馏水溶解并定容至 50 mL。该标准液浓度为 0.1 mg/mL。

1.2.5.2 标准曲线的建立 准确量取上述标准液 0、0.5、1、1.5、2、2.5、3 mL 于 50 mL 容量瓶中,各加 30 mL 水,摇匀,再加 2.5 mL 福林酚试剂,充分摇匀。1 min 之后,加入 20% 碳酸钠溶液 7.5 mL,混匀定容。水浴 75 °C 下反应 10 min,于 760 nm 波长下比色,测定吸光度,建立标准曲线。

1.2.5.3 样品的测定 用移液管精确量取制备好的样品溶液 0.5 mL 于 50 mL 容量瓶中,加入 30 mL 蒸馏水,摇匀,再加入 2.5 mL 福林酚试剂,7.5 mL 20% Na_2CO_3 溶液,用水定容至刻度,混匀,水浴 75 °C 下反应 10 min,冷却后在 760 nm 处测定其吸光度。所得标准曲线方程为: $y = 0.1356x, R^2 = 0.9935$ 。

1.2.6 单宁含量的测定

1.2.6.1 试剂制备 Folin-Denis (F-D) 试剂配制:700 mL 水中加入钨酸钠 100 g,磷钨酸 20 g 及磷酸 50 mL,回流 2 h,冷却后加水稀释至 1000 mL^[13]。单宁标准溶液配制:准确称取单宁 50 mg 于 50 mL 容量瓶中,加蒸馏水溶解并定容至刻度,混匀。再用水稀释 10 倍即为 0.1 mg/mL 标准溶液。

1.2.6.2 标准曲线绘制 分别吸取单宁标准溶液 0.0、0.5、1.0、2.0、3.0、4.0 mL 注入装有 30 mL 蒸馏水的 50 mL 容量瓶中,各加入 2 mL F-D 试剂,10 mL Na_2CO_3 溶液,摇匀定容,放置 30 min 后比色。以吸光值与标样浓度作标准曲线,并建立标准曲线方程。取提取液 0.5 mL,分别置于盛有 25 mL 蒸馏水的 50 mL 容量瓶中,加入 2 mL F-D 试剂和 10 mL Na_2CO_3 溶液,摇匀定容,静置 30 min 后,在波长为 720 nm 处比色测定。所得标准曲线方程为: $y = 0.0699x + 0.0189, R^2 = 0.9973$ 。

1.2.7 花色苷含量的测定

1.2.7.1 吸光值的测定 分别移取 1 mL 样液 2 份,分别用 0.025 mol/L 氯化钾缓冲液 (pH1.0) 和

0.4 mol/L 醋酸钠缓冲液 (pH4.5) 定容至 10 mL。置于暗处平衡 2 h, 以空白样 (取 1 mL 蒸馏水, 分别用 pH1.0、pH4.5 的缓冲液定容至 10 mL) 作对照, 用分光光度计分别在 510 nm 和 700 nm 下测定吸光值^[8,14]。

1.2.7.2 计算花色苷含量 花色苷含量 $C(\text{mg}/100 \text{ g}) = (A/\varepsilon L) \times MW \times DF \times V/W_1 \times 100$

式中: A - 吸光度; ε - 矢车菊花素-3-葡萄糖苷的消光系数, 26900; DF - 稀释因子; MW - 矢车菊花素-3-葡萄糖苷的分子量, 449.2; V - 最终体积, mL; W_1 - 产品重量, mg; L - 光程, 1 cm;

$A = (A_{510 \text{ nm}} \text{ pH1.0} - A_{700 \text{ nm}} \text{ pH1.0}) - (A_{510 \text{ nm}} \text{ pH4.5} - A_{700 \text{ nm}} \text{ pH4.5})$

注: 用 $A_{700 \text{ nm}}$ 来消除样液混浊的影响。

1.2.8 DPPH 自由基清除能力的测定 准确称取 6.4 mg DPPH 固体, 用甲醇定容到 100 mL, 配制成 DPPH-甲醇溶液。将多酚提取液用甲醇适当稀释, 取 0.2 mL 到小离心管内, 再加入 2.8 mL 现配的 DPPH-甲醇溶液。摇匀后于室温下避光静置 60 min, 以甲醇溶液做空白对照, 测定其在 517 nm 处的吸光值样品 $A^{[15]}$ 。另测 0.2 mL 甲醇溶液和 2.8 mL 现配的 DPPH-甲醇溶液混合溶液在 517 nm 处的吸光值 A_0 。0.2 mL 样品液和 2.8 mL 甲醇混合后的吸光值 A_b 按照下列公式计算抗氧化物质果汁的清除率:

清除率 (%) = $[1 - (A - A_b)/A_0] \times 100$

1.2.9 数据处理 采用 Excel 2003 对数据进行分析, 所得结果为平均值 \pm 标准差 ($\bar{x} \pm s, n = 3$), 数据处理与分析采用 SPSS (19.0) 统计软件的单因素方差分析法进行, 以 $p < 0.05$ 作为差异显著性判断标准。

2 结果与讨论

2.1 不同杀菌温度和时间对黑加仑果汁色度的影响

不同温度和时间条件下黑加仑果汁的色差值 L^*, a^*, b^* 变化如图 1 所示。

由图 1 可知, 果汁在杀菌过程中, 温度对色值变化影响明显, 温度越高, 色值变化越快。相同杀菌时间 6 min 时, 不同杀菌温度 70、80、90 °C 条件下, L^* 和 a^* 随杀菌时间的增长逐渐减小, b^* 值随时间的增长逐渐增大且它们的变化都是显著的 ($p < 0.05$)。赵光远等^[16] 研究得出的热处理能改善苹果汁色泽, 这与本实验结果一致。这可能是由于随着杀菌温度的升高和时间的延长, 多酚氧化酶 (PPO) 的活性越受到抑制, 果汁褐变得到减轻, 从而果汁的颜色也就越鲜亮。

2.2 不同杀菌温度和时间对果汁浊度的影响

通过测定果汁在 600 nm 处的 OD 值, 研究不同杀菌处理对黑加仑果汁浊度的影响, 结果如图 2。

由图 2 可知, 杀菌温度为 90 °C, 杀菌时间为 6、8、10 min 时果汁的 OD 值由杀菌前的 0.552 分别增大到 0.625、0.664、0.693, 这种变化较为显著 ($p < 0.05$)。这表明杀菌温度越高, 时间越长, 果汁在 600 nm 处的吸光值越大, 果汁的浊度也越高。赵光远等^[16] 研究认为 98 °C 处理得到的果汁浊度最高, 处理温度越低其浊度也越低, 这与本实验结果一致。

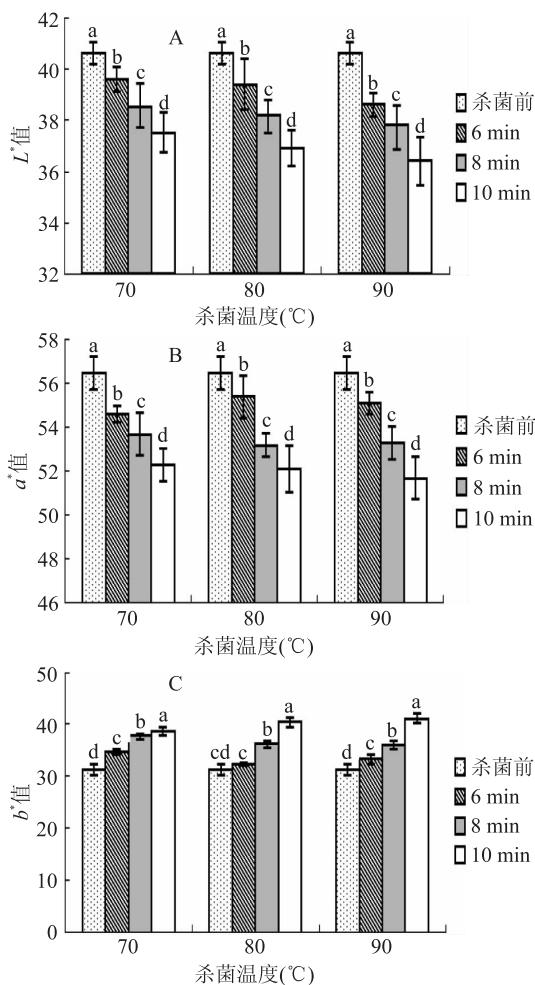


图 1 不同杀菌处理对黑加仑果汁 L^*, a^*, b^* 值的影响

Fig.1 Effect of different pasteurization treatment on L^*, a^*, b^* values of blackcurrant juice

注: (A) 杀菌处理对 L^* 值的影响, (B) 杀菌处理对 a^* 值的影响, (C) 杀菌处理对 b^* 值的影响。

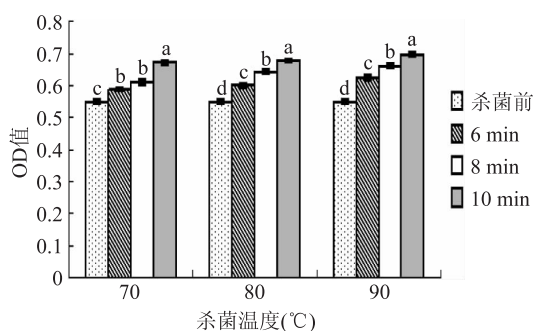


图 2 不同杀菌处理对黑加仑果汁浊度的影响

Fig.2 Effect of different pasteurization treatment on turbidity of blackcurrant juice

果汁中的混浊物被认为是由带正电的蛋白质核及其外包裹的带负电的果胶以及可以与蛋白质交联的酚类物质所组成^[17]。而高温处理会使这些带负电的果胶以及可以与蛋白质交联的酚类物质变性, 颗粒度变大悬浮于果汁中, 果汁的浊度也就越高。

2.3 不同杀菌温度和时间对果汁 pH 的影响

由图 3 可知, 经过杀菌工艺后果汁的 pH 略有下

降,但这种下降趋势不显著($p > 0.05$)。杨姗姗等^[18]研究发现荔枝汁 pH 在 72 °C 热处理 3 min 后与处理前没有显著变化。李汭生等^[19]研究发现鲜榨菠萝汁的 pH 在热处理(85 °C, 5 min)前后差异不显著($p > 0.05$),这些结果与本实验研究结果一致。

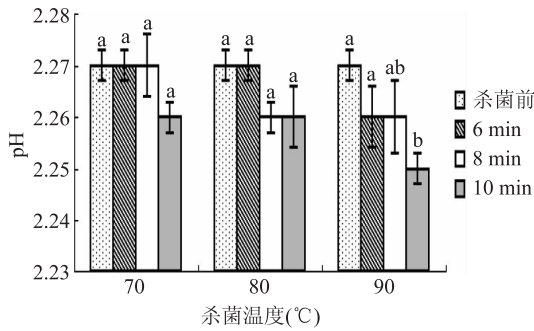


图3 不同杀菌处理对黑加仑果汁 pH 的影响
Fig.3 Effect of different pasteurization treatment on pH of blackcurrant juice

2.4 不同杀菌温度和时间对果汁总酚含量的影响

从图4可以看出,黑加仑果汁中的总酚含量随着杀菌温度的升高而减少;在同一杀菌温度下随着杀菌时间的延长而减少。刘野等^[20]研究发现热处理后西瓜汁中总酚质量无显著差异,这可能与其较低的热处理温度(50 °C)有关。万鹏^[21]对荔枝汁热处理的研究表明 90 °C 和 100 °C 下荔枝汁中总酚含量在 60 min 内随着热处理时间的延长出现先下降后上升的现象。本实验研究黑加仑果汁于 70、80、90 °C 热水中分别加热 6、8、10 min,总酚含量出现明显下降,与万鹏等人的研究结果相似,赵光远等^[16]对浑浊苹果汁热杀菌前后酚类物质研究表明总酚和单体酚类物质均减少,这与本实验热杀菌结果一致。

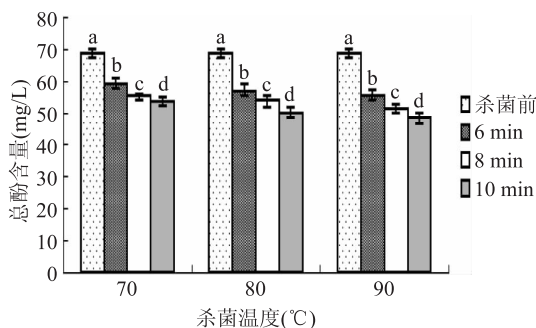


图4 不同杀菌处理对黑加仑果汁的总酚含量的影响
Fig.4 Effect of different pasteurization treatment on polyphenol content of blackcurrant juice

2.5 不同杀菌温度和时间对果汁单宁含量的影响

由图5可知,在相同杀菌温度下,随着杀菌时间的延长,果汁中单宁含量显著下降($p < 0.05$),杀菌温度越高这种趋势越显著。周文倩等^[22]研究发现当温度一定时,随着 pH 增大,复水薇菜尖的单宁含量呈上升的趋势;当 pH 一定时,随着温度升高,复水薇菜尖的单宁含量呈逐步下降的趋势,这与本实验研究结果相同。这可能是由于酸、碱性环境均可促进单宁的水解,从而降低单宁的含量,而且温度升高可加速溶剂分子的运动,促进单宁的溶出。

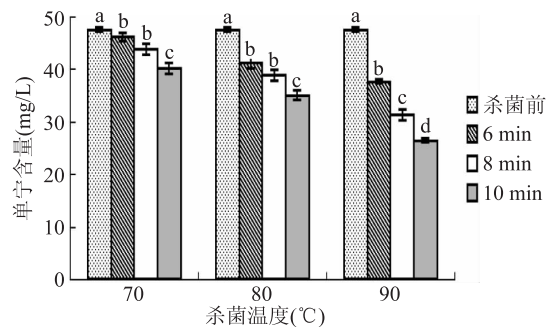


图5 不同杀菌处理对果汁的单宁含量的影响
Fig.5 Effect of different pasteurization treatment on tannin content of blackcurrant juice

2.6 不同杀菌温度和时间对果汁花色苷含量的影响

从图6可以看出,相同杀菌时间 6 min 时,70、80、90 °C 杀菌条件下花色苷含量存在显著差异($p < 0.05$),花色苷含量大幅降低,这表明黑加仑果汁中的花色苷含量随着杀菌温度的升高而减少,并且温度越高减少的越快。还可以看出,黑加仑果汁中的花色苷含量在相同杀菌温度下随着杀菌时间的延长而减少,在杀菌温度 70 °C,杀菌时间为 6、8、10 min 时果汁中花色苷含量也明显降低。Rubinskiene 等^[23]在研究加热对水提取的黑加仑花色苷吸光度的影响时发现,75 °C 加热 150 min 对花色苷影响不大,85 °C 加热 150 min 使吸光度降低了 20%,95 °C 加热 150 min 降低了 53%,这与本实验的研究结果相似,即加热温度越高对花色苷的破坏越大。分析其机理,可推测为由于黑加仑原果汁内各成分(包括花色苷)浓度较大,随着温度升高,体系的反应分子密度增加,因此反应速率随之增大。此外,糖的热分解产物发生降解生成的糠醛类化合物对花色苷的降解也起着促进作用^[24]。因此,在加工过程中应避免高温和长时间加热,以防止花色苷降解。

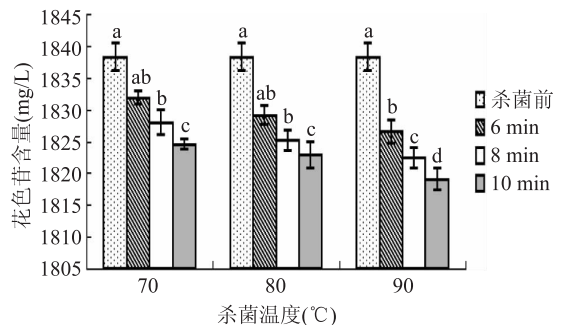


图6 不同杀菌处理对果汁的花色苷含量的影响
Fig.6 Effect of different pasteurization treatment on anthocyanin of blackcurrant juice

2.7 不同杀菌温度和时间对果汁 DPPH 自由基清除率的影响

由图7可知,70 °C 加热 6、8、10 min 时,DPPH 自由基清除率变化较平稳,降低幅度较小($p > 0.05$),90 °C 加热 6、8、10 min 时,DPPH 自由基清除率变化较显著($p < 0.05$),说明加热降低了黑加仑花色苷清除 DPPH 自由基的能力,并且加热温度越高、加热时间越长,对 DPPH 自由基清除能力的破坏越大。

Borges 等^[25]对黑加仑中 V_c、类黄酮、花色苷、酚类物质的含量和抗氧化能力进行了测定,发现花色苷对总抗氧化能力具有 73% 的贡献。前面实验已经得知,果汁中花色苷随着杀菌温度的升高、时间的延长而减少,这可能造成了果汁的 DPPH 自由基清除能力的降低。张镜等^[26]在研究温度对阴香花色苷清除 DPPH 自由基能力的影响时发现,60、70、80 °C 处理 1~8 h 后,清除率均无显著变化,并且 110~130 °C 高温处理 30 min 反而导致清除率增加。史海英等^[27]研究了紫玉米花色苷 100 °C 加热 20 min 后的超氧自由基清除能力和过氧化氢清除能力的变化情况,发现加热前后,清除两种自由基的能力均无显著变化,由此可见,不同来源花色苷的抗氧化能力稳定性不尽相同,这可能是由于所含的花色苷种类和含量不同所致。

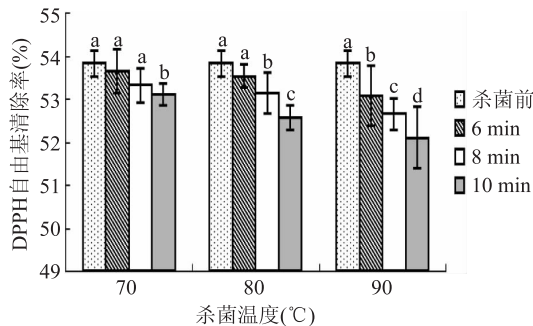


图7 不同杀菌处理对黑加仑果汁的 DPPH 自由基清除率的影响

Fig.7 Effect of different pasteurization treatment on DPPH free radical clearance rate of blackcurrant juice

3 结论

通过对黑加仑果汁在巴氏杀菌过程中特性、生物活性成分含量和 DPPH 自由基清除能力变化的研究,可以得出:巴氏杀菌对黑加仑果汁的性质、活性成分含量及自由基清除能力有影响,相比 80、90 °C 杀菌温度,采用 70 °C、6 min 的杀菌条件,可以减少对果汁颜色和浑浊度的影响,在此条件下也使果汁中多酚、单宁、花色苷含量和 DPPH 自由基清除率处于相对较高的水平。建议果汁采用巴氏杀菌处理时适宜在低温、短时间条件下进行。

参考文献

[1] Pirjo H, Mattila, Jarkko Hellstrom, Gordon McDougall, et al. Polyphenol and vitamin C contents in European commercial blackcurrant[J]. Food Chemistry, 2011, 127(3): 1216-1223.

[2] Antonio J, León -González, Tanveer Sharif, et al. Delphinidin -3 - O - glucoside and delphinidin -3 - O - rutinoside mediate the redoxsensitive caspase 3 - related pro - apoptotic effect of blackcurrant juice on leukaemia Jurkat cells [J]. Journal of Functional Foods, 2015, 17(8): 847-856.

[3] Ghosh D, Scheepens A. Vascular action of polyphenols [J]. Molecular Nutrition and Food Research, 2009, 53: 322-331.

[4] Guo W, Kong E., Meydani M. Dietary polyphenols, inflammation, and cancer [J]. Nutrition and Cancer, 2009, 61: 807-810.

[5] Vegara S, Martí N, Mena P, Saura D, et al. Effect of pasteurization process and storage on color and shelf - life of pomegranate juices [J]. Food Science and Technology, 2013, 54: 592-596.

[6] 王秀春, 都凤华, 谢春阳, 等. 黑加仑果汁饮料的研制 [J]. 吉林农业大学学报, 1997, 19(4): 97-100.

[7] Iversen C K, Jakobsen H B, Olsen C E. Aroma changes during black curren (Ribes nigrum L.) nectar processing [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 1998, 46(3): 1132-1136.

[8] 贾娜, 孔保华, 刘璐, 等. 加热对黑加仑花色苷含量及抗氧化活性的影响 [J]. 食品科学, 2012, 33(21): 73-77.

[9] 梁淑明, 李汴生, 阮征. 黑加仑果汁加工中的关键工艺及其对果汁品质的影响 [J]. 饮料工业, 2008, 11(11): 4-8.

[10] Ferrari G, Maresca P, Ciccarone R. The application of high hydrostatic pressure for the stabilization of functional foods: Pomegranate juice [J]. Journal of Food Engineering, 2010, 100(2): 245-253.

[11] Li N, Taylor L S, Ferruzzi M G, et al. Color and chemical stability of tea polyphenol (-) - epigallocatechin - 3 - gallate in solution and solid states [J]. Food Research International, 2013, 53(2): 909-921.

[12] Rinaldi M, Caligiani A, Borgese R, et al. The effect of fruit processing and enzymatic treatments on pomegranate juice composition, antioxidant activity and polyphenols content [J]. Food Science and Technology, 2013, 53(1): 355-359.

[13] 费建枫, 谢佳妮, 刘娟娟, 等. Folin - Ciocalteu 比色分光光度法测定鲜笋中的单宁 [J]. 粮油食品科技, 2013, 21(4): 84-87.

[14] Mirsaedghazi H, Emam - Djomeh Z, Ahmadvkhanhiha R. Effect of frozen storage on the anthocyanins and phenolic components of pomegranate juice [J]. J Food Science Technology, 2014, 51(2): 382-386.

[15] Yang Z D, Zhai W W. Identification and antioxidant activity of anthocyanins extracted from the seed and cob of purple corn [J]. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 2010, 11(1): 169-176.

[16] 赵光远, 王璋, 许时婴. 破碎时蒸汽热处理对浑浊苹果汁色泽及浑浊稳定性的影响 [J]. 食品与发酵工业, 2004, 30(10): 26-30.

[17] 蔡菁华, 蔡同一, 王芳, 等. 苹果浓缩汁二次混浊物的形态分析 [J]. 农业工程学报, 2007, 23(12): 247-250.

[18] 杨珊珊, 李汴生, 刘伟涛, 等. 超高压与热处理对荔枝果汁品质的影响 [J]. 食品工业科技, 2010, 30(1): 97-98.

[19] 李汴生, 张微, 梅灿辉. 超高压和热灭菌对鲜榨菠萝汁品质影响的比较 [J]. 农业工程学报, 2010, 26(1): 359-363.

[20] 刘野, 赵晓燕, 胡小松, 等. 超高压对鲜榨西瓜汁杀菌效果和风味的影响 [J]. 农业工程学报, 2011, 27(7): 370-375.

[21] 万鹏, 刘亮, 潘思轶, 等. 热处理对荔枝果汁品质的影响 [J]. 食品科学, 2011, 31(7): 22-26.

[22] 周文倩, 胡瑞, 李纯, 等. 不同预处理方式对复水薇菜尖单宁含量的影响 [J]. 食品科学, 2013, 34(24): 69-71.

[23] Rubinskiene M, Viskelis P, Jasutiene I, et al. Impact of

(下转第 217 页)

参考文献

[1] 臧穆. 中国真菌志第 22 卷, 牛肝菌科(I) [M]. 北京: 科学出版社, 2006.

[2] Ohta A, Fujiwara N. Fruit - body production of an ectomycorrhizal fungus in genus *Boletus* in pure culture [J]. *Mycoscience*, 2003, 44(4) : 295 - 300.

[3] 黄年来. 中国大型真菌原色图鉴 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1998.

[4] 宋斌, 李泰辉, 吴兴亮, 等. 滇黔桂牛肝菌资源的初步评价 [J]. *贵州科学*, 2004, 22(1) : 90 - 96.

[5] 桂明英, 徐俊, 张鑫, 等. 云南美味牛肝菌营养成分分析 [J]. *食品工业*, 2015, 36(1) : 196 - 198.

[6] 邓百万, 陈文强, 刘开辉, 等. 美味牛肝菌的研究现状及应用展望 [J]. *中国食用菌*, 2012, 31(4) : 8 - 11.

[7] 江洁, 李学伟, 金怀刚. 美味牛肝菌菌丝体与子实体蛋白质营养价值的初步评价 [J]. *食品科学*, 2013, 34(3) : 253 - 256.

[8] 李志洲. 美味牛肝菌中油脂成分的提取及其成分分析 [J]. *氨基酸和生物资源*, 2009, 31(2) : 17 - 20.

[9] 崔福顺, 张华, 李官浩, 等. 美味牛肝菌黄酮类提取物体内抗氧化作用研究 [J]. *食品科技*, 2014, 39(8) : 201 - 205.

[10] 崔福顺, 崔泰花. 美味牛肝菌总三萜提取及大孔树脂纯

(上接第 144 页)

various factors on the composition and stability of black currant anthocyanins [J]. *Food Research International*, 2005, 38: 867 - 871.

[24] 叶兴乾, 陈健初, 苏平. 荸荠种杨梅的花色苷组分鉴定 [J]. *浙江农业大学学报*, 1994, 20(2) : 188 - 190.

[25] Borges G, Degeve A, Mullen W, et al. Identification of flavonoid and phenolic antioxidants in black currant, blueberries,

(上接第 212 页)

抑制作用, 且在 pH6 时抑制作用最强, 过酸或者过碱时没有抑制作用。多糖是植物光合作用的产物, 可以作为人类的能源物质起作用。由于金桂果实多糖具抑菌作用, 所以, 金桂果实多糖用于食品的防腐保鲜有待于研究。这种研究为进一步开发和利用金桂果实多糖提供了积极的指导作用。

参考文献

[1] 杨康民, 朱文江. 桂花 [M]. 上海: 上海科学技术出版社, 2000: 1.

[2] 臧德奎, 向其柏. 中国桂花品种分类研究 [J]. *中国园林*, 2004, 20(11) : 40 - 49.

[3] 鲁涤非. 桂花品种分类的探讨 [J]. *华中农业大学学报*, 1986, 5(2) : 179 - 181.

[4] 刘龙昌, 向其柏. 木樨属植物的研究进展 [J]. *南京林业大学学报·自然科学版*, 2008, 27(2) : 84.

[5] 陈群. 植物多糖的免疫调节作用和抗肿瘤活性 [J]. *安庆师范学院学报·自然科学版*, 2001, 7(1) : 43 - 46.

[6] 于莲, 张俊婷, 马淑霞, 等. 山药多糖提取工艺优化及其抗菌活性研究 [J]. *中成药*, 2014, 36(6) : 1194 - 1198.

[7] 林志奎, 陈培珍, 王燕萍, 等. 桂花叶多糖提取工艺的优化

化工艺研究 [J]. *延边大学农学报*, 2014, 36(3) : 252 - 257.

[11] 万国福. 响应面法优化美味牛肝菌多糖提取工艺研究 [J]. *食品工程*, 2011, 23(6) : 160 - 162.

[12] 陈海强, 胡汝晓, 黄晓辉, 等. 复合酶法水解香菇工艺的研究 [J]. *微生物学通报*, 2012, 39(1) : 62 - 67.

[13] 臧晋, 李慧星, 李杰. 酶解法制备香菇酱丁艺条件的研究 [J]. *中国调味品*, 2010, 35(3) : 83 - 85.

[14] 何飞, 骆敏, 邵超群, 等. 酸性蛋白酶和纤维素酶联合水解蘑菇柄蛋白的研究 [J]. *中国调味品*, 2010, 35(11) : 51 - 54.

[15] 高珊, 余晓斌. 双酶法水解茶树菇工艺的研究 [J]. *食品工业科技*, 2008, 29(1) : 181 - 183.

[16] 施汉钰, 刘瑰琦, 葛江丽, 等. 美味牛肝菌酒饮品配制工艺的研究 [J]. *林业科技*, 2014, 39(6) : 29 - 31.

[17] 吕红英. 美味牛肝菌液态发酵菌醋的研制 [J]. *湖北农业科学*, 2015, 54(16) : 4026 - 4030.

[18] 李艳利, 刘妹韵, 王玉峰, 等. 美味牛肝菌土鸡汤工艺配方的优化 [J]. *安徽农业科学*, 2015, 43(31) : 193 - 195.

[19] 杨文博, 张英华. 蛋白质水解度的测定方法研究 [J]. *中国调味品*, 2014, 39(3) : 88 - 90.

[20] Boxg P, Behnken D W. Some new three level design for the study of quantitative variables [J]. *Technometrics*, 1960 (2) : 456 - 475.

raspberries, red currant, and cranberries [J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2010, 58(7) : 3901 - 3909.

[26] 张镜, 温思霞, 廖富林, 等. 温度、光照及 pH 对阴香花色苷清除 DPPH 自由基活性的影响 [J]. *食品科学*, 2009, 30(13) : 120 - 123.

[27] 史海英, 吕晓玲. 紫玉米花色苷抗氧化能力的稳定性 [J]. *天津科技大学学报*, 2008, 23(1) : 26 - 28.

[J]. *湖北农业科学*, 2012, 51(5) : 986 - 988.

[8] 冯程程, 王思明. 桂花多糖的提取及含量测定方法研究 [J]. *科技资讯*, 2013, 3 : 87.

[9] 王睿. 酶法提取桂花叶多糖工艺及其抗氧化活性研究 [J]. *食品工业科技*, 2014, 35(23) : 89 - 94.

[10] 蒋德旗, 黄利敏, 王艳, 等. 响应面优化纤维素酶法提取桂花多糖工艺及其抗氧化活性研究 [J]. *食品工业科技*, 2015, 36(2) : 271 - 275.

[11] 李昊. 酶法提取桂花多糖工艺的优化及其抗氧化活性研究 [J]. *中国中医药科技*, 2015, 22(4) : 395 - 397.

[12] 尹伟, 陶阿丽, 戴一, 等. 桂花多糖体外免疫活性的研究 [J]. *赤峰学院学报: 自然科学版*, 2015(21) : 16 - 18.

[13] 何传波, 陈玲, 李琳. 巴戟天多糖脱蛋白方法的研究 [J]. *食品科技*, 2005(6) : 25.

[14] 陈钧辉, 李俊, 张太平, 等. 生物化学实验 (第四版) [M]. 北京: 科学出版社, 2008: 20 - 22.

[15] 李卫彬, 阳文辉, 黄锁义, 等. 当归总糖、还原糖和多糖的含量测定方法探讨 [J]. *微量元素与健康研究*, 2008, 25(3) : 46 - 47.

[16] 刘安军, 李海燕, 王云霞, 等. 核桃种皮多糖抑制大肠杆菌的研究 [J]. *现代食品科技*, 2011, 27(1) : 29 - 31.