

黑果腺肋花楸果实内含物变化规律研究

张东为, 龙忠伟, 张海旺, 王 鹏

辽宁省旱地农林研究所, 辽宁 朝阳
Email: zhangdw2004@126.com

收稿日期: 2021年6月22日; 录用日期: 2021年7月22日; 发布日期: 2021年7月29日

摘 要

为掌握辽西地区黑果腺肋花楸果实成熟后其花青素、花色苷、黄酮、总酚、可溶性固形物及Vc含量的变化规律, 从2020年9月1日开始至10月21日, 每隔10 d采集黑果腺肋花楸果实, 采用分光光度法等分析化验方法分析上述活性物质不同时期含量, 基于SPSS进行方差分析, 结果表明: 黄酮、花青素、花色苷、总酚这几类物质在黑果腺肋花楸果实未完全成熟时含量较低, 随着果实成熟度的增加, 上述几类物质呈现增加趋势, 并在10月上旬达到高峰, 随后逐渐下降; 在果实未完全成熟及初始成熟的黑果腺肋花楸Vc含量最高; 果实未完全成熟时可溶性固形物含量最低, 果实成熟后其含量基本维持在一个相对稳定的水平; 在辽西地区, 黑果腺肋花楸适宜的采收期应该是9月11日至10月11日之间, 这一阶段采收, 其内含物含量大多处于丰富水平。

关键词

辽西地区, 黑果腺肋花楸, 果实内含物, 变化规律

Study on the Changes of Contents in *Aronia melanocarpa* Fruit

Dongwei Zhang, Zhongwei Long, Haiwang Zhang, Peng Wang

Institute of Agriculture and Forestry in Arid Areas of Liaoning Province, Chaoyang Liaoning
Email: zhangdw2004@126.com

Received: Jun. 22nd, 2021; accepted: Jul. 22nd, 2021; published: Jul. 29th, 2021

Abstract

In order to learn the optimal harvest time of *Aronia melanocarpa* in western Liaoning Province, the variation patterns of anthocyanin, flavonoid, total phenol, soluble solid and Vc contents in fruit at different ripening stages of *Aronia melanocarpa* were researched in this paper. The fruit

was collected in every 10 days from September 1 to October 21, 2020 and tested for above active substances at different stages by spectrophotometry and other analytical methods. The ANOVA analysis results based on SPSS software, the results showed that flavonoid, anthocyanin and total phenol contents were low in fruit not completely ripe and gradually increased with the increase of fruit maturity, reaching peak in early October, and then decreasing gradually. The content of Vc was the highest in immature and initial ripening fruit and the content of soluble solids was the lowest in immature fruit, basically maintaining at a relatively stable level after fruit ripening. Therefore, the optimal harvest time of *Aronia melanocarpa* in Western Liaoning Province was between September 11 and October 11, and the content of inclusions was rich at this stage.

Keywords

Western Liaoning, *Aronia melanocarpa*, Fruit Inclusion Nutrients, Change Rule

Copyright © 2021 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

黑果腺肋花楸(*Aronia melanocarpa*)原产于美国的东北部,属于蔷薇科腺肋花楸属的落叶灌木,原苏联、保加利亚、芬兰、匈牙利、波兰、德国、荷兰、捷克和斯洛伐克、日本和朝鲜等国家都有引种栽培。该树种成年树高 1.5~2.5 m,丛状树形,在欧美和东亚地区园林绿化方面应用广泛。辽宁省从上世纪 90 年代年开始引种栽培,现已有黑龙江、吉林、山东等 10 余个省、市也进行了引种栽培[1] [2]。在辽宁省西部地区,黑果腺肋花楸在 4 月上旬芽萌动;5 月上旬开花,下旬坐果;9 月上旬果实开始成熟,从幼果膨大至果实成熟需 100 d 左右[3],果实呈球形,果皮紫黑色,果肉暗红色,单果重 1~2 g,果实直径为 1.4 cm 左右,甜酸略有微涩味,富含花青素、黄酮、多酚、维生素和矿物质等营养成分,药用价值极高,其提取物对高血压、心脏病等心脑血管疾病防治效果显著[4],其果实提炼加工成的药品、保健饮料和食品在市场上非常受消费者青睐[3]。2018 年 9 月,国家卫健委发布了卫生行政许可公告“2018 年第 10 号公告”,将黑果腺肋花楸果实列入新食品原料,为我国黑果腺肋花楸产业提供了远大的发展前景。

近年来对黑果腺肋花楸生长、经营等方面的研究越来越受到世界科研工作者的重视,发表的文献数量逐年增加,研究深度和领域不断加深和拓宽[5]。自引种以来,我国学者的大部分研究工作主要集中在引种栽培、苗木繁育、化学、药理和产品开发等领域[6],其营养成分及功能性成分研究相对较少[7]。为此,本文研究分析了辽宁省西部地区黑果腺肋花楸果实成熟后在不同采收日期的花青素、花色苷、黄酮、总酚、可溶性固形物及 Vc 等几种活性物质含量(内含物)的变化规律,为确定合理的采收期奠定理论支撑。

2. 试验地概况

试验样品采自辽宁省旱地农林研究所实验基地黑果腺肋花楸园,该园位于辽宁省朝阳县二十家子镇境内,属于低山丘陵地貌,海拔高度 270 m,属暖温带半湿润半干旱气候,主要气候特点为四季分明、雨热同季、日照充足、昼夜温差较大,多年平均降雨量 430 mm,多集中在夏季,平均气温 7.5℃,平均相对湿度 55%,无霜期 153 d,一月平均气温-12℃,最低气温-31℃,七月平均气温 25℃,最高气温 40.6℃,

日照充足, 年日照时数 2850~2960 h, 年蒸发量 1700 mm, 土壤类型为淋溶褐土, pH 为 7.2, 土层厚度 100~150 cm。

3. 材料与方法

3.1. 果实采集方式

从 2014 年栽植的黑果腺肋花楸园中选取固定 3 株生长健壮、结实正常的样树(品种为富康源 2 号), 2020 年 9 月 1 日开始至 10 月 21 日, 每隔 10 d 在树体的东、西、南、北 4 个方位健壮结果枝条采摘果实, 每株样树采果 100 g, 共采集 6 次, 合计 18 个样品。采摘后的果实立即用自封袋封闭, 在-16℃冰箱中冷冻保存, 待检。

3.2. 测试方法

本研究对黑果腺肋花楸果实花青素、黄酮、总酚、花色苷、维生素 C (V_c)及可溶性固形物 6 种主要营养成分含量进行测试。

花青素的含量采用紫外分光光度法[8]; 黄酮采用分光光度法测定, 以芦丁作为对照品; 总黄酮含量用分光光度法测定, 以芦丁当量表示[9]; 花色苷含量采用示差法测定, 含量以矢车菊色素-3-葡萄糖苷计[10]; 总酚含量采用福林酚比色法测定, 用紫外-可见分光光度计测定 765 nm 吸光度, 以没食子酸为标准物, 以每克鲜食中没食子酸的等价物表示总酚含量[11]; 果实 V_c 含量根据 GB/T 5009.86-2016 规定的方法, 采用 2,6-二氯靛酚滴定法测定; 可溶性固形物采用折射仪法[12], 在 20℃用折射仪测定试样溶液的折射率, 从仪器的刻度尺上直接读出可溶性固形物的含量。每个样品重复测定 3 次。

统计分析采用 Excel 2003 及 SPSS statistis V21 软件进行。

4. 结果与分析

4.1. 花青素含量变化

Table 1. Content of active substance in *Aronia melanocarpa* fruit

表 1. 黑果腺肋花楸活性物质含量表

日期	花青素 mg/g	黄酮 mg/g	总酚 mg/g	花色苷 mg/g	可溶性固形物%	V _c mg/100 g
9 月 1 日	1.568 ± 0.167cBC	13.230 ± 4.660bB	10.179 ± 0.597dD	1.855 ± 0.149cC	11.62 ± 0.889bB	30.167 ± 0.961aA
9 月 11 日	1.726 ± 0.136bB	23.506 ± 5.333aA	10.588 ± 0.344cdCD	3.353 ± 0.288aAB	12.84 ± 0.375abAB	30.183 ± 0.691aA
9 月 21 日	1.522 ± 0.044cC	22.635 ± 0.665aA	11.655 ± 0.874abAB	3.075 ± 0.098bAB	12.56 ± 0.808abAB	27.201 ± 0.716bB
10 月 1 日	1.735 ± 0.115bB	23.778 ± 1.680aA	11.249 ± 0.538bcBC	3.381 ± 0.274aA	12.83 ± 0.887abAB	27.740 ± 0.441bB
10 月 11 日	2.032 ± 0.058aA	26.466 ± 3.394aA	12.454 ± 0.386aA	3.203 ± 0.232abAB	12.33 ± 1.192abAB	24.296 ± 1.519cC
10 月 21 日	1.721 ± 0.109bB	22.793 ± 1.771aA	11.494 ± 0.573bABC	3.039 ± 0.236bB	13.32 ± 0.962aA	25.570 ± 0.394dC

注: 同列数据后不同大写字母表示在 $p < 0.01$ 上差异极显著, 不同小写字母表示在 $p < 0.05$ 上差异显著。

从表 1 及图 1 中可以看出, 从 9 月 1 日始至 10 月 21 日, 黑果腺肋花楸果实花青素含量在 1.522~2.032 mg/g 之间, 总体上呈现了逐渐增高后又下降的趋势。10 月 11 日前花青素含量基本呈现了逐渐增多的趋势, 到 10 月 11 日, 花青素含量达到最高值, 达到了 2.032 mg/g, 是 9 月 1 日果实未完全成熟时花青素含量值的 1.3 倍, 与其他日期测量值达到了极显著差异($p < 0.01$); 9 月 1 日及 9 月 21 日含量均较低, 不足 1.6 mg/g, 这二者之间没有显著差异, 10 月 11 日花青素含量到达高峰后逐渐下降。

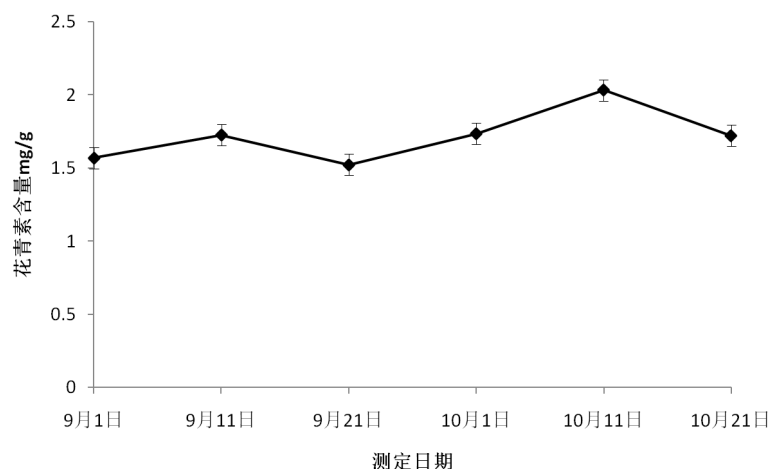


Figure 1. Change of anthocyan content

图 1. 花青素含量变化图

4.2. 黄酮含量的变化

黄酮含量在 9 月 1 日最低, 为 13.230 mg/g, 9 月 11 日至 10 月 21 日含量均超过了 22.00 mg/g, 达到了 22.635~26.466 mg/g, 9 月 11 日黄酮含量是 9 月 1 日黄酮含量的 1.71 倍, 说明从果实接近成熟到果实完全成熟的这 10 d 中, 黄酮含量迅速增多, 到 10 月 11 日黄酮含量达到峰值, 为 26.466 mg/g, 是 9 月 1 日黄酮含量的 2 倍, 随后含量又有降低。除了 9 月 1 日测量值显著低于其他日期的黄酮含量外, 其他日期测量值之间并没有达到显著差异 ($p < 0.05$), 说明果实成熟后黄酮含量基本维持在同一水平, 见表 1、图 2。

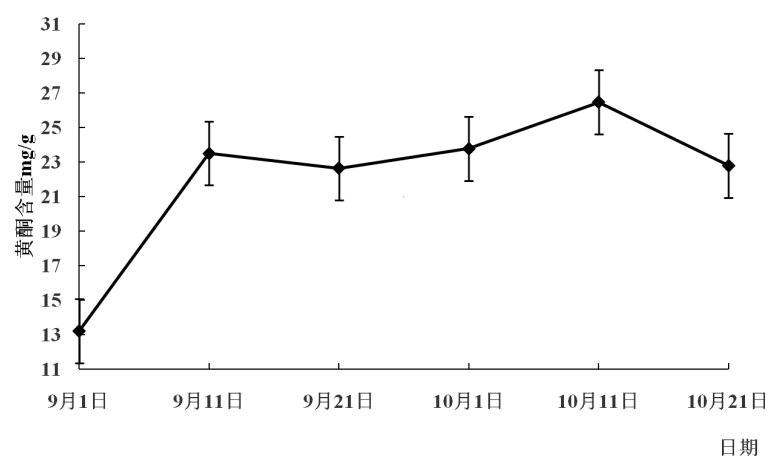


Figure 2. Change of flavonoid content

图 2. 黄酮含量变化图

4.3. 花色苷含量的变化

花色苷的含量在 9 月 1 日果实未完全成熟时含量最低, 为 1.855 mg/g, 与果实成熟后测量的花色苷含量差异极显著 ($p < 0.01$), 见表 1、图 3, 9 月 11~10 月 21 日, 花色苷含量比果实未成熟时显著提高, 达到了 3 mg/g 以上, 是 9 月 1 日果实的花色苷含量 1.64~1.82 倍; 9 月 10 日后各时期之间花色苷的含量虽有不同, 但并没有极显著差异水平 ($p > 0.01$), 10 月 1 日花色苷含量达到最高值, 为 3.381 mg/g, 随后

其含量又逐渐降低。

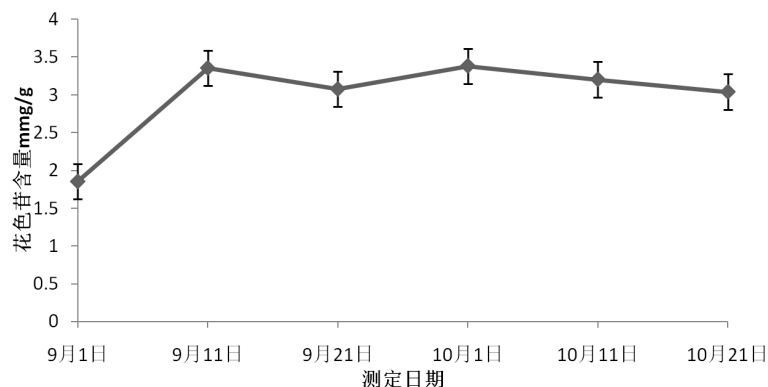


Figure 3. Change of anthocyanin content

图 3. 花色苷含量变化图

4.4. 总酚含量的变化

总酚含量在 9 月 1 日最低, 为 10.179 mg/g, 随着果实的逐渐成熟, 含量逐渐增加, 到 10 月 11 日达到最大值, 为 12.454 mg/g, 是 9 月 1 日总酚含量的 1.22 倍, 随后至 10 月 21 日, 总酚含量又呈现下降的趋势。9 月 11 日总酚含量大于 9 月 1 日总酚含量, 但二者之间并无显著差异($p > 0.01$), 9 月 1 日总酚含量除与 9 月 11 日含无显著差异外, 与其他日期的总酚含量均呈现显著差异, 即果实未成熟时总酚含量显著低于果实完全成熟后总酚含量($p < 0.05$); 10 月 1 日果实的总酚含量虽然低于 9 月 21 日总酚含量, 但二者之间并无显著差异($p > 0.05$), 说明这一阶段内果实的总酚含量基本处于同一水平之间; 10 月 11 日果实总酚含量虽然达到了最高值, 但和 9 月 21 日及 10 月 21 日之间的测定结果并无显著差异($p > 0.05$), 见表 1、图 4。

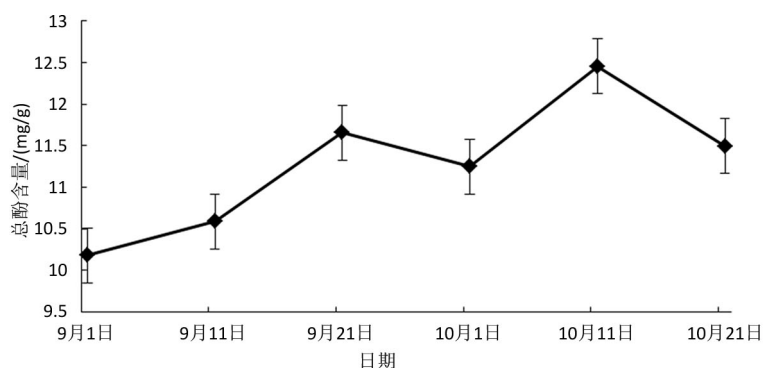


Figure 4. Change of the total phenol content

图 4. 总酚含量变化图

4.5. Vc 含量的变化

9 月 1 日和 11 日果实 Vc 含量基本相同, 接近 0.302 mg/g, 为最高值, 9 月 21 日至 10 月 1 日 Vc 含量在 0.272~0.2774 mg/100 g 之间, 这两次测量的果实 Vc 含量并没有显著差异, 但明显低于 9 月 11 日以前果实的 Vc 含量($p < 0.01$); 10 月中下旬的两次 Vc 测量值最低, 在 0.243~0.2557 mg/g 之间, 二者之间也没有显著差异($p > 0.01$), 但均明显低于 9 月 21 日至 10 月 1 日 Vc 含量($p < 0.01$), 说明随着黑果腺肋果

实的逐渐成熟, Vc 含量是呈现逐步下降的趋势, 从9月上旬果实成熟后到10月中下旬, Vc 含量下降了15%以上, 见表1, 图5。

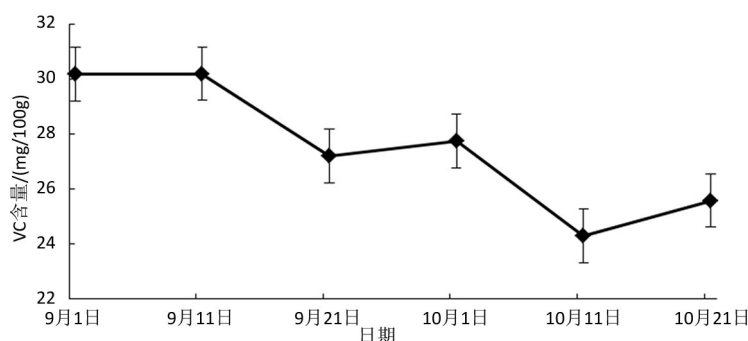


Figure 5. Change of Vc content

图5. Vc 含量变化图

4.6. 可溶性固形物的变化

从表1及图6中可以看出, 可溶性固形物在果实未完全成熟时(9月11日)含量最低, 为11.62%, 9月11日至10月11日, 可溶性固形物含量为12.33%~12.84%, 虽然从9月11日至10月11日果实的可溶性固形物含量均大于9月1日的可溶性固形物含量, 但并没有达到显著差异水平($p > 0.01$); 至10月21日, 可溶性固形物含量最高, 达到了13.32%, 但与9月11日至10月11日果实的可溶性固形物含量也没形成显著差异($p > 0.01$), 在整个观测期中, 只有9月11日和10月21日黑果腺肋花楸的可溶性固形物含量之间差异显著($p < 0.01$), 且10月21日果实可溶性固形物含量是9月11日果实未完全成熟时可溶性固形物含量的1.15倍。

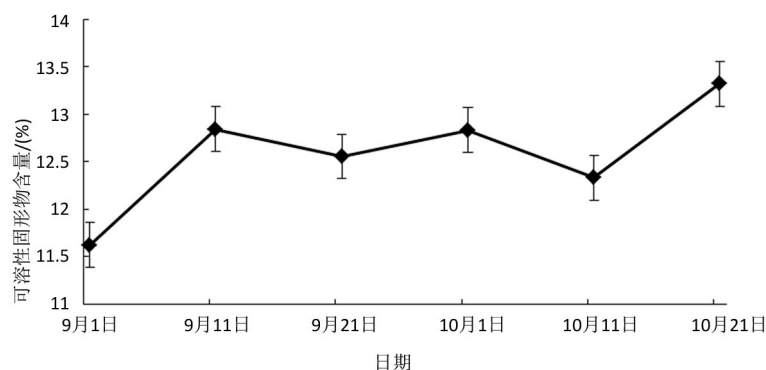


Figure 6. Change of soluble solid content

图6. 可溶性固形物含量变化图

5. 讨论

花青素、黄酮、花色苷均属于多酚类物质, 9月1日黑果腺肋花楸果实尚未完全成熟, 但此时果实颜色和已经成熟时的颜色基本一致, 此时这几类物质含量均比成熟后的含量低, 随着果实的逐渐成熟, 这几个多酚类物质含量均逐渐增高并逐渐达到峰值, 达到峰值后又呈现下降的趋势, 其中, 花青素、黄酮及总酚表现基本一致, 其含量在10月11日达到最高值, 随后降低, 花色苷含量到达峰值的时间在10月1日, 比黄酮、花青素及总酚含量到达峰值的时间早10d, 随后其含量又开始降低。张星等[13]测定了

蓝靛果、越桔、野生蓝莓、蓝莓 4 种浆果的总酚、总黄酮及花青素的含量, 其中蓝靛果总酚含量最高, 达到了 3.1380 mg/g, 越桔总黄酮含量最高, 达到了 2.1335 mg/g, 蓝靛果和蓝莓花青素含量最高, 分别为 1.616 mg/g 和 1.603 mg/g, 黑果腺肋花楸在果实成熟后(9 月 10 日后), 其黄酮含量是 4 种越桔的 10~12.4 倍, 总酚含量是蓝靛果的 3~4 倍; 本研究测定的果实成熟后花青素平均含量为 1.747 mg/g 也要高于蓝靛果和蓝莓。

张志敏等[14]测定了 4 种野生树莓的总酚含量, 其含量范围在 1.982~3.567 mg/g 之间, 黑果腺肋花楸总酚含量达到了野生树莓的 3~5 倍。

9 月 11 日前黑果腺肋花楸果实的 Vc 含量最高, 说明果实接近成熟至刚刚成熟这一阶段 Vc 含量最丰富, 以后随着果实的完全成熟, Vc 含量总体上呈阶梯式下降趋势。

黑果腺肋可溶性固形物含量在果实未完全成熟时含量最低, 果实成熟后含量增多, 并在成熟后 30 d 的时间里保持了一个相对稳定的水平, 达到了 12.5%左右, 至 10 月下旬, 果实成熟后挂树时间已经达到了 40 d 左右, 呈现过熟状态, 部分果实已不再饱满, 有萎蔫现象, 这时一时期可溶性固形物含量超过了 13%, 这可能是与果实的含水量下降有关。

本研究只测量了冷冻鲜果的 6 种内含物的变化, 并没有测量采摘后鲜果的含水量, 各采摘时间鲜果的含水量不同可能对试验数据有影响。花青素、花色苷及黄酮均属于多酚类物质, 植物中多酚的含量受果实成熟程度、品种、加工过程及储存条件等受诸多因素影响[15], 本研究采用的是样品是冷冻鲜果, 在冷冻储藏保存过程中各活性物质有可能进行分解, 因此可能会对样品活性物质含量造成一定影响。

6. 结论

1) 黑果腺肋花楸果实成熟度影响了多酚类物质、Vc 及可溶性固形物的含量。

2) 黑果腺肋花楸从果实接近成熟到过熟阶段, 其黄酮、花青素、花色苷、总酚这几类物质在果实未完全成熟时其含量均较低(9 月初), 黄酮含量在果实未完全成熟时显著低于果实成熟后的含量, 随着果实的逐渐成熟, 上述几类物质呈现增加趋势, 在 10 月上旬达到高峰, 随后逐渐下降。

3) 在果实未完全成熟及初始成熟期黑果腺肋花楸的 Vc 含量最高, 超过了 0.30 mg/g, 与其他时期果实的 Vc 含量具有差异显著, 随着果实成熟期的延长, 其 Vc 含量呈阶梯式下降, 从 9 月上旬果实成熟后到 10 月中下旬, Vc 含量下降了 15%以上。

4) 果实未完全成熟时可溶性固形物含量最低, 在 9 月 11 日开始至 10 月 11 日这一阶段的可溶性固形物含量基本维持在一个相对稳定的范围内, 平均含量为 12.6%。果实过熟阶段, 由于果实含水量的降低可溶性固形物含量增高, 但与 9 月 11 日至 10 月 11 日期间的可溶性固形物含量没有显著差异, 只与果实未完全成熟时的可溶性固形物有显著差异。

5) 综合分析, 在辽西地区, 黑果腺肋花楸事宜的采收期应该是 9 月 11 日至 10 月 11 日之间, 这一阶段采收, 其花青素、花色苷、黄酮、多酚、可溶性固形物含量均处于较丰富水平, 如果早于 9 月 11 日, 果实未完全成熟, 虽然 Vc 含量较高, 但多酚类物质含量并没有达到平均水平, 10 月 11 日以后采收, 果实 Vc 含量显著下降, 多酚类物质也呈下降趋势, 果实品质下降。

基金项目

辽宁省农业科学院基本科研业务专项学科建设择优支持项目(2019DD206530)。

参考文献

[1] 马兴华. 优良的经济树种——黑果腺肋花楸[J]. 林业科技通讯, 1992(11): 31-33.

-
- [2] 姜镇荣. 黑果腺肋花楸产业化高效栽培技术研究的展望[J]. 辽宁林业科技, 2013(2): 42-43.
- [3] 韩文忠, 马兴华. 黑果腺肋花楸的生物学特性和应用价值[J]. 辽宁林业科技, 2005(4): 40-42.
- [4] 韩文忠, 姜镇荣, 马兴华, 李丽君, 张亚文. 国内外腺肋花楸产业和技术发展概况[J]. 防护林科技, 2007(3): 57-58.
- [5] 李梦莎, 周丽萍, 朱良玉, 张悦, 王化, 戴冠华, 等. 基于 Web of Science 黑果腺肋花楸研究信息情报学分析[J]. 国土与自然资源研究, 2015(6): 16-18.
- [6] 韦庆翠, 陈立冬, 刘玉亭, 汤庚国, 张衡锋. 黑果腺肋花楸化学功效及产业开发的研究进展[J]. 林业科技通讯, 2018(5): 64-69.
- [7] 贾晓韩, 李晓菁, 宋立琴, 张立彬, 杨越冬. 黑果腺肋花楸和欧李果实成分的分析[J]. 落叶果树, 2020, 52(2): 18-20.
- [8] 孙美玲, 梁月洋, 王红朵, 张仲鸣. 河南南阳地产绿米稻壳中花青素的提取工艺研究[J]. 中国农学通报, 2018, 34(18): 71-76.
- [9] 宋元清, 王艳平, 毛远菁. 分光光度法测定芦笋中总黄酮的含量[J]. 化学分析计量, 2005, 14(4): 52-53.
- [10] 赵慧芳, 王小敏, 闫连飞, 吴文龙, 李维林. 黑莓果实中花色苷的提取和测定方法研究[J]. 食品工业科技, 2008(5): 176-179.
- [11] 李静, 聂继云, 李海飞, 徐国峰, 王孝娣, 毋永龙, 等. Folin-酚法测定水果及其制品中总多酚含量的条件[J]. 果树学报, 2008, 25(1): 126-131.
- [12] 王鸿飞, 邵兴锋. 果品蔬菜贮藏与加工实验指导[M]. 北京: 科学出版社, 2012.
- [13] 张星, 毕金峰, 陈芹芹, 吕莹, 吴昕焯, 李旋, 等. 4种浆果成分分析及抗氧化活性研究[J]. 食品科技, 2020, 45(6): 52-58.
- [14] 张志敏, 朱祥, 刘针杏. 野生树莓果实总酚含量及抗氧化能力分析[J]. 农产品加工(下半月), 2018(11): 49-51.
- [15] 戈素芬, 张东为, 任丽华, 李凤鸣, 丛子健, 曹锐. 辽西优质沙棘品种叶片营养成分分析[J]. 水土保持应用技术, 2021(1): 4-7.