

科學圖書大庫

果樹良品生產之新技術

譯者 湛克終

SA7

科學圖書大庫

果樹良品生產之新技術

譯者 湛克終

徐氏基金會出版

序 言

人類之食物，隨文化之進步，而日見改善，並漸次被精製為種種之形態，或被保存能維持其新鮮優良不變之品質，或被加工為風味良好，攜帶便利之物品，以適合于現代能率的生活樣式，故蔬菜水果之消費量，日益增大，而有尙無止境之徵兆。

人類每日平均副食物蔬菜水果之消費量，隨文化之進步，有漸次增多，而主食物米麥之消費量，則有漸次減少之傾向，此為時代進步，食生活自然上進之現象，毫不足異。

吾人之食品，從其所含成分說，不外為蛋白質、脂肪、碳水化合物、礦物質及維他命類等五種而已。前四種之成分，均為構成身體之成分及成為活力根源之要素，最後一種之維他命類，為調節體內新陳代謝之重要物質，與營養及生殖兩作用，關係極為密切。

此種維他命類，在吾人日常主食物之米麥及芋類中，含量甚少，多含于新鮮之蔬菜及水果中，因此，為維持健康、活力及長壽，則有多量吃食蔬菜水果之必要。故蔬菜水果，在食生活上，日被重視，乃當然之事。

在現今世界，不單食生活上，重視蔬菜水果，連醫藥上，亦莫不皆然。如含有維他命類與礦物質之醫藥製品，進步甚速，而製品甚多，足可證明。同時新鮮之蔬菜，如品質優良之網瓜（Musk melon）、西瓜、番茄及草莓等，均能隨時生產，一年四季供給新鮮產品于人民，此為現代園藝技術進展之實況，供獻于世界文化之優異表現。

水果一項，亦是供給維他命類及礦物質于人民之重要給源。其需要量，不單隨文化之進步而增大，不論為生食用或加工用，今後更需大量生產，以價廉物美之產品，供給于世，滿足今後人民之期望，延長人類可貴之壽命。

一般之水果，多為多年生之果樹所生產，不能如蔬菜能隨時生產，其在食品上之價值及效用，受品質與鮮度之支配甚大。故今後之果樹栽培，不單在技術上，需注重多收，並需要確立生產良品之方策。同時，為長久保持其新鮮之迷力及良好之品質，關於輸送、貯藏及加工等技術，則不能不確立有效

之方法。

由于具有此種高遠之理想及目的，此本著之所以誕生于世了。

本著爲日本京都大學名譽教授小林 章，率領同大學教授苜名 孝，大阪府立大學教授飯田隆志，北海道大學教授田村 勉等四人所共著，著者等，均爲現代日本果樹界之風雲人物，馳譽于世界之先驅學者。本著爲批露現代果樹生產之新知識新技術之佳著，相信有益于我國園藝界必大，故樂爲之譯出，以供國人之參考。

中華民國六十七年三月

謹克終 敘于國立台灣大學溫州街教授宿舍

目 錄

序 言

第一章 果實之品質 1

第一節 果實之色 1

一 果實之色與品質 1

二 葉綠素 (Chlorophyll) 2

三 胡蘿蔔素類 7

(Carotenoids)

四 花青素 (Anthocyan) 12

五 單寧 (Tannin) 22

六 黃鹼素類 25

(Flavonoid) 25

七 果實之色之測定 27

第二節 果實之味 37

一 果實之味與品質 37

二 果實之甘味 38

三 果實之酸味 43

四 果實之苦味 47

五 果實之滋味 50

第三節 果實之香味 57

一 關係于果實香氣之要 7

因 57

二 香氣之測定 59

三 各種果實之香氣成分 62

第四節 果實之肉質

(Texture) 77

一 果實之品質與肉質 77

二 關係于肉質之要因 77

三 果實肉質之測定 84

第五節 果實之品質與官能檢 90

查 90

一 果實官能檢查之意義 90

二 檢查 panel (檢查員) 91

三 給與判定影響之因子 91

四 檢查法之種類 92

第二章 果實內之營養成分

總論 111

第一節 果實內之營養成分總

論 111

一 做為食品之果實之特性 111

二 果實內之營養成分 112

第二節 果實內之營養成分各

論 130

一 蘋果 (Apple) 130

二 梨 (洋梨 pear, 日本

梨 Japanese pear) ... 134

三 柿 136

四 柑橘類 (Citrus

fruits) 140

五	枇杷 (Loquat)	146
六	桃 (Peach)	147
七	櫻桃 (Cherry)	148
八	梅 (Ume apricot)	149
九	杏 (Apricot)	151
十	李	152
十一	阿列布 (Olive)	153
十二	葡萄 (Grape)	154
十三	無花果	159
十四	樹莓 (Bramble fruit)	160
十五	醋栗類 (Gooseberry and Currant)	161
十六	鳳梨 (Pineapple)	161
十七	香蕉 (Banana)	162
十八	板栗 (Chestnut)	165
十九	核桃 (Walnut)	166

第三章 提高果實品質之栽培技術

培技術	173
第一節 貯藏養分與果實之發育	173
一 秋季葉之短缺與翌春果實之形質	173
二 爲蓄積貯藏養分之秋季管理	176
第二節 養分爭奪之防止 (摘心、摘果)	179
一 新梢與果實之爭奪防止	180
二 果實與果實之養水分爭之防止 (摘果)	185

第三節 種子數與果實	191
一 種子數與果實之品質	191
二 人工授粉之效果與方法	193
第四節 肥料與果實之品質	193
一 肥料要素與果實之品質	194
二 施肥期	198
第五節 土壤通氣與果實之品質 (梅雨期之排水)	204
一 土壤通氣與鉀之吸收	204
二 土壤通氣與果實之品質	205
第六節 土壤過乾與果實之品質 (盛夏之刈草、墊草、灌水)	206
一 梅雨直後之土壤乾燥與落葉	206
二 土壤乾燥與土壤養分之不可吸態化	207
三 梅雨期直後之土壤乾燥與果實品質低下	208
四 夏季灌水之效果	209
五 梅雨直後之除草、覆草	210
第七節 日照與果實之品質	212
一 全樹體之受光度與果實之品質	212
二 果實之遮光與着色	216
第八節 溫度與果實之品質 (日燒障害)	222
一 果實發育中之溫度與品質	222
二 依日射之日常高溫之障害 (日射病、縮果病)	233
第九節 剪定及株間與品質 (摘果、受光、樹勢維	

持).....	236	第三節 從果實揮散物質之排出.....	279
一 整枝剪定與品質.....	236	第四節 從果實之蒸散.....	285
二 株間與品質.....	237	第五節 貯藏與果實之成熟.....	288
第四章 果實貯藏之基礎	240	一 成熟現象與熟度之判定.....	288
第一節 關連于果實貯藏之化學的組成.....	240	二 成熟之要因.....	295
一 碳水化合物.....	240	第六節 果實貯藏之具體的條件.....	299
二 果膠化合物.....	246	第五章 保持果實品質之貯藏方法	302
三 維他命C (抗壞血病酸 Ascorlic acid)	248	第一節 實施合理的貯藏法之基礎問題.....	302
四 有機酸.....	249	一 招致果實品質低下之要因.....	302
五 氮素化合物.....	250	二 果實之貯藏與追熟.....	310
第二節 貯藏與果實之呼吸.....	253	第二節 果實之貯藏法.....	316
一 呼吸強度與呼吸率.....	253	一 低溫貯藏法.....	317
二 影響于呼吸強度之外在的因子.....	257	二 Ca 貯藏法.....	327
三 影響于呼吸強度之內在的要因.....	265	三 合成樹脂包裝貯藏.....	362
四 無氣呼吸.....	267	四 依藥劑及放射線利用之貯藏.....	369
五 組織間隙之瓦斯.....	270		
六 果實呼吸之機作.....	275		
七 光合成與呼吸.....	278		

第一章 果實之品質

緒方邦安

果實之品質，由果實大小、色、形狀等之外觀的特性、風味、香氣等之食味上之特性及維他命、無機質等之營養上多少個之特性所組合而構成的。又若考慮果實之商品性時，果實之齊整、貯藏性與輸送性等之重要特性，亦被包含在內，在實際上，當評價品質時，此等要素，多被包含在內。

果實之生產，逐年正在增加中，今後需要量之增大更可期待，但無論為生食用，或加工用，今後更希望獲得價廉而品質優良之果實，不再說的。因此，合理的體制，比生產、消費更不能不加以整備。在栽培技術方面，需要確立品質更為良好之果實生產技術外，同時，如何始能保持生產之果實的品質？即縱在輸送、貯藏或加工技術上，亦不能不充分確立優良之方法。

在此，擬就支配果實品質之重要要素之果色、味、香、肉質等之點，敘述其基本的方法，關係於果實品質向上與保持之要點。

第一節 果實之色

一、果實之色與品質

果實之色，依果實之種類與品種而有種種之差別，更增加自然界之美麗。此不單顯現于目視之美，果實做為商品，被評價之點甚多，故與香氣、風味為決定果實品質之重要要素之一。又色素中，如胡蘿蔔素類（carotenoid）與黃鹼酮素類（flavonoid）等，具有營養的意義的物質亦有，具有着色良好之果實中，其營養分亦富之事，亦有。故果實之色與品質，持有密接之關係，不待說的。果實之色及現出，多半由于遺傳的因素，但不僅依發育之時期，生育之場所，天氣及其他之栽培管理所左右，依貯藏條件與加工條件，亦有密接之關係。從此種事情觀察時，果實具有之色，從生產到貯藏、加工、消費為止，在各各之立場，成為重要之關心事項。故在栽培技術上，復在貯藏加工技術之方面，使之顯出果實持有之色澤，或努力保持其色澤，及防止

其變色等，不能不加以種種之努力了。

形成果色之天然色素中，雖有種種之種類，但依化學的反應，可分為如次之四種：

- (1) Tetrapyrrol 誘導體……葉綠素 (Chlorophyll)
- (2) Isoprenoid 誘導體……胡蘿蔔素類 (Carotenoid)
- (3) Benzo- α -pyran 誘導體……花青素 (Anthocyan)，黃鹼酮素類 (Flavonoid)
- (4) Polyphenol 誘導體……單寧 (Tanin)

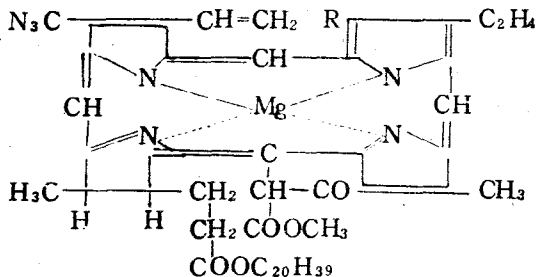
在此擬就此等色素之性狀，隨果實之成熟，貯藏、加工時所發生之變化，及果實之色表現方法，測定法等，加以敘述。

二、葉綠素 (Chlorophyll)

1. 葉綠素之性狀

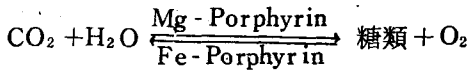
葉綠素為植物體之綠色部常有之成分，在葉綠體 (Chloroplast) 中，與胡蘿蔔素類共存 (葉綠素 3.5: 胡蘿蔔素類 1)。含有葉綠素之物，同時則含有維他命 C，凡含葉綠素多之食品，營養價值則高。

葉綠素在植物體內，為關於光合成之重要物質，共有二種，一為葉綠素 a ($C_{55}H_{72}O_5N_4Mg$)，呈青綠色；一為葉綠素 b ($C_{55}H_{70}O_6N_4Mg$)，呈黃綠色。二者所含之比例為 a3:b1。在光合成上，a 與 b 之作用機構，被認為各不相同。在構造上，前者在側鎖 R，結合木精基— CH_3 之位置，在後者僅結合 aldehyde (乙醛) 基— CHO 之點不同而已。



葉綠素之構造式

葉綠素，在 porphyrin 環之中央，結合 Mg，但同一之 porphyrin 化合物，Hemoglobin (血色蛋白) 之動物之呼吸系色素，在此種位置，則結合 Fe。應注目之事，為 Mg-porphyrin (葉綠素) 與 Fe-porphyrin (呼吸調節物質)，依次記之方式，關與方向相反之同一反應，porphyrin 誘導體，無論對於光合成，無論對於呼吸，均有做為媒介體活動之功用。



2. 葉綠素之形成

在植物體內，尚含有與普通葉綠素近緣之物質為原始葉綠素（*prochlorophyll*）。對於此種物質，若給予日光時，則急速變為葉綠素 a，在短時期內，植物則成為綠色。

在葉綠素之形成上，除了日光之外，營養條件與遺傳因子，亦參與形成綠化之工作。例如葉綠素分子之構成要素中，若缺鎂（Mg）與氮（N）二種重要分子時，葉綠素則不能形成，葉與綠色果實，則黃變。此種黃變之現象，不單發生於葉綠素分子之構成要素缺乏時，當鐵（Fe）、錳（Mn）、銅（Cu）等缺乏時，亦能發生，尤其 Fe 缺乏時，則急速現出，此為一般所熟知之事。又有時，有發生缺乏葉綠素之白色植物之事，或葉之一處乃至各處發生沒有葉綠素，即所謂斑葉之事，亦多。此種現象，多基於遺傳的要素之故。

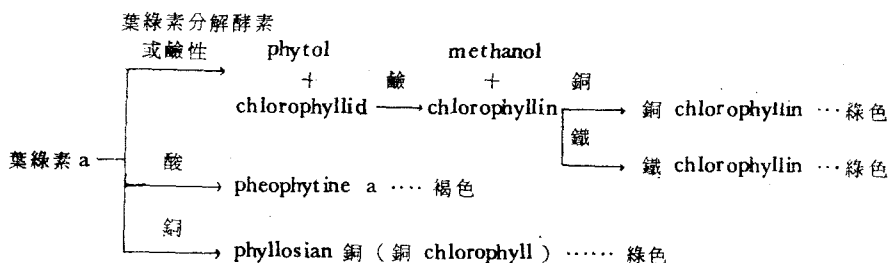
3. 葉綠素之反應

在葉綠素之反應中，有種種之種類，但其中葉綠素脂（*chlorophyllid*）及葉綠酸（*chlorophyllin*）之生成，脫鎂葉綠素（*pheophytine*）及葉綠素之氧化等三種，在實際上，甚為重要。葉綠素為三鹽基性酸之葉綠酸之 *methyl-phytyl ester*，葉綠素 a 可用（ $\text{C}_{32}\text{H}_{30}\text{ON}_4\text{Mg}$ ）（ COOCH_3 ）（ $\text{COOC}_{20}\text{H}_{39}$ ）式表示之。現在一個之 COOH ，成為 *lacton* 型，不現出酸性。

葉綠素依葉綠素分解酵素（*chlorophyllase*）鹼化，游離葉綠醇（*phytol*）成為綠色之葉綠素脂（*chlorophyllide*）。葉綠素分解酵素（*chlorophyllase*）之活性度，依植物之種類而有相當大之差異，有時差不多沒有顯出活性之事，亦有。在鹼性存在時，除了葉綠醇（*phytol*）外，甲醇（*methanol*）亦游離，而成為葉綠酸（*chlorophyllin*），變為清晰之綠色。將葉綠酸之鎂（Mg）置換銅（Cu）與鐵（Fe）等之銅或鐵葉綠酸，則呈鮮明之綠色。又葉綠素自身，與硫酸銅加熱時，則成銅葉綠素，成為安定之綠色，故被利用為食品之綠色固着劑。

對於葉綠素，使酸作用時，配置之鎂（Mg）則為 2 原子之氫素所置換成為褐色之脫鎂葉綠素（*pheophytine*）。葉綠素 a，則成為 *pheophytine a*；葉綠素 b，則成為 *pheophytine b*。

依葉綠素此等之反應，所生之誘導體，以圖示之如次：



對於葉綠素之溶液，照以光線時，綠色則褪色。此由于依光之作用，葉綠素被氧化之故。此種現象，在自然界常常均能看到。例如將貯藏之果實，若放置于強光之下時，則凋萎，但同時綠色亦褪色。

4、貯藏、加工與葉綠素之變化

未熟之果，大抵為綠色，但隨成熟，綠色則減退，呈果實特有之色澤。香蕉與洋梨，則在未熟之綠熟階段採收，其後，使用追熟方法，促進果實之成熟，提高品質而供食用。此時依追熟，利用貯藏中含于果實之葉綠素分解、消失之現象。但貯藏加工時，多需要努力以保持果實之綠色。如前項所述，葉綠素之反應，有種種之不同，但就隨貯藏，加工之葉綠素變化，觀察時，則如次。

(1) 一般收穫後果實之成熟，常依低溫而被抑制，故綠熟果之綠色，正在攝氏 $0 \sim 10$ 度之標準溫度下，依低溫貯藏而被保持。洋梨之追熟適溫，則為攝氏 20 度，在此種溫度下，經過 $7 \sim 10$ 日，則能充分追熟，成為黃色之果。但在貯藏于 $0 \sim 1.5^{\circ}\text{C}$ 之低溫下時，最少經過二個月，仍能保持其綠色。但貯藏期間長時，則隨時日之經過，其熟度則徐徐增進，綠色亦減退（杉山等，1963，1965；松田，1963；Porritt，1964；緒方等，1967）。但不耐低溫之果實，受到低溫之影響，則有受到褐變之憂。例如綠熟之香蕉，在 $0.5 \sim 2^{\circ}\text{C}$ 下，僅經一日，在 $4 \sim 8^{\circ}\text{C}$ 下，經 4 日，果皮則黑變（邨田等，1966 年）。

(2) 用人工的處理 CO_2 時，雖依濃度而異，但大體能充分保持綠色。 CO_2 處理與低溫處理併用時，效果則更增。將青梅在 5°C 下密封，用 $\text{CO}_2 : \text{O}_2 : \text{N}_2 = 3 : 3 : 94$ 之混合氣體，間缺地流入方式，行 CA 貯藏時，縱在四星期以後，仍能維持近于採收時之硬度與外觀（綠色原狀）（加藤等，1966）。此外，綠熟之洋梨與香蕉（表 1-1）亦能依 CA 貯藏，有保持綠色之效果（Allen，1939；邨田等，1967）。

(3) 用適當之線量放射線照射處理，依果實能保持其綠色。又對於尚殘

留綠色之番茄，用 30 萬 Rontger 線（愛克斯射線）程度之夾馬線（ r ）照射時，葉綠素之分解，則被抑制，番茄紅素（*lycopin*）之生成，則遲；果實之着色則遲晚（加藤等，1966）。縱在洋梨，亦能看到同樣之現象，對於綠熟果之洋梨，照射 25 萬 Rontgen 線時，縱在迫熟適溫下，比不照射者，葉綠素之分解則遲，迫熟期間，約能遲延一星期之久（中山等，1967）。

表 1-1 CA貯藏中香蕉果皮之葉綠素含量之變化（mg/Kg 邨田等，1967）

星期 區	當日	一星期	二星期	三星期	四星期	五星期	六星期
對照區	78.6	59.7	45.1	44.2	27.0		
5%CO ₂ 區		49.8	55.6	64.0	57.9	83.7	81.1
20%CO ₂ 區		57.3	54.6	75.0	73.8	60.2	77.0
40%CO ₂ STT區		55.7	54.6	54.4			

(4) 葉綠素變色之最大原因為脫鎂葉綠素（*pheophytine*）之生成。將綠色果實與綠色蔬菜加熱時，則褪色成為綠褐色。將綠色阿列布（*olive*）與黃瓜等鹽藏時，或以塩、糖、醋等調味時，則漸次成為黃褐色。此等蔬菜均由于葉綠素分解，成為脫鎂葉綠素，所引起之現象。

將菠菜水煮時，若不蓋鍋蓋煮時，則能比較能保持綠色，但蓋上鍋蓋時，溶液成酸性時，其變化則更烈。此由于加熱，由菠菜煮出揮發酸，溶解于煮汁，或因溶液成為酸性，酸作用于葉綠素，生成脫鎂葉綠素之故（加藤，1947）。又醃漬物發酵後生成乳酸與醋酸時，脫鎂葉綠素則容易生成。當蔬菜堆積時，其色發生變化者，亦因自己酸化生成之有機酸，具有同樣作用之故。

因此，若欲抑制葉綠素之變化時，需使之不生酸，或不能不中和已有之酸。將綠色果與蔬菜加熱時，加入重曹，亦即含有此種意義；又將葉綠素鹼化，即利用使綠色能生成安定之葉綠酸（*chlorophyllin*）之故。此時尚有利用鈉（*Na*）與葉綠素分子中之鎂（*Mg*）置換，成為鮮綠色，有效之說。此與醃漬蔬菜時，先將原料浸漬于石灰水中時，則色澤不易變化之理由，完全相同。

(5) 將葉綠素加熱時，脫鎂葉綠素之生成狀態，依條件而有相當大之差異。依加熱後被放置之溫度，亦有很大之影響。在有開關子母扣瓶之例（*Van Buren* 等，1964），用 60～80℃ 加熱時，比無加熱與 100℃ 加熱，加熱後之變化大，此時之放置溫度，若為 25～40℃ 時，則生 10℃ 時之 1.5

~3倍量(4小時)之脫鎂葉綠素。即在以開水浸泡後，任其加溫放置時，則顯示容易生成 *pheophytine* (脫鎂葉綠素) 之故，加工之時，完成適當之熱處理 (*blanching*) 時，務以從速冷卻為可。脫鎂葉綠素多量生成時，pH 一定會多少降低，亦為富于興趣之現象，脫鎂葉綠素之 pH 5.5 時，比 pH 6.5 容易生成，可知脫鎂葉綠素之生成與 pH 有密切之關係。

(6) 葉綠素被強力氧化時，則生白色化之事，前已述過，但此種良好之例，在杏之加工時，可以看到。將杏日乾時，縱含有多少之葉綠素，但依強烈之日光乾燥時，在乾燥中，則消失，僅胡蘿蔔素類之黃色，被留下，成為美麗之色，但人工乾燥時，綠色則尚存，則不能製成那樣美麗之產品。此外，阿列布泡漬後製成瓶裝，曝露于日光時，其色則漸褪之事，亦為常見之現象。

(7) 果實之成熟與乙烯 (*Ethylene*) ($\text{CH}_2=\text{CH}_2$) 有密接之關係，此為熟知之事，但乙烯分解消失葉綠素，有使胡蘿蔔色素類之色素以原態殘留之性質，故用適宜濃度瓦斯處理時，洋梨、香蕉等之綠熟果實，均可依人工使之促進追熟。如洋梨與香蕉，收穫後，有二次呼吸頂峯之發生 (*Climacteric rise*)。在營追熟之果實，追熟前即在呼吸上昇前之階段，用乙烯處理時，效果則大，但在二次呼吸頂峯發生後，其效果則難看出 (*Gane, 1937*)。但縱在沒有 *Climacteric* 之如檸檬與甜橙柑橘類果實，用 200 ppm 程度之乙烯瓦斯處理時，對於果汁成分則沒有很大之影響，而能使綠熟果着色為黃色果 (*Chace 氏等, 1927. Miller 氏等, 1940*)。

5. 綠色化學的安定化

欲施行綠色之化學的安定法時，加入重曹，使葉綠素變為葉綠酸之方法，甚為簡單。此時若加入重曹過多時，縱能保持綠色，但材料或因此軟化，或維他命尤其 B_1 因此被破壞，故不能不加以注意。又將材料加溫到 70°C ，亦是方法之一。在綠色果實與蔬果中，含有葉綠素分解酵素，此酵素加熱至 70°C 時，其活性則強化，分解葉綠素而生成葉綠酸。此種物質，甚為安定，而且為顯出綠色之物質，故製造菠菜之罐頭，與冷凍品之前，多被利用為前處理之材料。

為使葉綠素固定而更為安定，常用含有銅鹽之溶液，施行加熱處理。在日本自古為固定綠豌豆及其他之罐頭之色，常使用硫酸銅，但依銅鹽，葉綠素則成為綠色安定之銅葉綠素被固定。但此種處理，固能保持外觀之美麗，但風味則難免受到損害，銅鹽則殘存于食品中，故在衛生上，頗為不宜。故依食品衛生法，使用食品之範圍，與銅之允許量，已有定規，果實貯藏品之

銅量，須在 100 公絲 (mg) 以下始可。

在美國，此種銅鹽已被禁止使用，故如日本製造之如硫酸銅之固定葉綠素之綠豌豆的罐頭等已不見。最近在美國，有一種新法做為特許案 (Maleck, 1964: 美國特許, 1954) 曾被提出，但其中之一為浸漬開水時，為使用氫氧化鈣 (calcium hydroxide) 或 sodium glutamate 鈣，調節 pH 為 7.2 ~ 8.2 之方法。製罐後，24 小時依 Disodium glutamate 酸鈉 (麩酸鈉) 與氫氧化鈣，防止 pH 之變化。當然由容器與機械，混入金屬離子 (ion)，是不可以的。但依此法製造之蠶豆罐頭，縱經過二年之久，亦能充分保持綠色云。但對於含有花青素之果實與蔬菜，不能使用。又其他之方法，為將氫氧化鎂 (magnesium hydroxide) 混入于乙基纖維素 (ethyl cellulose) 或樹脂中，用此塗裝于罐頭內面，在貯藏中，利用氫氧化鎂漸次少量溶出之量，供調節 pH，以圖保持原存之葉綠素之故。

三、胡蘿蔔素類 (Carotenoids)

1. 胡蘿蔔素類之種類與分布

胡蘿蔔素類，為黃色乃至赤色，不溶解于水之色素，在植物之綠色部，一定存有，但縱在綠色以外之部分，亦含有。在稱為胡蘿蔔素類一群之色素中，如第表 1-2 所示，有多種多樣之種類，其中胡蘿蔔素與 Kryptoxanthine，具有維他命之作用，故在營養上，常受到重視。

胡蘿蔔素類，在丙酮 (acetone) 與乙醚 (ether) 等之有機溶劑中，極易溶解，但不易溶解于水，故在細胞液中，不存在，普通含于色素體 (plastid) 中。

表 1-2 胡蘿蔔素類之重要種類與其含有之食品

胡 蘿 蔔 素 類	食 品	葉 綠 素	食 品
α - Carotene	胡蘿蔔、茶 柑橘	Lutein (黃體素)	卵、黃葉
β - Carotene	胡蘿蔔、辣椒、甘 藷、杏、柑橘	Zeaxanthin	玉蜀黍、柿、柑橘
γ - Carotene	胡蘿蔔、杏、柑橘	Lycophyll	番茄
lycopene	番茄、西瓜、柿、 杏	Cryptoxanthin	棧柑、番木瓜、酸漿
(番茄紅素)		Lycoxanthin	番 茄
		Capsanthol	辣 椒
		Copsanthin	辣 椒

在綠葉中，與葉綠素等同時存于葉綠體中，在此成爲能溶于水之可溶蛋白質結合體，間或呈油滴狀。

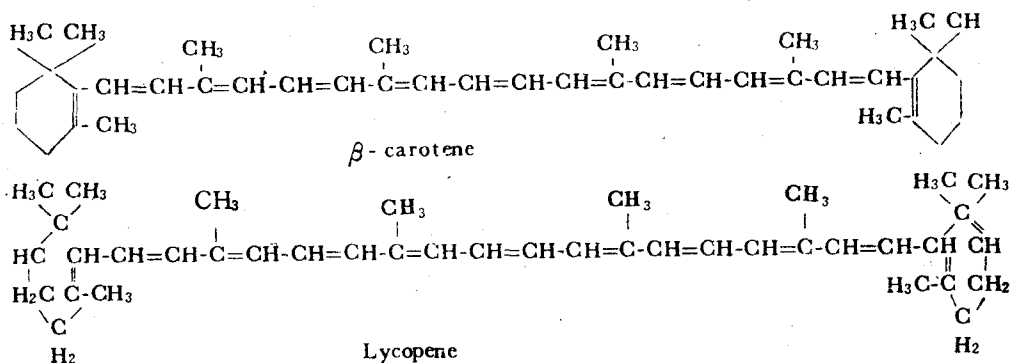
胡蘿蔔素類之中，胡蘿蔔素不易溶解于酒精，但葉黃素（xanthophyll）則易溶于酒精。

α -胡蘿蔔素與 β -胡蘿蔔素，大體存于綠葉中甚多， γ -胡蘿蔔素多存于果實與花中，番茄紅素（lycopene）不含于葉中，僅含于果實中。葉黃素類（xanthophyll）多含于果實類，但含于葉者，多爲黃體素（lutein），玉米黃尿素（zeaxanthin）與kryptoxanthine極少。黃肉桃、杏、番茄、柿之色，爲由黃到赤之色，但此與含有之番茄紅素（lycopene）之多少，關係甚密。在黃肉桃之中，lycopene 差不多沒含的亦有。在杏中，胡蘿蔔素類內，lycopene 約含有10%。到了紅番茄時，lycopene 則達到90%者，亦有。赤柿約含有lycopene 近40%，但中國之黃柿，被認爲沒有含lycopene。赤色果實之胡蘿蔔素類不是均爲lycopene，亦有如辣椒之辣椒紅色素（capsanthin）之例。

2. 胡蘿蔔素類之構造與性質

胡蘿蔔素類之化學的，生化學的研究，已由多數之人士進行中，其成績曾類集發表于種種之書籍。在此，擬就關連于胡蘿蔔素類之變化其構造及性質，敘述于次。

胡蘿蔔素類，在化學上由八個無色透明之類似體所構成之 tetraterpene，持有40個之炭素原子。此等之炭素原子中，有22個成爲分子之中軸，其isoprene（異戊二烯）基，主結合于trans型。其兩端各附有九個之炭素原子，但此等炭素原子有呈環狀的及鎖狀的時候。前者有 β -carotene（ $C_{40}H_{56}$ ），後者有Lycopene（ $C_{40}H_{56}$ ）。

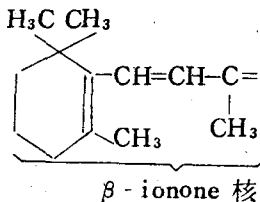


胡蘿蔔素類分子之兩端部之構造，依二重結合之數與其位置等之點，有種種不同，因此，在胡蘿蔔素類，可區別為多種多樣之種類。分子僅由炭素（C）與氫素（H）所成者，稱為胡蘿蔔素類，炭（C）與氫（H）之外，有做為 keto 基或氫氧基，含有氧（O）之分子者，稱為葉黃素類（xanthophyll）。後者之中，發見量最多者，為黃體素（lutein），其分子之兩端之環狀部，各附有一個之氫氧基。又含于黃色玉蜀黍之種子中之 zeaxanthin（玉米黃尿素），亦同，均用 $C_{40}H_{56}O_2$ 之構造式表示之。

胡蘿蔔素類分子中，多有二重結合，故可想到有幾種異性體。即具有 trans 型與 cis 型之異性體。從 β -carotene 之構造說，在理論上，最高具有 272 種之 cis-trans 異性體，但被認為安定存在者，不過 20 種而已。

一般天然存在之胡蘿蔔素類，除了數個例外，差不多全部均為 all-trans 型。

α ， β ， γ -carotene 及 kryptoxanthine，與維他命 A 同，具有 β -ionone 核（紫羅蘭香酮核），在動物體內，則變為維他命 A，能發揮做為維他命 A 之效力，故被稱為 provitamin A（維他命 A 原）。因此，胡蘿蔔素類，從果實、蔬菜開始，對於其種種之食品中，能給與豐富之色彩，同時，做為維他命 A 之給源，成為重要之色素了。



3. 果實之成熟與胡蘿蔔素類之消長

果實隨生長、成熟，綠色之葉綠素則消失，代之，黃與赤色之胡蘿蔔素類與赤、紫等之花青素（anthocyanins）則現出，顯出果實特有之色調。如斯隨果實之成熟，使果實發生變化之事，為果實成熟上一種重要之過程。

圖 1-1 為表示成熟期間中鳳梨果實色素之變化狀態者。當未熟時，果皮（shell）中葉綠素多，胡蘿蔔素類之色素比較少故呈綠色，但果實到了近于成熟期時，其葉綠素則急速減少，又果肉之胡蘿蔔素類顯著地增加（Gortner, 1965）。在番茄的時候，成熟時所生成之胡蘿蔔素類，主為番茄紅素（lycopene），着赤色。當然，胡蘿蔔素、葉黃素（xanthophyll）等之色素亦能生成，但隨成熟之進行，就番茄紅素與胡蘿蔔素之消長關係，最

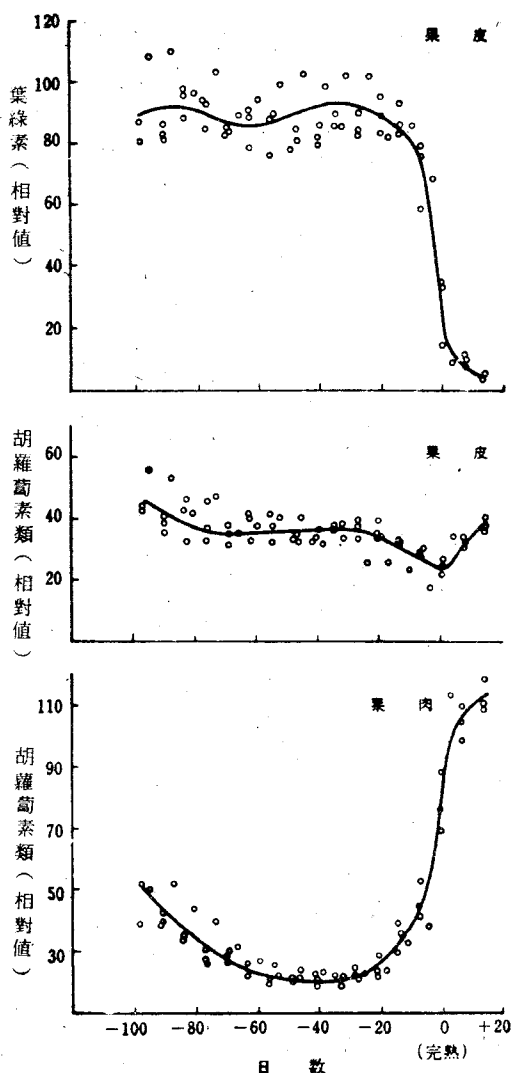


圖 1-1 隨鳳梨果實之成熟葉綠素、胡蘿蔔素類色素之變化 (Gortner, 1965)。

近曾有得拉爾 (Dalal, 1965) 報告過。但在生育期間中，關於胡蘿蔔素類被生成之事，曾受到種種外在條件之影響，故就其形成之要因，從很早以前起，即被研究了。做為最適之材料，常用番茄為之。關於番茄之研究，甚多。現在概略說明影響于胡蘿蔔素類 (carotenoids) 形成之要因時，則如次所述。

(1) 氧素 當胡蘿蔔素類形成時，氧素甚為必要，將番茄及其他之果實，在乙烯 (ethylene) 或炭酸瓦斯中，人工地使之成熟時，則不能充分形成 (Sadana 氏, 1949)。

(2) 光 光之必要性，似乎依胡蘿蔔素類之種類或依生育成熟之階段而異。但一般在果實之成熟過程中，若不給與充分之光時，各種胡蘿蔔素類之含量則少。在番茄，當果實之生育初期，給與充足之光源，從綠熟期起，到着色期，斷絕光線時，