

長實金柑全果系果汁飲料貯藏安定性

黃偉其 石正中*

國立宜蘭大學園藝學系

摘要

本研究使用新鮮長實金柑 (*Fortunella margarita* Swingle) 為原料製作金柑全果系果汁飲料，分析金柑全果系果汁飲料室溫貯藏期間理化性質之變化。金柑果汁飲料於室溫 (25°C) 貯藏 180 天期間，於果汁飲料色澤方面，Hunter L 值及 b 值均下降，a 值則上升，果汁飲料已產生明顯的色澤變化。由於貯藏期間可溶性固形物含量、pH 值及可滴定酸均無顯著差異，且果汁飲料中果糖及葡萄糖含量於貯藏期間亦無明顯變化，顯示梅納反應的發生並不明顯，應不是金柑果汁飲料於貯藏期間色澤改變之主因，而總類胡蘿蔔素於貯藏 180 天後含量減少 38.14%，為金柑果汁飲料色澤改變之主因。金柑全果系果汁飲料中主要揮發性物質檸檬烯、松油萜、及香葉烯含量皆隨貯藏時間增加而減少。

關鍵詞：揮發性成分、總類胡蘿蔔素、還原糖

*通訊作者。E-mail:jjshyr@niu.edu.tw.

本文為第一作者之部分碩士論文。

Stability of comminuted kumquat (*Fortunella margarita* Swingle) juice drink during storage

Wei-Chi Huang Jeng-Jung Shyr*

Department of Horticulture, National Ilan University

Abstract

Communicated kumquat juice drink was made from fresh kumquat fruits and stored at 25°C for 180 days. During storage, the color, the contents of total carotenoids, soluble solids,

reducing sugars, and volatile compounds in juice drink were analyzed. Results showed that Hunter Lab's L value and b value decreased but a value increased during storage. No significant differences were found during storage for the contents of soluble solids and reducing sugar. Significant decrease (38.14%) of the content of total carotenoids was one of the most important factors resulted in the color change of juice drink on the end of storage. The contents of major volatile compounds in communicated kumquat juice drink including L-limonene, α -pinene, and myrcene were decreased during storage.

Keywords: volatiles, total carotenoids, reducing sugar

*Corresponding author. E-mail:jjshyr@niu.edu.tw.

This paper is a part of Master thesis of the first author.

前 言

目前台灣金柑 (Kumquat)栽培的品種以長實金柑 (*Fortunella margarita* Swingle) 為主，以宜蘭縣為主要栽培地區，栽培鄉鎮集中於員山鄉與礁溪鄉，其次為冬山鄉，大同鄉、頭城鎮及三星鄉則有零星栽植 (石，2002)。金柑鮮果富含維生素 A、維生素 C、類胡蘿蔔素、類黃酮、鈣、鉀及鐵等物質，具有高度的營養價值，然因金柑果實偏酸，故較少直接食用，大多作為加工產品，如：金柑蜜餞、金柑果醬、金棗茶醬、及金柑果汁飲料等加工產品。

色澤是影響柑橘類果汁消費者接受性汁重要因子，輕微色澤之改變會影響消費者對果汁風味強度、酸度、與甜度感知程度之能力(Fernández-Vázquez *et. al.*, 2013)。成熟後的金柑果實其顏色呈金黃色主要是因為其果皮內含大量的類胡蘿蔔素，類胡蘿蔔素為脂溶性色素，存在於各種蔬菜、水果中，也是普遍使用的食品天然著色劑，目前已知的種類超過 700 種 (陳，2000)，依照結構的不同會呈現由黃到紅的顏色。一般而言，類胡蘿蔔素可分為兩大類，一種是結構上不含氧原子只含碳氫 (hydrocarbon) 的化合物，稱為胡蘿蔔素 (carotene)，例如： β -胡蘿蔔素 (β -carotene) 及番茄紅素 (lycopene) 等，另一種則是在結構尾端的 β -ionone 環上含有一個或一個以上的氧化基團，稱為葉黃素類 (xanthophyll)，例如：葉黃素 (lutein) 及玉米黃素 (zeaxanthin) 等 (Shi and Maguer, 2000)。Huyskens 等 (1985) 的研究結果顯示，成熟金柑果皮中總類胡蘿蔔素含量為每克新鮮果皮含有 172 微克 (μg)，果肉的總類胡蘿蔔素含量則為每克新鮮果肉含有 8 微克 (μg)，果皮中含量最高的類胡蘿蔔素為堇菜黃質 (violaxanthin)，佔果皮總類胡蘿蔔素的

49.9%，果肉中含量最高的類胡蘿蔔素亦為萜菜黃質，佔果肉總類胡蘿蔔素的 24.4%。因類胡蘿蔔素結構上具有長鏈的共軛不飽和雙鍵，所以對氧、光、熱、酸、鹼非常敏感，容易發生異構化與氧化裂解反應 (Chen *et al.*, 1994)。梅納反應(Maillard reaction)是一種非酵素褐變反應，主要是食品中的還原糖(reducing sugar)與胺基酸或蛋白質上的胺基於常溫或加熱時發生的一系列複雜之反應，最終形成黑褐色物質梅納汀(melanoidin)，導致食品風味及色澤上的改變。金柑果汁中所含之還原糖與胺基酸和蛋白質，於長期貯藏過程中可能經梅納反應產生色素與揮發性物質，造成果汁品質之改變。

由於金柑全果經研磨榨汁後，果實之油囊細胞因研磨作用破碎，而將其精油分散於果汁中，Peng 等 (2012) 利用水蒸氣蒸餾法萃取長實金柑之精油並進行分析，結果顯示長實金柑之精油主要揮發性成分為檸檬烯(d-limonene, 94.61%)，其次分別為香葉烯(myrcene, 1.88%) 及松油萜 (α -pinene, 0.38%)。此精油成分於果汁貯藏期間會因氧化作用造成果汁風味上的改變，Blair 等 (1950) 研究顯示罐裝柳橙汁於貯藏期間 limonene 經過一系列的水合及脫水反應 (hydration- dehydration reaction)，裂解產生 α -萜品醇 (α -terpineol)，對果汁風味有負面的影響，Tatum 等 (1975) 研究也指出， α -萜品醇在加工果汁中僅需含有 $2 \mu\text{g g}^{-1}$ 以上，即會產生不良風味。在其他揮發性成分中， α -pinene 則對加工甜橙果汁風味有正面的影響；沈香醇 (linalool) 主要存在於精油中，與其他揮發性成分混和時，對果汁風味有正面的貢獻 (Ahmed *et al.*, 1978)。

本研究分析長實金柑全果系果汁飲料貯藏期間色澤、可溶性固形物、可滴定酸、pH 值、總類胡蘿蔔素、及主要揮發性成份含量之變化，以瞭解長實金柑全果系果汁飲料之貯藏安定性，並分析果糖及葡萄糖含量之變化以探求造成色澤變化之原因。

材料與方法

本實驗所使用之金柑原料均為購自宜蘭蔬果批發市場之金柑鮮果，品種為長實金柑 (*Fortunella margarita* Swingle)，經去除葉片、未成熟及腐爛之金柑果實後供製作金柑果汁飲料之用。

一、金柑果汁飲料製備

將購回之金柑鮮果去除蒂頭、葉片，接著剔除未成熟及腐爛之果實後以清水進行清洗，待表面水分乾燥去除後，將其置入榨汁機中，以研磨方式榨取金柑果汁。金柑鮮果以研磨式榨汁機(Juice Extractor 807, 長春自動機械, 台灣)榨汁，並以均質機(PT-MR 3000, Kinematica, Switzerland)進行均質後，以自來水將金柑果汁中可滴定酸度稀釋至 0.5%，

接著測量金柑果汁之可溶性固形物，以台糖特級砂糖調整果汁之可溶性固形物至 12.5 °Brix，均勻混和後充填入 380 ml 透明玻璃瓶中，以蒸氣間接加熱脫氣 10 分鐘，脫氣結束後，將玻璃瓶封蓋，再以蒸氣間接加熱殺菌 20 分鐘，待殺菌完成，以水浴方式冷卻至 25°C。製備之果汁於 25°C 下分別放置 0-180 天，並分別於不同貯藏期間取樣進行各項分析。

二、可溶性固形物 (soluble solids)

將金柑果汁飲料樣品滴於已校正之數位式屈折度計 (PR-201, Atago, Japan) 上測定，測定後之數值以 °Brix 表示。

三、pH 值

以 pH meter (MP220K, Mettler, Switzerland) 於室溫下進行測定。

四、可滴定酸度 (AOAC, 1999)

取 10 g 果汁飲料樣品置於燒杯中，加入 15 mL 蒸餾水，放入磁石進行攪拌，以 0.1 N 之 NaOH 溶液滴定至 pH 8.1，可滴定酸含量以檸檬酸表示。

$$\text{可滴定酸度 \% (檸檬酸)} = \frac{0.1 \text{ N NaOH mL} \times F \times 0.0064}{\text{樣品重量 (g)}} \times 100$$

F : 0.1 N NaOH 的力價

五、色澤分析

果汁色澤以色差儀(ZE-2000, Nippon Denshoku, Japan)測定，利用反射光來測定果汁 Hunter L, a, b 值(L 值表示亮度，L 值 100 時為全白，L 值 0 時為全黑；a 值正時為紅色，a 值負值為綠色；b 值正時為黃色，b 值負時為藍色)，以 Hunter ΔE 值表示整體的色澤差異。儀器校正標準白版之色值為 X=90.86, Y=92.63, Z=109.12。

$$\Delta E = \sqrt{(L_2 - L_1)^2 + (a_2 - a_1)^2 + (b_2 - b_1)^2}$$

式中 L1, a1, b1 為貯藏第 0 天樣品之色值；L2, a2, b2 為貯藏期間樣品之色值

六、揮發性成分分析

取 100 g 金柑果汁飲料置於 250 mL 分液漏斗中，加入 20 g 氯化鈉，以 50 mL 之乙醚混和後，取有機相重複此步驟三次，加入無水硫酸鈉於有機相中於常壓下濃縮，濃縮結束後，加入 1 mL 濃度為 0.01 g L⁻¹ 之 ethyl cinnamate (Aldrich, USA) 溶液，以 0.20 μm 薄膜過濾。取經上述前處理完成之樣品注入氣相層析儀(3400 CX, Varian, USA)中分析，以波峰滯留時間以及將標準品 d-檸檬油精(d-limonene, Chem Service, USA)、松油萜(α -pinene, Chem Service, USA)、香葉烯 (myrcene, ChromaDex, USA)添加至樣品中之方

法進行定性分析及外標法定量分析。分析管柱為 DB-5 (30 m × 0.25 mm i.d., Film : 0.25 μm, Agilent, USA)。儀器分析條件：注射口溫度 250℃，檢測器(FID)250℃，載流氣體為氮氣，流速 1 mL min⁻¹，升溫條件為初溫 40℃，維持 1 分鐘，以 5℃ min⁻¹ 升溫至 150℃維持 1 分鐘，再以 10℃ min⁻¹ 升溫至 210℃維持 15 分鐘。

七、總類胡蘿蔔素分析

總類胡蘿蔔素分析參考 Gross (1991) 及 Rodriguez-Amaya (2001) 之方法。取 10 g 金柑果汁飲料，以含有 0.1% 2,6-二叔丁基對甲苯酚(BHT) 之乙醇/丙酮 (1/ 1, v/ v) 混合溶劑萃取，萃取完成後以 Whatman 4 號濾紙過濾果渣，連續萃取至無色，收集萃取液後以萃取溶劑定容至 100 mL，以分光光度計(SP-20D, Milton Roy, USA)於 470 nm 下測定其吸光值。總類胡蘿蔔素含量依下列公式計算：

$$\text{總類胡蘿蔔素含量 } (\mu\text{g g}^{-1}) = \frac{A \times V \times 10^6}{A^{1\%} \times 100 \times G}$$

A = 470 nm 下之吸光值

V = 萃取溶劑之總體積

A^{1%} = 混合溶劑之吸光係數，定為 2500

G = 樣品重量 (g)

八、果糖與葡萄糖分析

果糖與葡萄糖分析參考中華民國國家標準(CNS, 2004)之方法。將金柑果汁飲料均勻混合後，取 10 mL 置於 100 mL 定量瓶中，加入 50%乙醇溶液 50 mL，混合均勻，定容至 100 mL，以 9000 rpm 離心 15 分鐘後，取澄清液經濾膜過濾，供作樣品。樣品取 20 μL 注入液相層析儀(LC-1500, Jasco, Japan)中分析。管柱：APS-2 (3000×4.6 mm 5 μm Hypersil)，以氫甲烷：去離子水為 82/18 (v/v)混和之溶液當作移動相，流速為 1 ml·min⁻¹，以折射率偵測器 RI (RI-771, Micromeritics, USA)偵測。對照果糖(D-fructose, Sigma, USA)與葡萄糖(D-glucose, Sigma, USA)標準品與樣品檢液注入高效液相層析儀中，所得之波峰滯留時間以及將標準品添加至樣品中之方法進行定性分析。果糖與葡萄糖定量分析採外標法，以果糖與葡萄糖標準曲線計算樣品中含量。

九、統計分析

本實驗之數據採用 Microsoft office 2010 進行整理，以 SAS (Statistic Analysis System) 套裝統計軟體 8.1 版進行 Fisher's LSD 差異性分析，顯著水準為 5%。

結果與討論

一、色澤

果汁之色澤決定了產品的品質、外觀、新鮮度及消費者的接受度，因此，果汁貯藏期間顏色的改變就顯得相當重要，本實驗以色差儀分析金柑全果系果汁飲料於 25°C 貯藏期間色澤之變化，結果顯示 (表 1)，室溫(25°C)貯藏 180 天後，果汁飲料之 L 值 由 37.36 降至 28.54；a 值 由-3.98 增加為-0.89；b 值 由 18.74 下降到 13.05，顯示色澤由亮黃色逐漸轉變為暗紅褐色，色差 (ΔE) 之數值則隨著貯藏時間的增加而上升，這表示經 180 天的貯藏，果汁飲料已產生相當明顯的色澤變化。

表 1 金柑果汁飲料於室溫 (25°C) 貯藏期間色澤之變化

Table 1 Changes of the color of kumquat juice drink during storage at 25°C.

Storage time (day)	L value	a value	b value	ΔE
0	37.36a	-3.98a	18.74a	-
30	33.93b	-3.00b	16.51b	4.20
60	32.67c	-2.40c	15.49c	5.90
90	30.93d	-1.87c	14.53cd	7.97
120	30.32d	-1.67d	14.06cd	8.76
150	28.76e	-1.33e	13.07d	10.63
180	28.54e	-0.89f	13.05e	10.94

L, a, b value: L value indicates lightness, + a value indicates red, - a value indicates green, +b value indicates yellow, -b value indicates blue. ΔE : color difference.

Means with different letters within a column are significantly different ($p < 0.05$).

果汁飲料貯藏期間色澤產生改變的原因主要可能源自於類胡蘿蔔素的氧化裂解及非酵素性褐變。金柑果汁飲料色澤呈橙黃色，主要是因果汁之類胡蘿蔔素的緣故，於 25 °C 下，總類胡蘿蔔素含量隨貯藏時間增加，由 1.94 $\mu\text{g g}^{-1}$ 降至 1.2 $\mu\text{g g}^{-1}$ (表 2)，減少 38.14%，類胡蘿蔔素的構造主要由八個異戊二烯組成，在分子中間形成一序列的共軛雙鍵結構，但卻因結構上具有長鏈的共軛不飽和雙鍵，使得類胡蘿蔔素於加工及貯藏期間較不穩定，對氧、光、熱、酸、鹼非常敏感，容易發生異構化與氧化裂解反應 (Chen *et al.*, 1994)。相似結果也發生在血橙(blood orange)，瓦倫西亞(valencia)，與臍橙(navel orange)果汁貯藏期間 (Choi *et al.*, 2002; Bull *et al.*, 2004; Plaza *et al.*, 2011)。貯藏期間類胡蘿蔔素會受貯藏時間及溫度影響，時間愈久，溫度愈高，則含量減少愈多。

還原糖為非酵素性褐變之反應物，果汁飲料中果糖及葡萄糖則相當穩定，金柑全果系果汁飲料所含還原糖為果糖及葡萄糖，於室溫下貯藏 180 天，其果糖及葡萄糖含量分

別介於 21.60~22.00 mg g⁻¹ 及 20.00~20.40 mg g⁻¹ (表 3)，貯藏期間果糖及葡萄糖含量並無顯著差異。另果汁之可溶性固形物不會隨貯藏時間而顯著變化(Bull *et al.*, 2004; Cortés *et al.*, 2008; Laorko *et al.*, 2013)，本研究之金柑果汁飲料貯藏期間，可溶性固形物含量介於 12.5~12.6 °Brix (表 1)，無明顯的變化，顯示貯藏期間亦無還原糖經過蔗糖水解作用產生。Farnwortha 等 (2001) 以柳橙汁進行貯藏試驗，貯藏期間果糖及葡萄糖含量均無明顯變化，其他的研究亦有相同的結果 (Roig *et al.*, 1999; García *et al.*, 2001)，原因可能是 pH 值，雖然還原糖及胺基酸會發生反應生成梅納汀之黑褐色物質，但當 pH 值於

表 2 金柑果汁飲料於室溫 (25°C) 貯藏期間可溶性固形物、可滴定酸、pH 值及總類胡蘿蔔素含量之變化

Table 2 Changes of soluble solids, titratable acid, pH value, and total carotenoids of kumquat juice drink during storage at 25°C.

Storage time (day)	Titratable acid (%)	pH value	Total carotenoids (µg g ⁻¹)
0	0.49a	3.03a	1.94a
30	0.49a	3.04a	1.73b
60	0.49a	3.03a	1.73b
90	0.49a	3.04a	1.47c
120	0.49a	3.03a	1.32cd
150	0.49a	3.03a	1.23cd
180	0.49a	3.05a	1.20d

Means with different letters within a column are significantly different ($p < 0.05$).

表 3 金柑果汁飲料於室溫 (25°C) 貯藏期間可溶性固形物、果糖、及葡萄糖含量之變化

Table 3 Changes of soluble solids, fructose, and glucose content of kumquat juice drink during storage at 25°C.

Storage time (day)	Soluble solids (°Brix)	Fructose (mg g ⁻¹)	Glucose (mg g ⁻¹)
0	12.6a	21.9a	20.1a
30	12.6a	21.8a	20.0a
60	12.5a	21.6a	20.4a
90	12.5a	22.2a	20.3a
120	12.6a	21.9a	20.3a
150	12.6a	22.0a	20.0a
180	12.6a	21.8a	20.4a

Means with different letters within a column are significantly different ($p < 0.05$).

3~4 時，發生反應機率很低(Lea and Hannan, 1949; Underwood *et al.*, 1959; Wittayachai *et al.*, 2007)，Ashoor 和 Zent (1984) 之研究亦獲得相同的結果。本研究果汁之可滴定酸於貯藏期間維持於 0.49%，pH 值均保持在 3.03~3.05(表 2)，因此 180 天貯藏期限內在 pH 與可滴定酸量維持恆定狀況下，梅納反應不易發生。

雖果汁飲料顏色之變化應是由多種不同的化學反應所呈現的結果，但上述實驗結果顯示於金柑果汁飲料貯藏期間，由於還原糖含量變化不顯著，因此推論還原糖與胺基酸產生之梅納反應不是造成金柑全果系果汁飲料色澤改變主要原因。貯藏期間總類胡蘿蔔素含量明顯下降，於 180 天後含量減少 38.14%，與貯藏期間之色差值(ΔE)變化成顯著之高度負相關($r=-0.9675$, $p<0.001$)，因此推論類胡蘿蔔素裂解為金柑全果系果汁飲料色澤變化之主要原因。

二、揮發性成分

金柑果實之精油主要含有萜烯類 (terpene)、萜品醇 (terpineol)、脂肪族醇 (aliphatic alcohol)、醛類 (aldehydes) 及酯類 (ester) 等揮發性成分。根據 Peng 等 (2012) 研究指出長實金柑之精油共含有三十一種揮發性成分，其中主要之揮發性成分為檸檬烯、松油萜、及香葉烯。於本試驗中金柑果汁飲料主要的揮發性成分亦是如此，以檸檬烯含量為最高，占總揮發性成分 90%以上，於室溫 (25°C) 貯藏期間含量隨貯藏時間增加而減少，於貯藏 120 天後與貯藏前含量達顯著之差異，貯藏 180 天時，檸檬烯含量由 $459 \mu\text{g g}^{-1}$ 降至 $364.53 \mu\text{g g}^{-1}$ ，減少 20.58%；松油萜含量於貯藏 30 天後與貯藏前達顯著差異，貯藏 180 天則由 $1.14 \mu\text{g g}^{-1}$ 減少為 $0.59 \mu\text{g g}^{-1}$ ，減少 48.25%；香葉烯於貯藏 60 天後即與貯藏前含量達顯著差異，貯藏 180 天含量由 $11.45 \mu\text{g g}^{-1}$ 降至 $9.33 \mu\text{g g}^{-1}$ ，減少 18.52%。貯藏期間揮發性成分均產生顯著性的變化($P<0.05$) (表 4)。許多針對柳橙汁揮發性成分香氣成分之研究，亦產生與本實驗相似的結果，主要之揮發性成分檸檬烯、松油萜、及香葉烯於貯藏期間均顯著降低(Berlinet *et al.*, 2005; Bacigalupi *et al.*, 2013)。於果汁貯藏過程中檸檬烯會經一系列水合及水解反應，裂解形成 α -萜品醇(α -terpineol)(Blair *et al.*, 1950; Kirchner and Miller, 1957; Rymal *et al.*, 1968)，且含量會隨貯藏時間增加而上升，此物質亦被視為柑橘類果汁劣化之指標，一般而言，僅需 $2 \mu\text{g g}^{-1}$ 即對果汁風味造成負面之影響 (Tatum *et al.*, 1975)。香葉烯及松油萜含量皆隨貯藏時間增加而降低，但此兩種成分皆對柑橘類果汁之風味提供正面的貢獻 (Ahmed *et al.*, 1978)，因此金柑果汁飲料於貯藏期間可能會因這兩種物質含量降低而造成品質降低。

表 4 金柑果汁飲料於室溫 (25°C) 貯藏期間揮發性成分含量之變化
 Table 4 Changes of volatile compound contents of kumquat juice drink during storage at 25°C.

Storage time (day)	d-Limonene ($\mu\text{g g}^{-1}$)	α -Pinene ($\mu\text{g g}^{-1}$)	Myrcene ($\mu\text{g g}^{-1}$)
0	459.00a	1.14a	11.45a
30	459.63a	0.88b	10.15ab
60	441.61ab	0.80b	9.91b
90	442.84ab	0.83b	9.60b
120	415.63bc	0.77bc	9.33b
150	399.41cd	0.59d	9.43b
180	364.53d	0.59cd	9.33b

Means with different letters within a column are significantly different ($p < 0.05$).

結 論

金柑全果系果汁於室溫貯藏期間不論色澤或主要揮發性成分均有顯著之變化。色澤由由亮黃色逐漸轉變為暗紅褐色，造成色澤變化之原因，主要是類胡蘿蔔素裂解所致。果汁飲料中主要之揮發性成分檸檬烯、松油萜、及香葉烯於貯藏期間含均顯著降低，造成金柑全果系果汁之風味改變。

參考文獻

- 中華民國國家標準 (CNS)。2004。水果及蔬菜汁飲料檢驗法-糖類之測定 (HPLC法)。總號：12634 類號：N6223。經濟部標準檢驗局。
- 石正中。2002。金柑稀釋果汁加工與原汁貯藏品質之研究。宜蘭技術學報 9：27-32。
- 陳炳輝。2000。類胡蘿蔔素的特性與應用。科學發展月刊 28(8)：599-604
- Ahmed, E. M., R. A. Dennison, R. H. Dougherty and P. E. Shaw. 1978. Flavor and odor thresholds in water of selected orange juice components. *J. Agric. Food Chem.* 26 (1):187-191.
- AOAC. 1999. Official method of analysis association of official analytical chemists. Washington DC, U.S.A.
- Ashoor, S. H. and J. B. Zent. 1984. Maillard browning of common amino acid and sugar. *J. Food Sci.* 49:1206-1207.
- Bacigalupi, C., M. H. Lemaistre, N. Boutroy, C. Bunel, S. Peyron, V. Guillard and P. Chalier. 2013. Changes in nutritional and sensory properties of orange juice packed in PET

- bottles: An experimental and modelling approach. *Food Chem.* 141:3827-3836.
- Berlinet, V., J. M. Ducret and P. B. Brillouet. 2005. Evolution of aroma compounds from orange juice stored in polyethylene terephthalate (PET). *Food Addit. Contam.* 22 :185 – 195.
- Blair, J. S., E. M. Godar, J. E. Masters and D. W. Riester. 1950. Exploratory experiments to identify some of the chemical reactions causing flavor deterioration during storage of canned orange juice. *J. Food Sci.* 17: 235-260.
- Bull, M. K., K. Zerdin, E. Howe, D. Goicoechea, P. Paramanandhan, R. Stockman, J. Sellahewa, E. A. Szabo, R. L. Johnson, and C. M. Stewart. 2004. The effect of high pressure processing on the microbial, physical and chemical properties of Valencia and Navel orange juice. *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.* 5:135 – 149.
- Chen, B. H., T. M. Chen, and J. T. Chien. 1994. Kinetic model for studying isomerization of α - and β -carotene during heating and illumination. *J. Agric. Food Chem.* 42: 2391-2397.
- Choi, M. H., G. H. Kim, and H. S. Lee. 2002. Effects of ascorbic acid retention on juice color and pigment stability in blood orange (*Citrus sinensis*) juice during refrigerated storage. *Food Res. Int.* 35:753-759.
- Cortés, C., M. J. Esteve, and A. Frígola. 2008. Color of orange juice treated by high intensity pulsed electric fields during refrigerated storage and comparison with pasteurized juice. *Food Control* 19:151-158.
- Farnworth, E. R., M. Lagacé, R. Couture, V. Yaylayan, and B. Stewart. 2001. Thermal processing, storage conditions, and the composition and physical properties of orange juice. *Food Res. Int.* 34:25-30.
- Fernández-Vázquez, R., L. Hewson, I. Fisk, D. Hernanz Vila, F. J. Heredia Mira, I. M. Vicario, and J. Hort. 2013. Colour influences sensory perception and liking of orange juice. *Flavour* 3:1-8
- García, A. F., P. B. A. Bognâr, and B. Tauscher. 2001. Antioxidative capacity, nutrient content and sensory quality of orange juice and an orange-lemon-carrot juice product after high pressure treatment and storage in different packaging. *Eur. Food Res. Technol.* 213:290-296.
- Gross J. 1991. *Pigments in vegetables: chlorophylls and carotenoids.* Van Nostrand Reinhold, New York, USA.
- Kirchner, J. G. and J. M. Miller. 1957. Volatile water-soluble and oil constituents of valencia

- orange juice. *J. Agr. Food Chem.* 5: 283-291.
- Lea, C. H. and R. S. Hannan. 1949. Studies of the reaction between proteins and reducing sugars in the dry state . I. The effect of activity of water, pH and of temperature on the primary reaction between casein and glucose. *Biochim. Biophys. Acta* 3:313-325.
- Lee, H. S. and S. Nagy. 1988. Quality change and nonenzymatic brown -ing intermediate in grapefruit juice during storage. *J. Food Sci.* 53: 168-172.
- Laorko, A., S. Tongchitpakdee, and W. Youravong. 2013. Storage quality of pineapple juice non-thermally pasteurized and clarified by microfiltration. *J. Food Eng.* 116:554 – 561.
- Huyskens, S., R. Timberg, and J. Gross. 1985. Pigment and plastid ultrastructural changes in kumquat (*Fortunella margarita*) "Nagami" during ripening. *J. Plant Physiol.* 118 (1):61-72.
- Roig, M. G., J. F. Bello, Z. S. Rivera, and J. F. Kennedy. 1999. Studies on the occurrence of non-enzymatic browning during storage of citrus juice. *Food Research International* 32(9):609 – 619.
- Peng, L. W., M. J. Sheu, L. Y. Lin, C. T. Wud, H. M. Chiang, W. H. Lin, M. C. Lee, and H. C. Chen. 2012. Effect of heat treatments on the essential oils of kumquat (*Fortunella margarita* Swingle). *Food chem.* 136:532-537.
- Plaza, L., C. S. Moreno, B. D. Ancos, P. E. Martínez, O. M. Belloso, and M. P. Cano. 2011. Carotenoid and flavanone content during refrigerated storage of orange juice processed by high-pressure, pulsed electric fields and low pasteurization. *LWT - Food Sci. Technol.* 44:834-839.
- Rodríguez-Amaya, D. B. 2001. A guide to carotenoid analysis in foods. ILSI Press Washington, D. C. USA.
- Roig, M. G., J. F. Bello, Z. S. Rivera, and J. F. Kennedy. 1999. Studies on the occurrence of non-enzymatic browning during storage of citrus juice. *Food Res. Int.* 32:609-619.
- Rymal, K. S., R. W. Wolford, E. M. Ahmed, and R. A. Dennison. 1968. Changes in volatile flavor constituents of canned single-strength orange juice as influenced by storage temperature. *Food Technol.* 22: 1592-1595.
- Shi, J. and M. L. Maguer. 2000. Lycopene in tomatoes : chemical and physical properties affected by food processing. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 40: 1-42.
- Tatum, J. H., S. Nagy, and R. E. Berry. 1975. Degradation products formed in canned single-strength orange juice during storage. *J. Food Sci.* 40 (3):707-709.
- Underwood, J. C., H. G. Lento, and C. O. Willit. 1959. Browning of sugar solutions. 3.Effect

of pH on the color produced in dilute glucose solutions containing amino acids with the amino group in different positions in the molecule. Food Res. 24 (2):181-184.

Wittayachai L, B. Soottawat, and T. Munehiko. 2007. Characteristics and antioxidative activity of Maillard reaction products from a porcine plasma protein-glucose model system as influenced by pH. Food Chem.100:669-677.

104 年 9 月 14 日投稿

104 年 12 月 10 日接受