

网络出版时间:2015-06-30 13:47

DOI:10.13207/j.cnki.jnwafu.2015.08.016

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1390.S.20150630.1347.016.html>

苹果疏除幼果与成熟果果胶品质的比较

窦 姣, 郭玉蓉, 李 洁, 陈玮琦, 张晓瑞

(陕西师范大学 食品工程与营养科学学院, 陕西 西安 710062)

【摘要】 **【目的】** 研究苹果疏除幼果与成熟果果胶品质的差异, 为苹果资源的高效综合利用提供参考。 **【方法】** 以苹果疏果期的疏除幼果和成熟果榨汁后的果渣为原料, 采用传统酸法提取苹果果胶, 对 2 种果胶的得率、酯化度、纯度、总酚含量、褐变度、色值、特性黏度和黏均分子量进行测定, 比较其差异并分析果胶的超微结构。 **【结果】** 苹果疏除幼果果胶的得率、酯化度、纯度、特性黏度及黏均分子量均小于成熟果果胶, 但总酚含量和褐变度均大于成熟果果胶; 成熟果果胶的色泽比苹果疏除幼果果胶好。苹果疏除幼果与成熟果果胶的表面结构存在明显差异。 **【结论】** 苹果疏除幼果果胶品质不如成熟果果胶。

【关键词】 苹果疏除幼果; 成熟果; 酯化度; 果胶

【中图分类号】 TS201.2

【文献标志码】 A

【文章编号】 1671-9387(2015)08-0189-06

Comparison of quality of pectins extracted from thinned young apple and mature apple

DOU Jiao, GUO Yu-rong, LI Jie, CHEN Wei-qi, ZHANG Xiao-rui

(College of Food Engineering and Nutritional Science, Shaanxi Normal University, Xi'an, Shaanxi 710062, China)

Abstract: **【Objective】** The differences in quality of pectins extracted from thinned young apple and mature apple were studied to provide references for efficient utilization of apple resources. **【Method】** Taking pomace of thinned young apple and mature apple as material, conventional acid method was adopted to extract apple pectins, and the yield, esterification degree, purity, color values, total polyphenol, browning degree, intrinsic viscosity and molecular weight were determined for comparing physic-chemical properties. **【Result】** The yield, esterification degree, purity, intrinsic viscosity and molecular weight of thinned young apple pectin were lower than those of mature apple pectin, while the total polyphenol content and browning degree were higher. Moreover, the color values of mature apple pectin were better. Significant differences in surface structures of pectin from thinned young apple and mature apple were observed. **【Conclusion】** Thinned young apple pectin was not as good as mature apple pectin.

Key words: thinned young apple; mature apple; esterification degree; pectin

果胶(Pectin)是自然界中结构非常复杂的一类多糖聚合物, 相对分子质量在 1 万~40 万, 广泛存在于高等植物的细胞壁和细胞内层, 其主要结构是由 α -1,4-糖苷键连接而成的多聚半乳糖醛酸链^[1]。

果胶作为天然的功能因子, 添加到食品中不仅可以达到稳定剂、乳化剂和增稠剂的效果, 还可以起到降血糖、血脂和胆固醇的作用^[2]。苹果渣是苹果榨汁后的主要副产物, 而果胶是苹果渣中一种重要的水

【收稿日期】 2014-01-20

【基金项目】 农业部现代苹果产业技术体系专项基金项目(CARS-28)

【作者简介】 窦 姣(1990-), 女, 山西运城人, 在读硕士, 主要从事食品功能开发及利用研究。E-mail: doujiao1210@163.com

【通信作者】 郭玉蓉(1962-), 女, 陕西西安人, 教授, 博士, 博士生导师, 主要从事食品生物加工研究。

E-mail: guoyurong730@163.com

溶性膳食纤维,干苹果渣中含 10%~16%的果胶物质^[3]。因此,有效地利用苹果渣中的果胶资源并据此开发出高附加值产品,是苹果加工产业亟待解决的问题。

疏花疏果是苹果生产中必须进行的操作,由于苹果开花季节容易受倒春寒的影响,因此生产中以疏果为主。我国为世界最大的苹果生产国,2012年苹果种植面积约为 2.53×10^6 hm²,占全球的一半以上,每 hm² 约产生 750 kg 苹果幼果,总量达 166 万 t^[4]。充分利用生产中大量废弃的苹果幼果分离提取果胶,对于综合利用苹果资源,提高其附加值具有重要意义。吴继红等^[5]对微波辅助提取与传统酸法制得的果胶品质进行比较发现,传统酸法提取的果胶凝胶强度高于微波工艺;Janet 等^[6]发现,苹果成熟果果胶在促进脂肪代谢,降低血液中胆固醇、高密度脂蛋白和甘油三酯方面有较为显著的作用;但苹果疏除幼果中果胶品质如何尚未见报道。因此,本研究从苹果疏果期疏除的幼果和成熟期果实榨汁后的果渣中分别提取果胶,对其理化特性进行比较,以期开发新的果胶提取植物资源,并为苹果果胶的应用提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料

苹果疏果期幼果采自陕西省咸阳市礼泉县苹果综合试验站 10 年生“长富 2 号”苹果树,单果质量约 5 g;成熟果果渣(水分质量分数 12%左右)由陕西师范大学冷破碎制汁生产线提供。无水乙醇、浓 HCl、Na₂HPO₄、NaH₂PO₄、半乳糖醛酸、NaOH、咪唑、浓 H₂SO₄、酚酞、没食子酸、福林酚和无水 Na₂CO₃,均为分析纯。

1.2 仪器

Quanta-200 扫描电子显微镜,荷兰 FEI 公司;CR-400/410 型色彩色差计,柯尼卡美能达投资有限公司;LGJ-18C 冷冻干燥机,北京四环科学仪器厂;WFJ2100 型分光光度计,尤尼科仪器有限公司上海分公司;PHS-3C 精密 pH 计,上海精密科学仪器有限公司;乌氏黏度计,上海 EHSY 西域仪器公司。

1.3 方法

1.3.1 苹果果胶的提取 苹果幼果果胶的提取步骤为:苹果幼果→切片→漂烫灭酶处理 1 min(100℃)→55℃干燥→粉碎,过孔径 0.28 mm 筛→传统酸法浸提(料(g)液(mL)比 1:10,pH 2,温度 90℃,时间 90 min)→上清液浓缩至原体积的 1/4→体

积分数 95%乙醇沉淀(4℃,静置过夜)→离心 20 min(4 000 r/min)→无水乙醇、丙酮洗涤沉淀 2 次→溶解沉淀→真空冷冻干燥→苹果幼果果胶。成熟果果胶的提取方法为:以成熟果果渣为原料,55℃干燥后采用传统酸法提取,其操作同苹果幼果果胶提取,最后得到成熟果果胶。

提取过程中用传统酸法浸提及通过后续步骤提纯得到苹果果胶后,对各样品分别计算果胶纯度,并计算果胶得率,果胶得率=果胶的质量/原料的质量×100%。

1.3.2 苹果果胶酯化度的测定 果胶酯化度(Degree of esterification,DE)即果胶中的甲氧基含量,采用双滴定法^[6]测定。准确称取 0.2 g 果胶样品移入 250 mL 锥形瓶中,用乙醇润湿,加入 20 mL 不含 CO₂ 的 40℃蒸馏水,用瓶塞塞紧,摇匀振荡,完全溶解后加质量分数 1%酚酞指示剂 3 滴,用 0.1 mol/L 的 NaOH 标准溶液进行标定至粉红色,记录所消耗 NaOH 的体积(V₁),即为初滴定量;继续加入 10 mL 0.1 mol/L 的 NaOH 标准溶液,加塞后强烈振荡 2 h,加入 10 mL 0.1 mol/L 的盐酸溶液,摇匀至粉红色消失为止,然后加入 3 滴酚酞指示剂,用 0.1 mol/L NaOH 溶液滴定至呈微红色,记录所消耗 NaOH 的体积(V₂),即为皂化滴定量。果胶酯化度计算公式如下:

$$DE = V_2 / (V_1 + V_2) \times 100\%$$

式中:V₁ 为样品溶液的初滴定量(mL);V₂ 为样品溶液的皂化滴定量(mL)。

1.3.3 苹果果胶纯度的测定 果胶纯度以果胶中半乳糖醛酸的含量为评判标准,采用咪唑-硫酸比色法^[7]测定。称取 0.1 g 果胶样品溶于 50 mL 去离子水中,将样品溶液稀释 20 倍,取 1 mL 加入 25 mL 比色管中,然后加入 6 mL 浓 H₂SO₄ 混匀,沸水浴 20 min,取出后快速冷却至室温,再加入质量分数 0.15%的咪唑-乙醇溶液 0.2 mL,混匀,暗处放置 2 h。在 530 nm 处测定吸光值,根据半乳糖醛酸标准曲线,计算相应的半乳糖醛酸含量。果胶中半乳糖醛酸(GA)含量的计算公式如下:

$$GA = (C \times V \times 100 \times A) / (W \times 10^6) \times 100\%$$

式中:C 为由对照标准曲线($y = 0.0051x + 0.008$ ($R^2 = 0.9991$))求得的果胶稀释液中半乳糖醛酸质量浓度($\mu\text{g/mL}$);V 为果胶提取液原液体积(mL);A 为果胶提取液的稀释倍数;W 为样品质量(g);10⁶ 为质量单位换算系数。

1.3.4 苹果果胶总酚含量的测定 准确称取 0.1 g

果胶样品溶于蒸馏水中, 定容至 10 mL, 取 2 mL 样品溶液于 25 mL 棕色容量瓶中, 分别加入 12 mL 饱和 Na_2CO_3 溶液和 1 mL 福林酚试剂, 加水定容至刻度, 置于暗处静置反应 1 h, 765 nm 处测定吸光值。根据焦性没食子酸标准曲线, 计算果胶中的总酚含量, 计算公式如下:

$$\text{总酚含量} = (C \times V) / m。$$

式中: C 为由对照标准曲线 ($y = 9.9343x + 0.0035$, $R^2 = 0.9995$) 求得的果胶溶液的总酚质量浓度 (mg/mL); V 为果胶溶液体积 (mL); m 为果胶样品的质量 (g)。

1.3.5 苹果果胶褐变度的测定 将果胶样品溶于去离子水中并配成质量分数为 1% 的溶液, 过 0.45 μm 微孔滤膜后测定其在 420 nm 处的吸光值, 吸光值越大, 表示褐变越严重^[8]。

1.3.6 苹果果胶色值的测定 采用 CR-400/410 型色彩色差计测定苹果原料及各自果胶的色值。

1.3.7 苹果果胶特性黏度和黏均分子量的测定 用 0.1 mol/L 的磷酸缓冲液将果胶样品分别配制为质量浓度 1~8 mg/L 的溶液。用乌氏黏度计分别测定不同质量浓度果胶溶液和溶剂的绝对黏度 η 和 η_0 (单位为 dL/g), 测定 3 次, 取平均值^[9-10]。

根据公式 $\eta_{sp} = (\eta - \eta_0) / \eta_0 = \eta_r - 1$, 计算相对黏度 η_r 和增比黏度 η_{sp} , 计算过程中 η_r 值在 1.2~2.0 内有效; 根据经验公式 $\eta_{sp}/c = [\eta] + k[\eta]^2c$ 和 $\ln \eta_r/c = [\eta] + \beta[\eta]^2c$, 以 $(\eta_{sp}/c) - c$ 和 $(\ln \eta_r/c) - c$ 绘图, 外推至 $c=0$, 所得截距为特性黏度 $[\eta]$, 其中 c 为溶液的浓度, k 和 β 分别为 Huggins 和 Kramer 常数, 计算得到 Huggins 和 Kramer 特性粘度; 根据公

式 $[\eta] = k\bar{M}_v^\alpha$, 计算得到 Huggins 和 Kramer 黏均分子量 \bar{M}_v^α , 其中 $k = 2.34 \times 10^{-5}$, $\alpha = 0.8224$ ^[11]。通过 2 组值比较 2 种果胶的特性黏度和黏均分子量。

1.3.8 苹果果胶的超微结构分析 取适量的干燥果胶样品粘着于样品台上, 采用溅射镀膜法^[12]对样品进行表面镀金, 将表面镀金的样品置于扫描电镜下观察。

1.4 数据处理与分析

所有试验均重复 3 次。试验结果采用 DPS 7.05 统计软件进行分析, Excel 软件绘图制表。采用多重比较方法进行不同处理间的显著性分析, 显著水平为 $P < 0.05$ 。

2 结果与分析

2.1 苹果疏除幼果与成熟果果胶酯化度的比较

果胶酯化度指主链上的聚半乳糖醛酸被甲酯化的程度, 是决定果胶凝胶特性的重要指标。根据酯化程度的不同, 果胶可以分为高酯果胶 (酯化度 $\geq 50\%$) 和低酯果胶 (酯化度 $< 50\%$)^[13]。苹果疏除幼果与成熟果果胶酯化度的测定结果见表 1。由表 1 可知, 苹果疏除幼果果胶的酯化度为 67.43%, 成熟果果胶的酯化度为 76.92%, 苹果幼果果胶的酯化度显著低于成熟果果胶 ($P < 0.05$), 但二者的酯化度均大于 50%, 为高酯果胶; 苹果幼果果胶属于高酯中凝胶果胶, 成熟果果胶属于高酯超快凝胶果胶。在实际生产中, 可根据酯化度的不同, 将苹果疏除幼果果胶与成熟果果胶应用于不同的产品中。

表 1 苹果疏除幼果与成熟果果胶酯化度的比较

Table 1 Comparison of esterification degree of pectins from thinned young apple and mature apple

| 果胶 Pectin | 酯化度/% Esterification degree | 果胶类型 Pectin type |
|---------------------------------|-----------------------------|---|
| 成熟果果胶 Mature apple pectin | 76.92±0.67 a | 高酯超快凝胶果胶 High ester super fast setting pectin |
| 幼果果胶 Thinned young apple pectin | 67.43±1.27 b | 高酯中凝胶果胶 High ester middle setting pectin |

注: 同列数据后标不同小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$)。表 2~4 同。

Note: Different letters in each column indicate significant difference ($P < 0.05$). The same table 2-4.

2.2 苹果疏除幼果与成熟果果胶得率及纯度的比较

由表 2 可知, 苹果成熟果果胶得率为 14.32%,

显著高于苹果疏除幼果果胶 ($P < 0.05$)。这可能是由于苹果幼果果胶与纤维素结合紧密, 提取过程中未完全溶出, 因此果胶得率低于成熟果果胶。

表 2 苹果疏除幼果与成熟果果胶得率及纯度的比较

Table 2 Comparison of yield and purities of pectins from thinned young apple and mature apple

| 果胶 Pectin | 果胶得率/% Yields of pectin | 纯度/% Purities | |
|---------------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------|
| | | 提纯前 Before purification | 提纯后 After purification |
| 成熟果果胶 Mature apple pectin | 14.32±0.73 a | 55.13±0.77 a | 74.12±1.42 a |
| 幼果果胶 Thinned young apple pectin | 10.41±1.10 b | 49.02±1.12 b | 70.31±1.91 a |

果胶纯度是判定果胶品质的一个重要指标, GB 25533—2010 规定, 作为食品添加剂的果胶半乳糖醛酸含量应 $\geq 65\%$ ^[13]。由表 2 可知, 提纯前, 采用传统酸法所提取的成熟果和疏除幼果果胶半乳糖醛酸含量均低于 65%, 不符合国标要求, 这可能是由于提取过程中残存的果肉细微颗粒、水溶性色素及纤维素等杂质含量较高, 导致果胶纯度较低; 将成熟果与疏除幼果果胶沉淀物分别用无水乙醇、丙酮洗涤 2 次提纯后, 其纯度均提高到 70% 以上, 可达到国标要求, 且经提纯后 2 种果胶的纯度差异不显著。

表 3 苹果疏除幼果与成熟果果胶总酚含量和褐变度的比较

Table 3 Comparison of total polyphenol and browning degree of pectins from thinned young apple and mature apple

| 果胶 Pectin | 总酚含量/(mg·g ⁻¹) Total polyphenol | 褐变度 Browning degree |
|---------------------------------|---|---------------------|
| 幼果果胶 Thinned young apple pectin | 5.21±0.19 a | 0.174±0.007 a |
| 成熟果果胶 Mature apple pectin | 2.03±0.18 b | 0.093±0.003 b |

2.4 苹果疏除幼果与成熟果果胶色值的比较

苹果疏除幼果与成熟果原料及其相应果胶色值的测定结果见表 4。由表 4 可知, 苹果疏除幼果原料的亮度值、黄值、彩度值和色调角均显著高于成熟果, 而红值却显著低于成熟果; 苹果疏除幼果果胶的黄值、彩度值和色调角均显著高于成熟果, 而亮度值和红值却显著低于成熟果。说明苹果疏除幼果果胶

2.3 苹果疏除幼果与成熟果果胶总酚含量和褐变度的比较

苹果疏除幼果与成熟果果胶总酚含量与褐变度的测定结果见表 3。由表 3 可知, 苹果疏除幼果果胶中的总酚含量显著高于成熟果果胶, 果胶溶液褐变度测定结果与此一致。这主要是因为, 幼果果胶中的总酚含量是成熟果的 2.6 倍左右, 当配成溶液时, 大部分酚类物质发生非酶褐变反应, 生成的羟醛缩聚物被氧化形成褐色色素或黑色素, 酚类氧化转化成醌类物质, 因此褐变严重^[14-16]。

与成熟果果胶及其原料色值的变化趋势基本一致。这主要是因为苹果疏除幼果果胶的褐变较成熟果严重; 另外, 叶绿素含量的变化也与提取果胶的颜色相关, 在对幼果进行漂烫处理时, 叶绿素氧化降解, 呈现黄色^[17]。因此, 苹果幼果果胶的亮度值较差, 颜色比成熟果黄。

表 4 苹果疏除幼果与成熟果果胶色值的比较

Table 4 Comparison of color values of pectins extracted from thinned young apple and mature apple

| 材料 Material | L* | a* | b* | C* | h | |
|---------------------------------------|---------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| 原料 Color values of raw material | 幼果 Thinned young apple | 74.48±0.48 a | -0.95±0.03 a | 18.34±0.36 a | 18.36±0.36 a | 92.97±0.05 a |
| | 成熟果 Mature apple | 68.26±0.39 b | 3.20±0.13 b | 15.63±0.45 b | 15.95±0.46 b | 78.42±0.22 b |
| 果胶 Color values of pectins | 幼果 Thinned young apple | 85.51±0.36 a | 1.25±0.02 a | 15.68±0.27 a | 15.73±0.27 a | 85.44±0.08 a |
| | 成熟果 Mature apple | 87.42±0.51 b | 1.89±0.13 b | 13.11±0.34 b | 13.25±0.35 b | 81.78±0.40 b |

注: L* 表示样品的亮度值; a* 表示红值, a* 值越大表示样品越红; b* 表示黄值, b* 值越大表示样品越黄; C* 表示样品的彩度值, C* 越大表示样品颜色越纯; h 表示色调角, h 值越大表示红色减弱, 黄色增强。

Note: L* is the brightness value; a* is the red value, greater a* value indicates the color is more red; b* is the yellow value, greater b* value indicates the color is more yellow; C* is the chromaticity value, greater C* value indicates the color is purer; h is the hue angle, greater h value indicates the red color decreases and yellow color increases.

2.5 苹果疏除幼果与成熟果果胶特性黏度和黏均分子量的比较

表 5 显示了苹果疏除幼果与成熟果果胶的特性

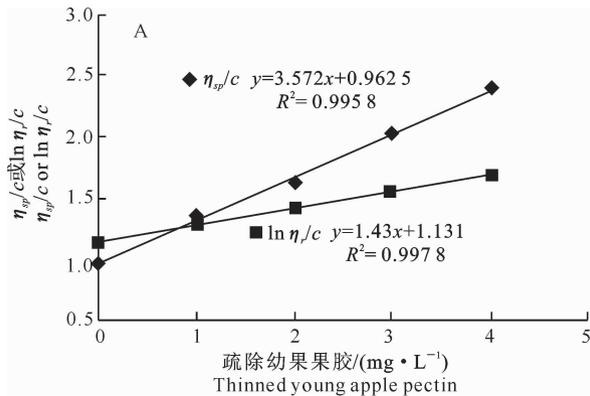
黏度和黏均分子量。由表 5 可知, 苹果疏除幼果果胶的特性黏度和黏均分子量均小于成熟果果胶, 这与韩苗苗等^[17]的研究结果一致。

表 5 苹果疏除幼果与成熟果果胶特性黏度和黏均分子量的比较

Table 5 Comparison of intrinsic viscosity and molecular weight of pectins from thinned young apple and mature apple

| 果胶 Pectin | 特性黏度/(dL·g ⁻¹) Intrinsic viscosity | | | 黏均分子量(\bar{M}_v) Weight-average molecular weight | | |
|---------------------------------|---|--------|----------------------|---|---------|----------------------|
| | Huggins | Kramer | 平均值 Average value | Huggins | Kramer | 平均值 Average value |
| | | | | | | |
| 幼果果胶 Thinned young apple pectin | 0.963 | 1.131 | 1.047 | 408 319 | 495 450 | 451 855 |
| 成熟果果胶 Mature apple pectin | 1.233 | 1.389 | 1.311 | 550 807 | 636 795 | 592 925 |

图 1 显示了通过外推法获得的 Huggins 特性黏度和 Kramer 特性黏度。由图 1 可知,苹果疏除幼果与成熟果果胶的比浓黏度 η_{sp}/c 和比浓对数黏度



$\ln \eta_{sp}/c$ 均随果胶质量浓度的升高呈现增大的趋势,在相同果胶质量浓度条件下,苹果疏除幼果果胶的比浓黏度与比浓对数黏度均小于成熟果果胶。

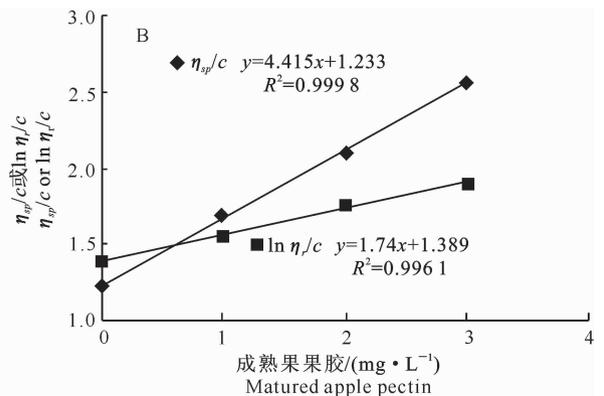


图 1 根据 Huggins 和 Kramer 方程确定的苹果疏除幼果(A)与成熟果果胶(B)的特性黏度

Fig. 1 Intrinsic viscosity of apple pectins from thinned young apple obtained by Huggins and Kramer equations

2.6 苹果疏除幼果与成熟果果胶的超微结构

将提纯后的苹果疏除幼果与成熟果果胶进行扫描电镜分析,结果如图 2 所示。由图 2 可知,在相同放大倍数(3 000×)下,苹果疏除幼果与成熟果果胶的表面结构存在明显差异,苹果疏除幼果果胶呈块

状结构,而成熟果果胶则呈卷曲的片状结构,原因可能为,苹果疏除幼果与成熟果处于苹果生长过程的不同时期,相应地果实中的果胶类物质以不同的形态和结合方式存在^[18],从而导致苹果疏除幼果与成熟果果胶的超微结构存在差异。

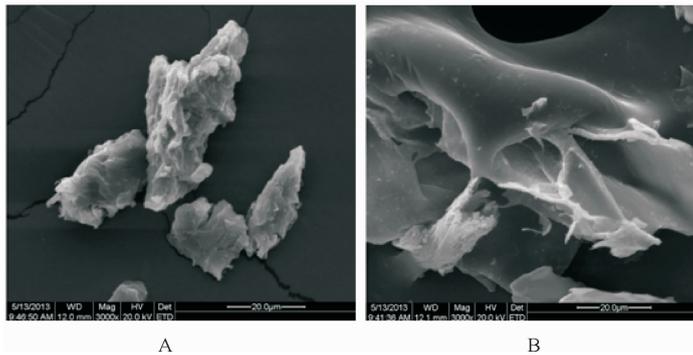


图 2 苹果疏除幼果(A)与成熟果(B)果胶的超微结构(3 000×)

Fig. 2 Scanning Electron Microscope of apple pectins from thinned young apple (A) and mature apple (B) (3 000×)

3 结论与讨论

本试验采用传统酸法分别从苹果疏除幼果与成熟果榨汁后的果渣中提取果胶物质,并对其理化特性进行了比较,结果表明,苹果疏除幼果果胶的得率、酯化度、纯度、特性黏度及黏均分子量均小于成熟果果胶,而总酚含量和褐变度高于成熟果果胶;同时,苹果疏除幼果果胶的黄值、彩度值和色调角均高于成熟果果胶,而亮度值和红值较低。据研究报道,果胶物质最重要的性质是胶凝化作用,同一凝胶条件下,果胶相对分子质量越大,其凝胶强度越大,弹性越好;而酯化度是影响果胶凝胶速度和凝胶时间

的重要因素,酯化度越高,形成凝胶速度越快^[19]。因此,综合考虑各项指标可以得出:成熟果果胶的理化性质要优于苹果疏除幼果果胶,且颜色更符合国标要求,这种特性差异可能是由于处于不同生长时期苹果果实中的果胶类物质组分差异引起的,这一推测还需要进一步研究证实。

苹果疏除幼果作为一种新的果胶提取植物资源,虽然其理化特性不如成熟果果胶,但也具有其自身的特点。在生产中,苹果幼果全部被遗弃于田间,不仅造成资源的浪费,而且遗弃的幼果还可能成为病原菌的寄主,加速果树病害的传播。如果能结合苹果幼果果胶自身的特性将其应用于适合的产品

中,对于开发利用苹果幼果资源,并改善其所带来的环境问题具有重要的意义。

[参考文献]

- [1] Mohen D. Pectin structure and biosynthesis [J]. *Plant Biology*, 2008, 11: 266-277.
- [2] 孙立军,郭玉蓉,田兰兰. 苹果果胶研究进展 [J]. *食品工业科技*, 2012, 33(4): 445-449.
Sun L J, Guo Y R, Tian L L. Research progress of apple pectin [J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2012, 33(4): 445-449. (in Chinese)
- [3] 彭 凯,张 燕,王似锦,等. 微波干燥预处理对苹果渣提取果胶的影响 [J]. *农业工程学报*, 2008, 24(7): 222-226.
Peng K, Zhang Y, Wang S J, et al. Effect of microwave drying pretreatment on extraction of pectin from apple pomace [J]. *Transactions of the CSAE*, 2008, 24(7): 222-226. (in Chinese)
- [4] Sun L J, Guo Y R, Fu C C, et al. Simultaneous separation and purification of total polyphenols, chlorogenic acid and phlorizin from thinned young apples [J]. *Food Chemistry*, 2013, 136(2): 1022-1029.
- [5] 吴继红,彭 凯,张 燕,等. 传统与微波辅助提取苹果果胶品质比较 [J]. *农业工程学报*, 2009, 25(9): 350-355.
Wu J H, Peng K, Zhang Y, et al. Comparison of quality of apple pectin between conventional solution extraction and microwave-assisted extraction [J]. *Transactions of the CSAE*, 2009, 25(9): 350-355. (in Chinese)
- [6] Janet G, Maria G K, Ivan N P, et al. Application of granulated apple pectin in the treatment of hyperlipoproteinaemia [J]. *European Food Research and Technology*, 1997, 204(5): 374-378.
- [7] Yeoh S, Shi J, Langrish T A G. Comparisons between different techniques for water-based extraction of pectin from orange peels [J]. *Desalination*, 2008, 218: 229-237.
- [8] 曹敏霞,周林燕,吴继红,等. 微波辅助提取中 pH 值与脱色对苹果果胶的影响 [J]. *农业工程学报*, 2010, 26(2): 410-415.
Cao M X, Zhou L Y, Wu J H, et al. Effect of pH and decoloring on apple pectin extraction with microwave-assisted [J]. *Transactions of the CSAE*, 2010, 26(2): 410-415. (in Chinese)
- [9] Pinheiro E R, Silva I M D A, Gonzaga L V, et al. Optimazation of extraction of high-ester pectin from passion fruit peel with citric acid by using response surface methodology [J]. *Bior-source Technology*, 2008, 99: 5561-5566.
- [10] 邸 铮,付才力,李 娜,等. 酶法提取苹果皮渣果胶的特性研究 [J]. *食品科学*, 2007, 28(4): 133-137.
Di Z, Fu C L, Li N, et al. Enzymic extraction and characteriza-
- tion of pectin from apple pomace [J]. *Food Science*, 2007, 28(4): 133-137. (in Chinese)
- [11] 刘燕琼,黄雪松. 大蒜多糖的黏度性质 [J]. *食品研究与开发*, 2007, 28(12): 14-15.
Liu Y Q, Huang X S. Viscosity of garlic polysaccharide [J]. *Food Research and Development*, 2007, 28(12): 14-15. (in Chinese)
- [12] 付成程,郭玉蓉,霍天博,等. 纤维素酶对苹果肉渣膳食纤维物化特性的影响 [J]. *食品与发酵工业*, 2013, 39(1): 64-68.
Fu C C, Guo Y R, Huo T B, et al. The effect of cellulose enzyme on the physico-chemical properties of apple flesh pomace dietary fiber [J]. *Food and Fermentation Industries*, 2013, 39(1): 64-68. (in Chinese)
- [13] 杜继煜. 果胶的化学组成与基本特性 [J]. *农业与技术*, 2002, 22(5): 72-76.
Du J Y. Chemical composition and basic characteristics of pectin [J]. *Agriculture and Technology*, 2002, 22(5): 72-76. (in Chinese)
- [14] Jiang Y, Du Y X, Zhu X M, et al. Physicochemical and comparative properties of pectins extracted from *Akebia trifoliata* var. *australis* peel [J]. *Carbohydrate Polymers*, 2012, 87: 1663-1669.
- [15] Mollea C, Chiampo F, Conti R. Extraction and characterization of pectins from cocoa husks: A preliminary study [J]. *Food Chemistry*, 2012, 107(3): 1353-1356.
- [16] 张有林,张润光. 石榴贮期果皮褐变机理的研究 [J]. *中国农业科学*, 2007, 40(3): 573-581.
Zhang Y L, Zhang R G. Study on the mechanism of browning of pomegranate peel in different storage conditions [J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2007, 40(3): 573-581. (in Chinese)
- [17] 韩苗苗,李范洙,朴一龙,等. 苹果梨果胶理化特性的研究 [J]. *食品科学*, 2010, 31(17): 44-46.
Han M M, Li F Z, Piao Y L, et al. Physico-chemical properties of Pingguoli pear pectin [J]. *Food Science*, 2010, 31(17): 44-46. (in Chinese)
- [18] Zhang X, Lee F Z, Eun J B. Physicochemical properties and glucose transport retarding effect of pectin from flesh of Asian pear at different growth stages [J]. *Korean Food Sci Technol*, 2008, 40(5): 491-496.
- [19] 姚焕章. 食品添加剂 [M]. 北京: 中国物资出版社, 2001: 484-493.
Yao H Z. *Food additive* [M]. Beijing: China Metarial Press, 2001: 484-493. (in Chinese)