

第一章 前言

國產蔬菜豐富，總產量為各類農產品之冠。惟蔬菜中種類甚多，有葉菜類、果菜類、根菜類、莖菜類及花菜類之分。大多數之蔬菜均能維持一年數季之生產，提供了國民豐富的飲食變化（林等，1990）。近年來，人們為追求健康、低熱量、快速且方便，因此食用許多生鮮蔬果用以獲得所需之纖維素、維他命及礦物質，所以對蔬果的衛生品質要求益形重要。

台灣位處亞熱帶地區，溫度及濕度極適合微生物的生長，導致蔬菜易於腐敗，食用期限減短。故降低蔬果產品本身的微生物量或抑制有害微生物的生長實為必要之舉；清洗是減少微生物及其他污物之基本作業，但只用水洗往往很難達到微生物的安全標準。

由於台灣地處於亞熱帶，往往農民大量的噴灑農藥在蔬果的栽植，以減少病蟲危害。在使用農藥之時，必須注意各種農藥的使用均有其規定的停藥期，但是農民可能因氣候、菜價等，而提早採收，造成農藥殘留量過高的危害。

為減少微生物或農藥的危害，因此許多非加熱殺菌的加工技術如臭氧水處理、次氯酸鈉、紫外線及電解水等的應用相繼而生。電解水機電解產水時分為酸性電解水與鹼性電解水，酸性電解水宣稱具有強氧化力、收斂作用及殺菌力可應用於食品工廠，生鮮食品清洗和殺菌，工廠作業人員手部消毒，醫療用品之消毒清洗及手部清洗(Shimizu et al., 1994)；而鹼性電解水則被稱具有還原能力、膨潤力、

溶解力、脫臭、保鮮及熱傳導促進力等（蕭，1998；田中，1991；松尾，1999）。其中以鹼性電解水煮飯，可使飯粒的黏彈性增加（田中，1991），或可改善米之吸水性或增加豆腐產率（五十部，1995），或因鹼性電解水的 pH 而增加米粒膨脹率 7%（小林等，1996）。小林等（1997）以鹼性電解水萃取鰹節時，較能萃取出次黃嘌呤核苷酸（IMP）及麩胺酸等代表鰹節的鮮味物質，其中以 pH 10.0 的鹼性電解水可萃取最高量的 IMP，以 pH 9.0 鹼性電解水的萃取物呈現最強的甘味。但高橋（1994）指出鹼性電解水經無菌過濾器處理前後之物性變化很大，氧化還原電位由原有 -630 mV 迅速變為 2.5 mV。如此氧化還原電位不穩定的鹼性水，是否仍具有如業者宣稱的神奇還原效果，值得進一步探討。另外，電解水的氧化還原電位相關基礎研究甚少，一些基本條件如電流的強度、電解的時間及儲存的环境是否會影響其氧化還原電位均不得而知。因此在運用時必須先了解電解水的基本性狀及安定性。

本研究的目的包括（1）探討不同安培數電解條件下的電解水產水性狀（pH 值與 ORP 值）產水量和耗電量，（2）更進一步去探討於電解水機原設定 14 安培生產之鹼性電解水在不同環境（光照、容器、溫度及震盪）儲存條件下之安定性，（3）先以 3 種葉菜及 3 種果菜來評估電解水對蔬菜微生物的清洗及減少蔬菜上農藥殘留的效果，（4）探討蔬菜經電解水清洗後對其品質的影響。

第二章 文獻回顧

2.1 蔬菜的性狀

2.1.1 種類繁多

蔬菜類為供應人們副食品而栽培的草本植物之總稱。園藝學將蔬菜分成葉菜類、果菜類、根菜類、莖菜類及花菜類，而在每一類蔬菜中又分為許多品種；依種類的不同，蔬菜的也各有型態，在外表的組織結構（如表面的皺摺、臘質或疣狀凸起等）、生長環境及食用方式上各有其差異（賴等，1988；Breidt and Fleming, 1997）。

2.1.2 蔬菜各論

2.1.2.1 葉菜類

菠菜（*Spinacia oleracea* L.），英文名 spinach，別名菠陵菜、赤根菜、藜科。原產於中亞細亞地區，於伊朗最早栽培。據說於漢代經由回教傳入我國。自根部長出箭形葉及長葉柄，葉柄有凹陷條狀溝紋，根呈淡紅稍大，根、葉均可食。一般做炒食、煮食等用，加工可製成罐頭或用急速冷凍法加工為冷凍蔬菜（沈，1995；黃和洪，1988）。

小白菜屬於不結球白菜類（*Brassica rapa* L. Chinensis Group），英文名為 Leaf cabbage。原產於歐亞兩洲北部或北歐一帶。簇生葉，上部稍張開而且成全緣波浪狀倒卵形，也有缺刻的形態，下方漸狹，連於淡綠色或白色杓行多肉之葉柄，為我國生產大宗蔬菜之一（黃和洪，1988）。

青江菜亦屬於不結球白菜類（*Brassica rapa* L.

Chinensis Group), 英文名為 Chinjon。原產於歐亞兩洲北部或北歐一帶。上部稍張開而且成全緣倒卵形, 下方漸狹, 連於淡綠白色杓行多肉之葉柄, 亦為我國生產大宗蔬菜之一 (黃和洪, 1988)。

2.1.2.2 果菜類

四季豆 (*Phaseolus vulgaris* L.), 英名 snap bean, 別名菜豆、雲豆、敏豆, 為蝶形花科菜豆屬。有蔓性 (攀緣性) 及矮性 (立株性) 兩種, 為一年生之草本植物。原產於熱帶美洲, 於西元 1905 年引入台灣種植。依莢色分為白色種和青色種。四季都有嫩莢可供鮮食, 可加工製成罐頭或冷凍供外銷用 (黃和洪, 1995; 梁, 1979)。

番椒 (*Capsicum annuum* L.), 英名 pepper, hot pepper, sweet pepper, bell pepper, 別名辣椒、甜椒、青椒, 為茄科。原產於巴西亞馬遜河流域。因品種不同, 嫩果色白綠或褐, 熟則轉紅、青、黃或紫色。在果實的外表有一層光滑的臘質, 種子淡褐扁平, 著生於胎座。可供鮮食、沙拉、炒食或調味等之用 (黃和洪, 1988)。

胡瓜 (*Cucumis sativus* L.), 英文名 cucumber, 別名黃瓜、刺瓜、王瓜。據推測原產於印度。一年生蔓性。全株被粗毛; 莖上圓下方, 長 2-5 cm。果實長或卵圓, 表面有疣狀凸起, 上被毛或刺, 刺分黑白兩種。果實成熟呈鮮綠或綠黃色, 種子多且呈白色 (黃和洪, 1988)。

2.2 影響蔬菜品質的因素

2.2.1 蔬菜外觀

外觀為評估蔬菜品質的最重要因素之一，蔬菜品質如色澤、形狀、損傷程度、硬度及鮮度等，其中色澤及損傷程度用肉眼可直接判斷。一般消費者購買蔬菜，常用肉眼來評估蔬菜的好壞（趙，1989）。很多蔬菜因含有葉綠素而呈綠色，一旦葉綠素受到破壞，會導致外觀上色澤的劣變，而降低消費者的購買慾。

2.2.2 葉綠素的保存

2.2.2.1 葉綠素之構造

葉綠素（chlorophylls）為蔬菜之綠色部分，以及未熟果實之綠色，乃葉綠素之綠色與類葉紅素之黃色混合共存於植物細胞中，與蛋白質共同形成複合之葉綠體（chloroplast）。

葉綠素為葉綠酸（chlorophylline）與葉綠醇（phytol, $C_{20}H_{39}O$ ）及甲醇所組成之酯化物，與高等動物之血紅蛋白（hemoglobin）同屬由四個吡咯（pyrrole）所組成之porphyrin色素（張，1993）。

高等植物之葉綠素，是由葉綠素 a 與葉綠素 b 混合而成。葉綠素 a 為藍綠色，其分子式為 $C_{55}H_{72}N_4O_5Mg$ ；葉綠素 b 為黃綠色，其分子式為 $C_{55}H_{70}N_4O_6Mg$ 。兩者不同之處乃第 3 碳原子所連接之團基，前者為 CH_3 ，後者為 CHO 。普通陸產植物中葉綠素及葉綠素 b 兩者之含量比為 3 比 1

(續, 1997)。

2.2.2.2 葉綠素之性質與變化

葉綠素之純品為黑藍色兼有強金屬光澤之粉狀物，熔點約在 120℃，易溶於各種有機溶劑。以丙酮自新鮮植物葉中可提取 0.9~1.2 g/kg 的葉綠素；改以石油醚可自乾葉中萃取得 5~10 g/kg 的葉綠素。葉綠素受酸影響相當嚴重，其分子中之 Mg 被除去而被二個氫原子取代，生成褐色之脫鎂葉綠素 a (pheophytin a) 或褐色之脫鎂葉綠素 b 而致綠色之消失。亦因加熱而加速其反應 (張, 1993)。蔬菜於採收後，因其體內之自己消化而致有機酸增加，導致葉綠素變成脫鎂葉綠素而變為黃色以至褐色。

葉綠素在弱鹼性溶液中尚稱安定，但鹼液之濃度增高的情形下，則葉綠素會生成葉綠酸之鈉 (或鉀) 鹽，益顯綠色。惟用鹼過多，則有損植物之組織與風味也會導致葉綠素的溶出 (續, 1997)。

2.2.3 維生素 C 的保存

2.2.3.1 維生素 C 的組成及性質

維生素 C 亦稱 L-抗壞血酸 (L-ascorbic acid)，為六碳糖之衍生物。因其烯醇式 (enol form) 結構容易被氧化，因此具有還原力。其 C₂ 及 C₃ 附著 OH 基之 H 原子，極易脫離而形成二酮 (diketo) 化合物，即是氧化型之 L-去氫抗壞血酸 (L-dehydroascorbic acid)。

維生素 C 純品為白色無臭之板狀結晶，熔點 192 ，易溶於水、酒精、丙酮等，不溶於其他有機溶劑及油脂中。因有強還原性，故可還原斐林（ fehling ）試液；在酸性溶液時，可使硝酸銀中之銀游離或接觸碘可成為碘化氫；但此時還原型之維生素 C 則已被氧化。維生素 C 之水溶液放置於空氣中，會被氧化成去氫抗壞血酸，該變化在 pH 5.0 以下之酸性溶液內，係徐徐進行。但在中性或鹼性溶液中，則快速生成 2, 3-二酮-L-古羅酸(2,3-keto-L-gulonic acid)，進一步氧化內酯結構，分解成草酸與 L-蘇力糖酸(Threonic acid) (續，1997)。因此酸、鹼皆會影響食物中維生素 C 的保存。

2.2.3.2 維生素 C 在加工中之變化

食品原料如蔬菜等含有維生素 C 者，每因調理、加工時之水洗或水煮而流失。殺菁處理（ blanching ）後雖無被酵素作用破壞之虞，但仍不免有溶解而流失。當組織被破壞與空氣接觸時，將促進維生素 C 之氧化，例如罐頭食品在脫氣時，原有之空氣已被水蒸汽所代替，故維生素 C 之損失較乾燥食品與空氣接觸者少（ 續，1997 ）。

張(1993)亦指出維生素 C 的損失主要因化學的分解，又因食品系統的不同，產生許多種的裂解途徑。其影響的因子有溫度、鹽糖濃度、pH 值、氧氣、酵素、胺基酸、金屬離子、氧化劑與還原劑的存在及含量之多寡等。

2.2.4 清除自由基能力

自由基 (free radical) 乃是具有一個或多個不對稱電子而獨立存在之原子或分子，因而易與其他分子反應 (Halliwell et al., 1995)。同時常見的重要活性氧有氫氧自由基 (hydroxyl, $\cdot\text{OH}$)、超氧陰離子 (superoxide anion, $\text{O}_2^{\cdot-}$)、氧化氮 (nitric oxide, NO^{\cdot})、過氧化氫 (hydrogen peroxide, H_2O_2)、單重態氧 (singlet oxygen, $^1\text{O}_2$)、臭氧 (ozone, O_3)、過氧化自由基 (peroxyl, RO_2^{\cdot})、次氯酸 (hypochlorous acid, HOCl) 等 (Aruoma, 1998)。此類均歸屬生理系統之氧化物質。

蔬果種類很多，而各種蔬果對自由基的吸收能力差異很大 (Cao et al., 1996; Wang et al., 1996)。蔬果中含有多種被認為具有抗氧化效果的營養素，如維生素 C、維生素 E、胡蘿蔔素、葉綠素等。維生素 C 因可提供一對未共用電子對，而成為有效之含氧自由基清除劑。由於維生素 C 與維生素 E 有相乘作用，故在高濃度之維生素 C 下，僅需低濃度的維生素 E 即可提供良好的抗氧化保護效果 (Jacob, 1994; Machlin and Bendich, 1987)。同樣的，植物體所含有之葉綠素的抗氧化作用可能是藉由分子內之氫游離釋放電子來清除過氧化自由基而抑制氧化 (Endo et al., 1984)。

2.3 引發蔬菜衛生問題的因素

2.3.1 微生物

食品中的微生物來自於土壤、空氣、水等自然環境或

是人以及動物等污染源，以一次或是二次的方式污染食品源材料或是食品。因此從生產至消費階段，食品都可能暴露在各種不同來源微生物的污染（王，1995；Brackett, 1992）並可能隨著儲藏時間的增加，而導致微生物的大量生長（Odumeru et al., 1997）。

一般在植物體的表面多存有微生物。而蔬菜的 pH 值又在細菌可生長的範圍之內，且蔬菜擁有高含水量供腐敗性微生物的生長，蔬菜中所含的營養成分，足以提供細菌、黴菌及酵母菌生長所需，故會造成蔬菜的腐敗（王，1991）。

引起蔬菜腐敗的微生物主要有細菌、黴菌及酵母菌等（李等，1992；Christophe and Carlin, 1994）。微生物的各種酵素可將蔬菜的組成分分解，再加上其本身的代謝物質，因而改變了蔬菜的風味、質地及外觀，並可能引起衛生上的問題（李等，1992；Nguten-the and Carlin, 1994）。Adams 等（1989）及 Breidt and Fleming（1997）曾以掃描式電子顯微鏡觀察，指出蔬菜清洗過後仍會有許多微生物暗藏於表面的皺摺、凹槽及氣孔。由於這些微細部位不易清洗到，可能會造成清洗效果的降低。近年來生菜沙拉的風行，病原菌的污染將會是衛生上的一大隱憂（王，2000；廖，2000；吳，1994；陳，1994；Brackett, 1992）。

2.3.2 農藥

2.3.2.1 農藥的需求及危害問題

近四十年來世界人口的膨脹，人類對糧食的需求量逐漸

增加，為了提高作物的收成率，減少害蟲、病菌、雜草等有害生物，農藥及化學藥劑被大量使用在農作物上。這些農藥在植物生態系中並不完全分解消失，而常殘留在採收的農作物上，當消費者攝食後可能會形成慢性或急性的毒害（李等，1992）。本省自民國八十二年至八十四年對田間及市售蔬果農藥殘留之檢驗結果，有 2.0% 至 6.6%，並不符合食品衛生管理法中的殘留農藥安全容許量之規定（費，1999）。

2.3.2.2 農藥殘留的方式

黃（1988）將農藥殘留概括為二類，第一類為接觸性藥劑：在植株中之移行性小，容易附著於植物表面或累積於臘質結構中，此類農藥與作物接觸之部位常形成較高之殘留量；若其理化性質較穩定則不易被分解。第二類為系統性藥劑：親水性較強，與作物接觸後能在短時間內擴散進入植物組織中，並移行至植物各部位。此類藥劑在植物體上不會造成局部性高量殘留，但可維持很長的殘留時間，且其分解代謝的過程也較複雜。翁（1992）亦曾指出農藥一般以三種殘留方式存在於植物體上：第一種為形成乾膜（dry film）附著於植物體表面；第二種為擴散進入植物體表面臘質部分而累積於作物表層；第三種則是經由根部、葉部組織之吸收轉移而散佈於植物體各部分。此三種殘留方式所造成之各種農藥的殘留量與殘留之形態（為農藥本身或其代謝產物）皆有很大的差異。許多因素如農藥

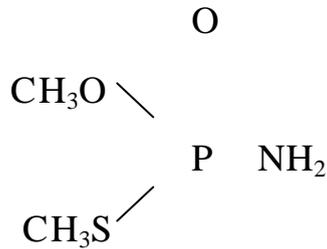
之結構、劑型、施藥方式、混合使用、農作物種類及環境因子等，都會造成不同的殘留狀態，進而影響其分解與消失。

2.3.2.3 調配用水 pH 值對農藥的影響

農藥的有效型態必須在一定的 pH 值下才能維持(廖，1984)。不同的水質酸鹼度，在農藥的使用上有相對的影響。在化學反應中， H^+ 與 OH^- 均可做為反應的催化劑。尤其是在水溶液中，兩者均可促成化學物質的水解。對農藥而言，這些離子均可能使有效成分分解成無生物活性之化合物。大多數農藥的有效成分，在水質 pH 值由 6.0 到 6.5 之間很安定。如以 pH 值 7.0 左右的灌溉水調配農藥，且配好的農藥也可在短時間內噴用完，對農藥的有效成分不會有太大的影響。但是如果以 pH 值 8 - 9 的灌溉水調配農藥，而且配好後經過幾個小時才去噴用或噴完，或以自動噴藥系統一次調配二天的用量，則有些農藥就可能失去主成分或部分已分解，如大滅松在 pH 值 9 時，48 分鐘內就已有 50% 的有效成分被分解 (羅，1989)。

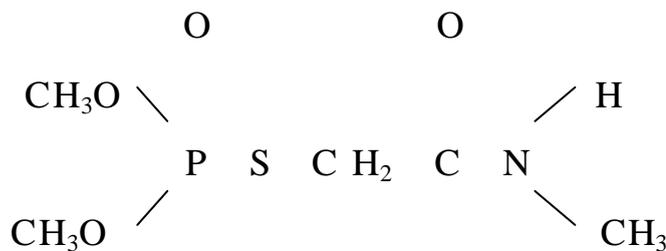
2.3.2.4 農藥各論

大滅松(又稱大滅速，英文商品名如 Dimethoate, Rogor, Roxion, Perfekthion, Daphene, De-Fend, Trimetion, Cygon 等)，其化學名稱為 O,O-Dimethyl-S-(N-methylcarbamoyl)-methylphosphorodithioate，分子式： $C_8H_{12}NO_3PS_2$



屬 1956 年美國氰胺公司 (ACC) 及義大利 Montecatini 公司雙方所發明之有機磷劑農藥。純品為具特臭之白色固體，比重 1.28，可溶於甲苯等有機溶媒中，水中溶解度 7% (80℃)，2.5g/100L (21℃)。在日光及室溫水溶液中安定，惟在鹼性水溶液中急速分解。具接觸毒性，殘效性及滲透性。本劑對蚜蟲、浮塵子、介殼蟲等有強殺蟲力及速效性和殘效性。常用於米類，小葉菜類，瓜菜類，根菜類，豆菜類，柑桔類等，但因本劑對人體具有吸收毒理作用，一般在採收 20 天內禁止使用 (廖，1984)。

達馬松 (英文名 Tamaron, Methamidophos, Monitor, Hamidop) 化學名稱為 O, S-Dimethyl ester amide of thiophosphoric acid 或 O, S-dimethyl Phosphoramidothioate 分子式：C₂H₈NO₂PS



1967 年由美國 Ortho 公司及西德拜耳公司出品，工業級為黃色至無色結晶，熔點為 37-39℃，而純品為 44.5℃。可

溶於水、酒精、酮類、微溶於乙醚，但不溶於石油醚中，亦不可與鹼性藥劑混合。具滲透性、接觸毒性及殘效性，對汁吸性害蟲如蚜蟲，紅蜘蛛及咬食性昆蟲有效，常用於包葉菜類，小葉菜類，米類，根菜類，豆菜類，瓜菜類，乾豆類等，一般在採收三週前禁止用藥（廖，1984）。

2.4 蔬菜常用的清洗及處理方式

2.4.1 次氯酸鈉溶液

鍾(1993)曾指出有效氯 (available chlorine) 是最常被使用的消毒劑，包括氯氣、次氯酸離子、次氯酸鈉溶液等。常見有效氯形式有液態氯 (liquid chlorine)、次氯酸鈉或次氯酸鈣 (sodium hypochlorite 或 calcium hypochlorite)、二氧化氯 (chlorine dioxide)。

對細菌及細菌孢子而言，有效氯濃度越高，殺菌力越強。當次氯酸鈉 (NaOCl) 的使用濃度增加 4 倍時，殺菌力會增強 50 %；當 NaOCl 的使用濃度增加 2 倍時，殺菌力會增強 30 %。雖然氯的使用濃度越高，殺菌效果越強，但高濃度的氯具危險性，除了會有惡臭外，會使加工設備遭到腐蝕。儲存的氯液應保持高 pH 值；雖然低 pH 值之氯液殺菌力強，但高 pH 值之氯液卻較安定（鍾，1993）。儲存在高溫（40 °C）及強光（50,000 lux）的環境下，有效氯之安定性變差（Gelinas and Goulet, 1982）。

有效氯的殺菌力與和其作用的有機物成分也有關係。氯溶液中混有機物時，如糖類、蛋白質等，會消耗有效氯

的濃度，使殺菌力減弱。在許多有效氯殺菌劑中，無機氯化合物（ NaOCl 或 Ca(OCl)_2 ）比有機氯化合物的效果來的佳。一旦氯與有機物化合成有機氯化合物，其作用力減弱，故影響氯的安定性因子包括有濃度、溫度、pH 及有機物等（鍾，1993）。

Breuchat et al.（1998）使用 200 ppm 次氯酸鈉溶液對蘋果、馬鈴薯及萵苣表面上所含的沙門氏菌、大腸桿菌 O157:H7、李斯特菌、黴菌及酵母菌有殺菌效果，將濃度提高致 2000 ppm 雖效果較顯著，但會有嚴重的殘留氯臭。

2.4.2 臭氧

自然界中的臭氧是由三個氧原子結合而成的不穩定分子，由氧分子受紫外線（UV）照射所產生。於商業的臭氧產生機中，臭氧可利用於 185nm 的紫外燈或電暈放電（corona discharge）來生產。因臭氧具有強氧化力，約為氯劑的 1.5 倍，是一種具潛力的殺菌劑。當在蔬果洗滌時，利用臭氧微溶於水的將臭氧通入洗滌水中。但利用臭氧時仍具有危險性，人們暴露於臭氧的環境時間過久，會造成生理上的刺激反應（楊，2000）。

2.4.3 界面活性劑及鹽水

清洗劑中的界面活性劑可降低水的表面張力，發揮濕潤、浸透、乳化及分散的功能，可分為陰離子、陽離子、

兩性界面活性劑及非離子界面活性劑。其中最常被使用的是陰離子界面活性劑，如肥皂、烷基苯磺酸（alkylbenzene sulfonates，簡稱 ABS）。陽離子界面活性劑的洗淨能力不強，殺菌力較強，多用於消毒殺菌。非離子界面活性劑的洗淨能力很強，不起泡，多添加於酸性或鹼性清潔劑中（李等，1992）。此外一般家庭常用低於 5% 的食鹽水來清洗蔬果，蔡等（1998）使用 3% 及 5% 食鹽水清洗數種蔬果，對蔬果所含之有機硫磺劑農藥有降低殘留量的效果，其效果優於用清水清洗者。

2.5 電解水

2.5.1 電解水的原理及基本性狀

電解水機的構造中包含正負兩極，利用半透膜通透性及氯化鈉的添加促進電解。一般自來水中含有多量礦物質及碳酸之硬水，無法達到充分電解效果，故需使用軟水機調整水質並加入 0.5% 食鹽當作電解質，使水中存在四類離子，鈉離子（ Na^+ ）、氯離子（ Cl^- ）、氫離子（ H^+ ）、氫氧離子（ OH^- ）。食鹽水放入電極，通上電壓約在 8—10 伏特（mV）間，使得陽極會吸附 Cl^- 及 OH^- ，陰極吸附 Na^+ 及 H^+ 。當陽極釋出電子轉換成氯分子（ Cl_2 ）及氫氧離子（ OH^- ），而氯分子與水反應生成含次氯酸（ HOCl ）及鹽酸（ HCl ）形成所謂的酸性電解水（以下簡稱酸性水）。同時在陰極 Na^+ 接受電子成為金屬鈉（ Na ），此金屬鈉立刻和

水分子劇烈反應，生成氫氣（ H_2 ）及氫氧化鈉即為鹼性電解水（以下簡稱鹼性水）（Kim et al, 2000）。酸性水的 pH 值為 2.6，具有 +1100 mV 以上的氧化還原電位（oxidation-reduction potential, ORP）及 30-40 ppm 之 HOCl；鹼性水具有 11.6 的 pH 值，ORP 在 -800 mV 以下（邱，1996；±屈田，1999；Anonymous, 1997）。

2.5.2 酸性水的特性

酸性水之有效氯包括 HOCl 及 Cl_2 二種。次氯酸為主要之有效氯且殺菌效果最強。HOCl 是一種具揮發性的物質，在電解後氯氣與水反應形成之 HOCl，隨 pH 值逐漸降低，使得 Cl_2 揮發致有效氯不斷減少。故在一開放系統中，可利用的氯亦會逐漸揮發消失（Anonymous, 1997）。當有有機物質存在時，酸性水中的氯或次氯酸會與有機物質反應而失去殺菌能力（Oomori et al., 2000）。

松尾（1999）及邱（1996）指出酸性水在室溫密閉下能維持 2 至 3 天穩定性，並具瞬間殺菌效果，可殺死致病的細菌。在經過許多醫院檢試，對眼睛、皮膚、口腔、食道、胃黏膜等，並不會造成刺激與傷害。不認為酸性水為化學藥品，當作用後會迅速還原為普通水，不致造成殘留或環境污染的問題。因使用上便捷且具實用性，再加上製造上係由食鹽加水電解而成，成本低廉，作為殺菌洗淨劑深具潛力。

2.5.3 鹼性水的特性

鹼性水被宣稱具有還原能力、膨潤力、溶解力、脫臭、保鮮及促進熱傳導等性狀（蕭，1998；田中，1991；松尾，1999）。鹼性水的 pH 值高達 11.5 係因在陰極形成了 OH^- 。其氧化還原電位為 -800 mV，屬於還原電位之性質。小林等（1997）以 pH 10.0 的鹼性水可萃取水產物最高量的次黃嘌呤核苷酸，換以 pH 9.0 鹼性水的萃取物可呈現最強的甘味。以鹼性水煮飯，可使飯粒的黏彈性增加（田中，1991），也可改善米之吸水性或增加豆腐產率（五十部，1995），或因鹼性水的鹼性 pH 值而增加米粒膨脹率達 7%（小林等，1996）。詹等（2001）亦指出鹼性水可用來為生飲、沖茶、沖泡奶粉、烹調用水、清洗蔬菜等，可替代一般飲用水供給患者飲用或改善體質及消除人體內之自由基。在工業使用上，可清洗切割晶圓表面，比一般所用之氨水更能有效去除塵粒，減少化學品之使用與廢水處理成本。

2.5.4 電解水 pH 及 ORP 值對微生物的影響

通常好氣性微生物適合生長的 ORP 在 +200 至 +820 mV 之間，而嫌氣性微生物適合生長的 ORP 在 -700 至 +100 mV 之範圍。一般適合生長的 pH 值在 3 - 10 之間。比對電解水的 pH 值及 ORP，並不屬於一般微生物所能生長的範圍（陳等，1998）。當細菌接觸此一逆境時，因細胞內外平衡失調、

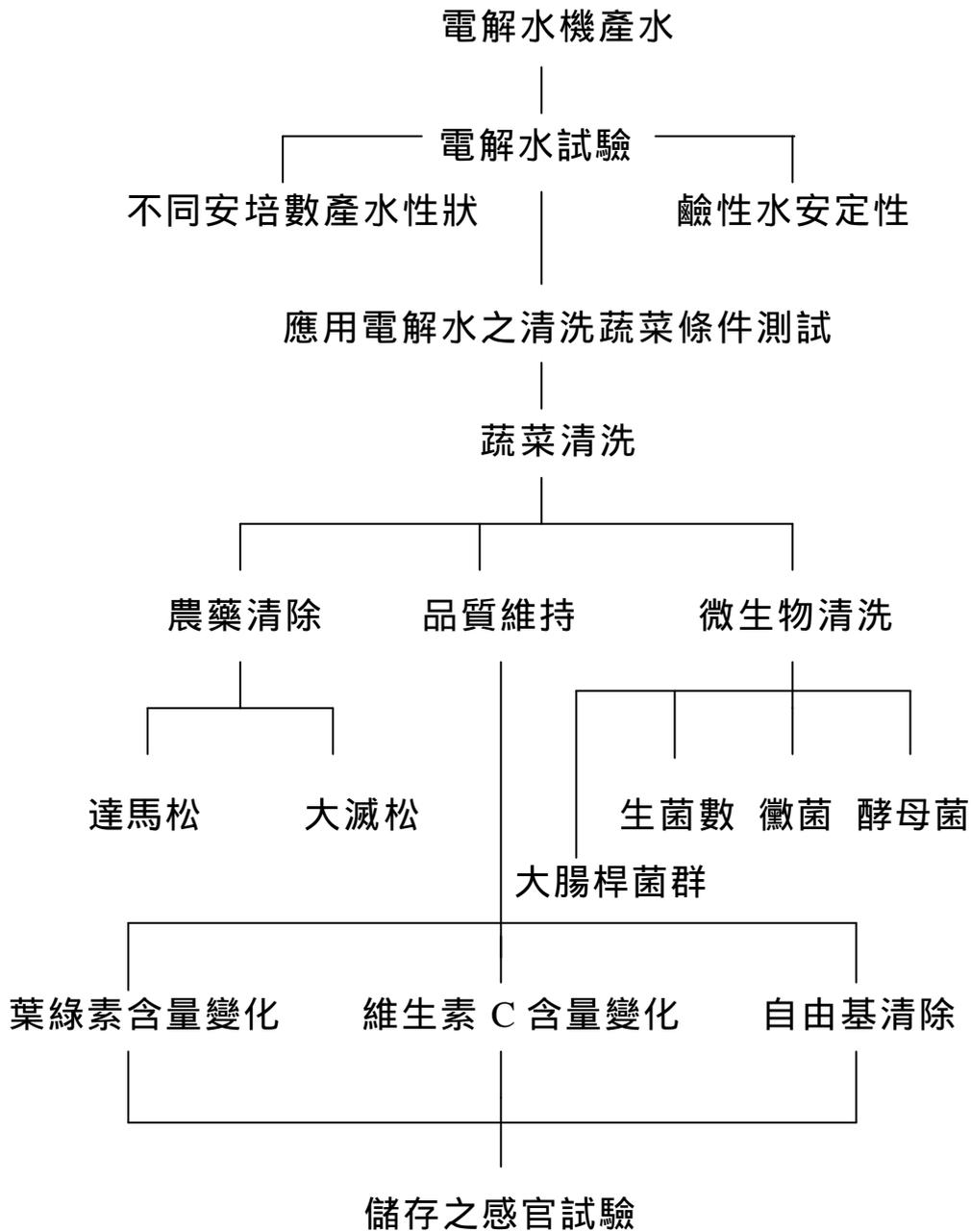
崩潰，而直接破壞細菌的胺基酸，導致喪失正常機能而死亡。酸性水的 HOCl 為一強氧化劑，能破壞分解細胞膜的組成雙層磷脂質並使蛋白質變性而於瞬間殺死細菌（呂，1998；陳等，1998；±屈田，1999）。

2.6 電解水對蔬菜清洗的效果

松尾(1999)曾指出一般蔬菜大多使用 50 倍的水來做清洗。Izumi(1999)運用 40 倍量的酸性電解水清洗蘿蔔、菠菜及馬鈴薯等蔬菜，對各種蔬菜的清洗效果不一，可能是因為蔬菜的表面性狀不同所致。以酸性水清洗高麗菜 30 秒，可有效的降低生菌數及大腸桿菌群菌數。對於紫色高麗菜、包心窩苣和韭菜也都有良好的效果。而在高麗菜、紫色高麗菜、萵苣、韭菜、茼蒿和小白菜只要蔬菜表面不要受傷，10 分鐘以內皆不會發生蔬菜變色(黃等，1998)。因此電解水在蔬菜的清洗利用上應有不錯的效果，但實務上如浸洗方式的細部條件尚待進一步釐清。尤其是在儲存後品質的變化值得探討。

第三章 材料與方法

3.1 實驗設計



3.2 實驗材料

3.2.1 樣品來源

實驗的樣品有三種果菜：小黃瓜 (cucumber)、青椒 (green pepper)、敏豆 (snap bean)；三種葉菜：菠菜 (spinach)、青江菜 (Chinjon)、小白菜 (Leaf cabbage)，這些樣品皆購自屏東縣內埔鄉之生鮮超市，購買後立即使用。選用葉菜類及果菜類常使用之有機磷農藥達馬松 (methamidophos) 及大滅松 (dimethoate) (正峰化學股份有限公司，霧峰鄉民生路 200 號) 購自於內埔農藥行。

3.2.2 電解水生成

酸性電解水 (acidic electrolyzed water, AC) 及鹼性電解水 (alkaline electrolyzed water, AK) 經由電解水生成器 (ROX-20TA, Hoshizaki Electric Inc., Japan) 產生。本試驗在 14 安培的條件下，電解 0.5% 鹽水而製造出的酸性水，pH 值的範圍為 2.6 ~ 2.8，氧化還原電位在 +1100 mV 以上，而鹼性水 pH 值的範圍為 11.2 ~ 11.4，氧化還原電位為 -850 mV。

3.3. 實驗方法

3.3.1 電解水機之基本產水性狀

在不同安培數 (4A、5A、7A、10A、14A、19A) 的產水條件下，測定水樣的氧化還原電位、pH 值及總氯的變

化，並將 10A、14A、19A 分別累計達 15 及 30 分鐘後，計算產水所需之耗電量、耗鹽量及產水量。

3.3.2 鹼性水安定性測試

3.3.2.1 蒸餾水稀釋試驗

將新產製的鹼性水與蒸餾水依比例（0 %、25 %、50 %、75 %、100 %）混合，每日監測在儲藏七天期間內，其氧化還原電位及 pH 值的變化。

3.3.2.2 不同儲藏環境試驗

儲藏鹼性水使用玻璃或塑膠瓶（聚氯乙烯材質），在受光與未受光及低溫（4 °C）的環境下密封儲藏，在 0 – 48 小時內每隔 6 小時，監測鹼性水氧化還原電位的變化。

3.3.2.3 震盪測試

將鹼性水 200 mL 放入 250 mL 之錐形瓶，在密閉的狀態下，以震盪器（Firstek Scientific, USA）用 70、140 及 210 rpm 的速度下震盪。在 30 分鐘內每隔 5 分鐘，測定鹼性水的氧化還原電位之變化。

3.4 菠菜汁之模型試驗

將菠菜加入 1 倍之蒸餾水，使用破碎瓶破碎 1 分鐘，過濾取其汁液，將菠菜汁液與電解水或蒸餾水 1:9 混合，經過 0、3、6、9、12 及 24 小時，觀察其外觀上的變化，

並測定其葉綠素含量。

3.5 蔬菜清洗方法之分組

清洗用水之體積以能覆蓋蔬菜樣品為基準，果菜類採 10 倍量，葉菜類採 50 倍量。經過清洗之外觀安定性試驗評估後，篩選出影響蔬菜外觀最小的條件做為的清洗時間。再依此清洗時間去搭配酸性水（AC）與鹼性水（AK）的交叉清洗方式，如葉菜類以 AC 清洗 9 分鐘（AC-9）後，再以 AK 清洗 3 分鐘（AK-3），果菜類以 AC 清洗 15 分鐘（AC-15）後，再以 AK 清洗 5 分鐘（AK-5）。後段試驗利用短時高頻（換水）震盪清洗，如葉菜類以 H₂O 換水 4 次，每次清洗 3 分鐘（H₂O-3333），或以 AC 換水 3 次，每次清洗 3 分鐘清洗後，再以 AK 清洗 3 分鐘（AC-333, AK-3）。果菜類 H₂O 換水 5 次，每次清洗 3 分鐘（H₂O-33333），或以 AC 換水 5 次或 3 次，每次清洗 3 分鐘或 5 分鐘後，再以 AK 清洗 5 分鐘（AC-33333, AK-5 及 AC-555, AK-5），以及利用超音波機（Ultrasonic cleaner, Branson B-52H, Conn., USA）之超音波（43 kHz）短時高頻（換水）清洗等加強方式，來比較其清洗效果。在最後農藥部分的綜合試驗，則與家庭一般常用的 3% 食鹽水及業界常用的 200 ppm 次氯酸鈉溶液之清洗方式來做比對。

3.6 農藥之模型試驗

調配 HCl 溶液及 NaOH 之 pH 值調整至與 AC（2.68）

或 AK(11.24) 相同，分別將 1/500 倍的農藥（達馬松 3.53 ppm 及大滅松 0.85 ppm）與酸、鹼性溶液或電解水以 1：9 混合反應 8-16 分鐘後，測定「農藥清除的百分比」。

3.7 農藥施藥的方法

將市面上買來之蔬菜分別浸泡於 1/1000 倍的達馬松或大滅松（蔬菜精浸泡後測得之達馬松及大滅松濃度各為 5.24 及 1.96 ppm）中，30 分鐘後取出，於室溫下風乾 1 小時後進行清洗測定。自耕蔬菜方面，以調配之 1/1000 倍的農藥，每天一次連續噴灑 3 天，經過 24 小時後採樣，進行清洗農藥分析（此時達馬松及大滅松含量約為 5.42 ppm 及 0.71 ppm）。

3.8 儲藏方法

青江菜與小黃瓜經過各種清洗條件清洗後，在室溫下風乾 30 分鐘，將樣品裝入聚乙烯（PE）材質的塑膠袋中，分別打直徑 0.5 公分的圓洞（青江菜 8 個洞，小黃瓜 24 個洞），於 7℃ 冷藏（青江菜 3 天，小黃瓜 7 天）後進行感官品評試驗。

3.9 分析方法

3.9.1 pH 值及氧化還原電位

電解水（AC 及 AK）的 pH 值及氧化還原電位，以 pH 計（Suntex sp-2200, Taiwan）及氧化還原電位計（Mettler

MP230, USA) 分別測定之。試液在測定氧化還原電位時不經攪動，讀取 2 分鐘時之數值，以維持測定值的穩定性。

3.9.2 總氮測試

根據 HACH 公司 DPD-FEAS (N,N-diethyl-p-phenylenediamine-ferrous –ethylene diammonium sulfate) 之方法 (Len et al., 2000), 以 DPD (N,N-diethyl-p-phenylenediamine) 藥劑 (HACH, Loveland, USA) 及 0.00564 N 硫代硫酸鈉標準溶液滴定總氮含量。

3.9.3 生菌數

生菌數測定 (total plate count, TPC), 依據中國國家標準 CNS 10890(1991)之方法，取 1 mL 的蔬菜汁液於 9 mL 0.1% peptone 稀釋液做連續稀釋，再取 0.1mL 稀釋液於含生菌數培養基 (Tryptic soy Agar, Difco, USA) 培養皿中，以塗抹平板培養，於 37 經 48 ±2 小時培養後計算其菌落數。

3.9.4 大腸桿菌群

大腸桿菌群 (total coliform, TC), 依據中國國家標準 CNS 10951 方法 (1991), 取 3 個連續稀釋液 1 mL 加入 3 ×3 支 9 mL LST (lauril sulfate tryptose broth, Difco) 試管中，於 37 培養 48 ±2 小時，觀察是否產氣。自產氣之 LST broth 取 1 白金耳至 BGLB broth (brilliant green lactose

bile broth, Difco) 再於 37 °C 培養 48 ±2 小時，計數產氣者，推算大腸菌群之最確數 (most probable number, MPN), 單位以 MPN/mL 表示。

3.9.5 黴菌及酵母菌

取 1 mL 的蔬菜汁液於 9 mL 0.1% peptone 稀釋液做連續稀釋，依照 3M Petrifilm™ 的測試手冊方法 (AOAC , 2000), 再取 1mL 稀釋液於黴菌及酵母菌快速檢驗測試片 (3M Microbiology Products, St. Paul, USA) 上，於室溫下培養五天，在第三天及第五天分別觀察菌落數，並依其稀釋倍數換算黴菌及酵母菌含量。

3.9.6 農藥殘留分析

依據中國國家標準 CNS 13570 方法 (1996), 精確稱取蔬菜樣品 50 g 置入打碎瓶內，加入 100 mL 丙酮後，高速均質 1 分鐘，然後將均質液倒入附有 whatman 1 號濾紙之區奈氏漏斗抽氣過濾，經以丙酮洗滌殘渣及濾餅，合併濾液倒入定量瓶中，以丙酮定量至 250 mL。用定量吸管取濾液 50 mL 倒入分液漏斗中並加入 50 mL 的石油醚震盪分層後，取下層液置於另一個分液漏斗中，加 50 mL 的二氯甲烷萃取兩次，每次 2 分鐘。收集之二氯甲烷層，以無水硫酸鈉 20 g 脫水，於 40 °C 減壓濃縮至乾，再以正己烷定容至 5 mL 即為檢液。以氣相層析儀 (GC-FPD, Simaduz, Tokoyo, Japan), 使用 30m x 0.53mm DB-608 0.83um 層析

管柱 (J & W scientific, USA) (升溫條件 , 初溫 : 140 , 4 min , 升溫 : 10 /min , 末溫 : 170 , 10 min) , 以有機磷偵測器 (Model FPD-14, Shimadzu corporation, Japan) 偵測有機磷農藥。

農藥清除百分比 (%) = { B - (C * V / M) } / B * 100 %

B : 檢體未清洗前之農藥含量

C : 由農藥標準曲線之波峰面積求得清洗後檢體中農藥之濃度 (ppm)

V : 檢體經最後定容之體積 (5 mL)

M : 取樣分析樣品之重量

3.9.7 葉綠素含量

依據 (AOAC, 1984) 之方法 , 取適當量的小白菜、青江菜 , 加 9 倍量之 -20 的 85 % 丙酮及 0.5 g CaCO₃ (中和有機酸) 打碎 1 分鐘 , 以 Whatman 2 號濾紙抽氣過濾 , 重覆以 85% 丙酮洗至無色 , 濾液再以 85 % 丙酮定量至 100 mL。將此丙酮萃取液加入等量乙醚 , 使脂溶性葉綠素 a 及葉綠素 b 等溶於乙醚層 , 水溶性之花青素、葉黃素等則留於丙酮層 , 以棕色分液漏斗分離。取上層乙醚萃取液 , 以分光光度計 (Model 3255, Smart plus, Co., Seoul, Korea) 測 660 nm 及 642 nm 下之吸光值 , 以下列公式計算葉綠素含量。

Chlorophyll a (mg/100 g) = 9.93 * A₆₆₀ - 0.777 * A₆₄₂

Chlorophyll b (mg/100 g) = 17.6 * A₆₄₂ - 2.81 * A₆₆₀

Total (mg/100 g) = Chlorophyll a + Chlorophyll b

$$= 7.12 * A_{660} + 16.8 * A_{642}$$

3.9.8 總維生素 C

依照李和賴 (1992) 之方法加以修飾，秤取一定量的樣品，加 5 倍量 5 % 偏磷酸 (Merck, Darmstadt, German) 溶液於破碎瓶破碎，再加蒸餾水稀釋至一定量 (其偏磷酸濃度被調整為 2 %) 後，過濾備用。準備 3 隻試管 a、b、c，分別加入試料液 2 mL。試管 a、b 加入 0.2 % indophenol 溶液 1 滴確認變為紅色後，3 隻試管各加硫代尿素偏磷酸溶液 2 mL。然後將試管 a、b 內各加 2,4-dinitrophenylhydrazine (DNP) 溶液 1 mL，在 37 °C 下放置 3 小時後，和試管 c 同時用水冷卻。冷卻時，3 隻試管各緩慢加入 85 % 硫酸溶液 5 mL 混合。然後試管 c 內加入 DNP 溶液 1 mL，3 隻試管均在室溫放置 30~40 分鐘後，使用分光光度計 (Model 3255, Smart plus, Co., Seoul, Korea) 以 525 nm 比色，再與維生素 C 標準品 (Sigma, USA) 檢量線比對後，求得樣品總維生素 C 的含量。

3.9.9 清除 ·-diphenyl- -picrylhydrazyl (DPPH) 自由基能力之測定

參考 Shimada et al. (1992) 的方法加以修飾，將樣品 10 g 加入 100 mL 甲醇破碎後，以甲醇定量至 250 mL，依其濃度稀釋，取 4 mL 蔬菜甲醇萃取液，加入新鮮配製 1 mM ·-diphenyl- -picrylhydrazyl (DPPH, Merck, Darmstadt,

German) 之甲醇溶液 1 mL, 均勻混合靜置 30 分鐘後, 以分光光度計 (Model 3255, Smart plus, Co., Seoul, Korea) 於 517 nm 測其吸光值。吸光值越低表示清除能力越強。以【 $1 - (\text{樣品吸光值} / \text{未加樣品之控制組吸光值}) \times 100\%$ 】, 得到清除能力百分率。

3.9.10 感官品評

品評員為屏東科技大學學生, 年齡在 21-23 歲, 男女各 7-8 人, 採用順位法的方式, 所品評的樣品有 6 個。經訓練講解, 使參加之品評員能夠對順位法及百分比評分法有充分的了解, 並熟悉樣品的品評方法。品評員也被訓練成能用品評表對品評結果評分。以連續三次試驗來進行分析, 計算取平均值。品評的品評項目有外觀、色澤、損傷程度及整體接受度等項(小黃瓜及青江菜品評表如表 3-1、表 3-2、表 3-3 及表 3-4 所示)。其中表 3-2 與表 3-4 的百分比限定在 50 及 20% 以內, 是因超過此範圍為品評員認為不會購買。而百分評分的範例如圖 3-1 所示。

3.10 統計分析

各項實驗均經三重複以上次數採集樣品。將所得之數據, 經 SAS 統計分析軟體 (SAS, 1982) 求取平均值並分析變異數。以標準偏差或以最低顯著差異值 (least significant difference, LSD) 方式標示辨別實驗之效果。清除自由基的效果進一步以迴歸方程式分析表示。

表 3-1 青江菜外觀品質之品評表

編號：____ 姓名：_____ 年齡：__ 日期：__年__月__日

一. 品評方式：

1. 評分標準—順位法

(1) 依各項因子給予 1、2、3、4、5、6 順序評分 *不可重覆給分

2. 品評方式：請分段品評

(1) 可重覆品評

(2) 品評項目順序由上而下，先觀察六種樣品之外觀後，再進行各樣品之觸感及整體接受性品評方法。

3. 整體接受性：請依非常不能接受 (1) 非常能接受 (6)

二. 品評項目：

樣品編號：_____

1. 外觀

損傷程度 多 (1) 寡 (6)

(葉緣及葉片) _____

整體色澤 青綠(1) 黃褐(6)

褐斑 多 (1) 寡 (6)

(葉面與葉被) _____

2. 觸感

軟化程度 彈性(1) 軟化(6)

3. 整體接受性 非常不能接受 (1) 非常能接受 (6)

表 3-2、青江菜外觀品質評估表

編號：____ 姓名：_____ 年齡：__ 日期：__年__月__日

三. 品評方式:

4. 評分標準

(1) 百分比可重複給分，以 5 % 為單位

5. 品評方式: 請分段品評

(1) 可重覆品評

(2) 品評項目順序由上而下，先觀察六種樣品之外觀後，再進行各樣品之觸感及整體接受性品評方法。

3 整體接受性：請依非常不能接受 (1) 非常能接受 (9) 給 1 至 9 分，5 分為勉強可接受，可重複給分

四. 品評項目:

樣品編號：_____

3. 外觀

整顆潰爛 (%) 0 % 50 %

整顆黃變 (%) 0 % 50 %

(葉面與葉被)

褐斑 (%) 0 % 30 %

4. 觸感

軟化 (%) 0 % 50 %

3. 整體接受性

表 3-3、小黃瓜外觀品質之品評表

編號：__ 姓名：_____ 年齡：__ 日期：__年__月__日

一、品評方式：

1. 評分標準—順位法

(1) 依各項因子給予 1、2、3、4、5、6 順序評分 *不可重覆給分

2. 品評方式：請分段品評

(1) 可重覆品評

(2) 品評項目順序由上而下，先觀察六種樣品之外觀後，再進行各樣品之整體接受性品評方法。

3. 整體接受性：請依非常不能接受 (1) 非常能接受 (6) 不可重覆給分

二、品評項目：

樣品編號：_____

1. 外觀

損傷程度 多 (1) 寡 (6)

皺摺(枯萎) 多 (1) 寡 (6)

褐斑 多 (1) 寡 (6)

褐色凹陷 多 (1) 寡 (6)

2. 整體接受性 非常不能接受 (1) 非常能接受 (6)

表 3-4、小黃瓜外觀品質評估表

編號：__ 姓名：_____ 年齡：__ 日期：__年__月__日

一、品評方式：

1. 評分標準

(1) 百分比可重複給分，以 2 % 為單位

2. 品評方式：請分段品評

(1) 可重覆品評

(2) 品評項目順序由上而下，先觀察六種樣品之外觀後，再進行各樣品之整體接受性品評方法。

5. 整體接受性：請依非常不能接受 (1) 非常能接受

(9)給 1 至 9 分，5 分為勉強可接受，可重複給分

二、品評項目：

樣品編號：_____

2. 外觀

整顆潰爛 (%) 0 % 20 %

皺摺(枯萎) (%) 0 % 20 %

褐斑 (%) 0 % 20 %

褐斑凹陷 (%) 0 % 10 %

2. 整體接受性

(1) (9) 分



Degree of damage(4 %) Wrinkle(2 %)
Foxiness(10 %) Brown hollow(6 %)



Degree of damage(10 %) Yellowish(1 %)
Foxiness(5 %) Degree of soften(5 %)

圖 3-1、小黃瓜與青江菜百分比評分法之範例

第四章 結果與討論

4.1 電解水機之基本性狀

4.1.1 電解水機之產水性狀

設定不同安培數時所產酸性電解水（以下簡稱酸性水）與鹼性電解水（以下簡稱鹼性水）之性狀差異如圖 4-1 所示。隨著電流量增加在 4 安培到 19 安培範圍內，酸性及鹼性電解水的 pH 值及氧化還原電位（oxidation reduction potential, ORP）差距越大。以低電流量（4 安培）電解時，所產出酸性水與鹼性水之 pH 值分別為 3.49 與 9.47，ORP 值分別為 986 mV 與 -535 mV；當電流量增加到 19 安培時，則 pH 值各為 2.43 與 11.39，而 ORP 值各為 1164 mV 與 -863 mV。於 14 安培電解時，鹼性水的 pH 值高達 11.39，ORP 值為 -848 mV（圖 4-1），此水之性狀與 19 安培所產者相差不大。此時鹼性水之 pH 值較一般飲用水之 pH 值 6.5 - 8.5 高，已具有澀味，不適飲用（陳，1991）。由於鹼性水鹼性較高，且具還原性，賦予鹼性水很大之應用潛力（五十部，1995）。

而對在產製鹼性水同時所排出的酸性水，使用 4 安培電解所產生酸性水之總氯含量僅為 2.13 ppm（圖 4-2），而總氯的含量隨著電解電流量的增加也隨之增加。當電流量增加到 19 安培時，酸性水的總氯含量高達 108 ppm，比使用原機設定之 14 安培電解的總氯含量（50 ppm）高出約一倍，但此氯的含量仍不比次氯酸鈉之類的氯系溶液可任意調整到 1000 ppm 以上的氯濃度。如採用較低安培數，

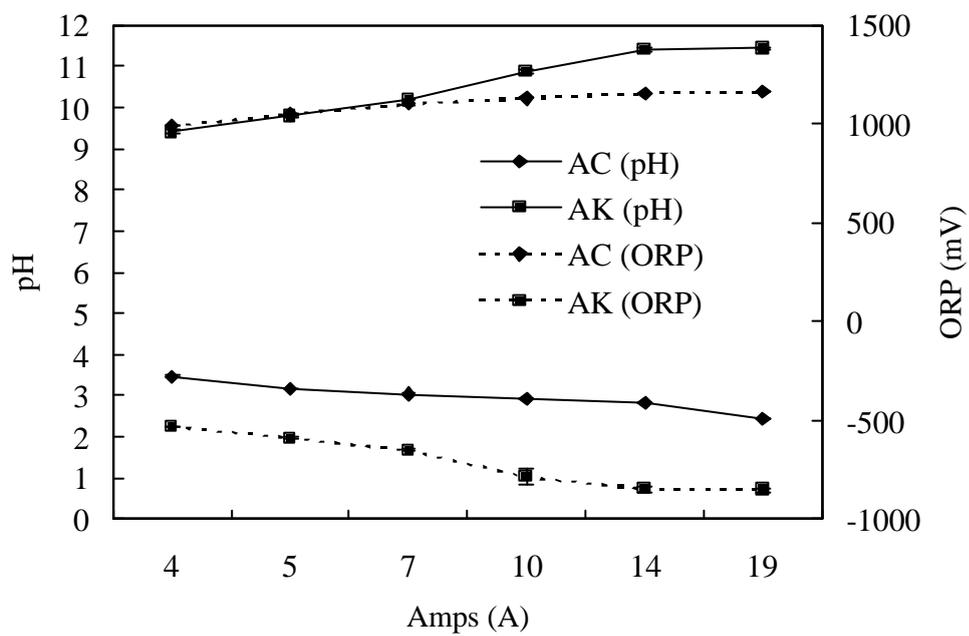


圖 4-1、不同安培數電解水 pH 值及氧化還原電位之差異性

Figure 4-1. Difference of electrolyzed water pH and oxidation reduction potential produced by various amperes setting.

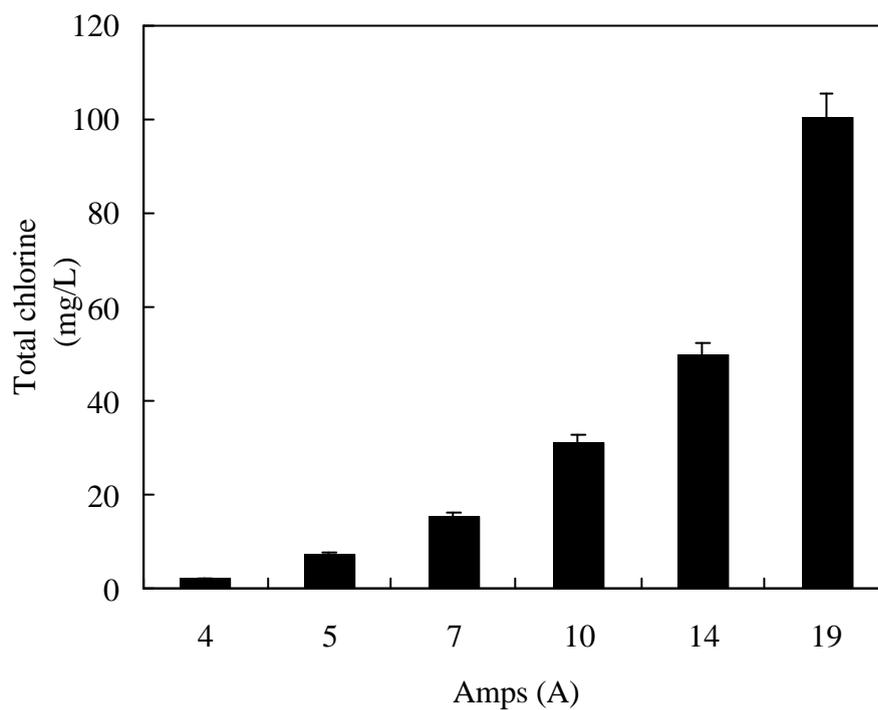


圖 4-2、不同安培數酸性電解水所含總氯之差異

Figure 4-2. Difference of acidic electrolyzed water total chlorine produced by various amperes setting.

則電解水因 pH 值及 ORP 值較接近中間值，可能不足以影響微生物的成長（小林等，1996），加之氯濃度較低，故應用做為食品之殺菌劑時仍以原機設定之 14A 安培數產製之酸、鹼性水較佳。

以電解水機分別在不同安培數各電解 15 和 30 分鐘後，所測得的用電量及耗鹽量如表 4-1 所示。不論電解時間長短，安培數增加時，用電量及產水量隨之變化。當電流量為 19 安培時電解 15 分鐘，其用電量（0.07 kwh）為 10 安培的及 14 安培的 1.75 倍左右。此 19 安培的耗鹽量，也比 14 安培及 10 安培各高出約 2.2 及 2.6 倍。於較低安培數電解時之酸、鹼性水水量差異不大，以 14 安培產製分流之酸性水水量較鹼性水多（三比二）。但在 19 安培數電解 30 分鐘時，酸性水的產量較少，僅 45.0 公升，鹼性水相對的增加。若以電解水機之原設定 14 安培計算產水之成本，電解 30 分鐘為例，包括電費及食鹽約需 0.3 元，可製得酸性水 63 公升（pH 2.82、ORP 1153 mV），鹼性水 59 公升（pH 11.39、ORP -848 mV）。

4.1.2 蒸餾水稀釋對鹼性水之影響

當利用電解水來清洗蔬菜或調理食品時，食品對鹼性水可能產生稀釋的作用。為模擬此稀釋作用對鹼性水的性狀所造成之影響，以蒸餾水（ORP 值為 398 mV，pH 值為 6.41）依不同比例稀釋鹼性水，測定 pH 值及 ORP 值之變化，如圖 4-3 所示。隨稀釋比例的增加，混合液之還原電

表 4-1、電解水機 10A、14A、19A 電解 30 分鐘之用電量及耗
鹽量

Table 4-1. Electricity cost and volume of electrolyzed water
generator by various amperes setting.

Time (min)	Ampere	Electricity (Kwh)	Salt (g)	AK volume (L)	AC volume (L)
15	10A	0.04	1.5	31	29
	14A	0.04	1.8	25	32
	19A	0.07	3.9	30	22
30	10A	0.08	3.1	61	56
	14A	0.08	3.8	50	63
	19A	0.13	7.8	59	45

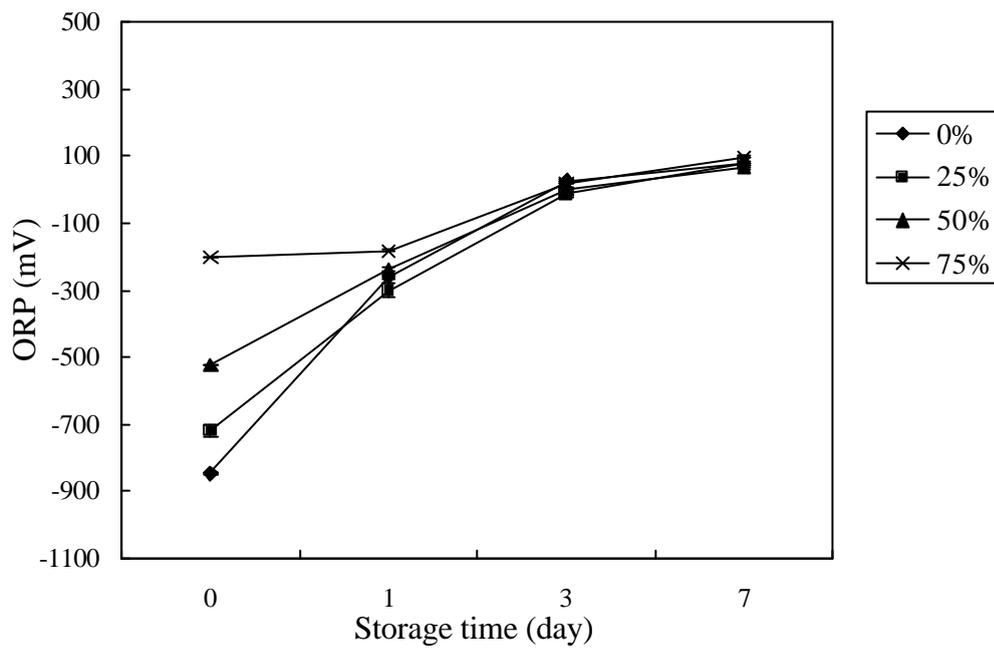


圖 4-3、不同濃度鹼性電解水於儲存期間氧化還原電位之變化

Figure 4-3. Effect of concentration on the oxidation reduction potential of alkaline electrolyzed water during storage.

位逐漸損失，0%、25%、50%、75%的鹼性水其 ORP 值各為-843 mV、-736 mV、-520 mV、-199 mV。再存放此種稀釋之鹼性水，在第 3 天已由負值上升到 0 mV 左右，至第 7 天則皆上升至 100 mV 左右。因此推測，鹼性水與食品接觸過後，很容易損失其原有的還原電位。利用電解水作食品清洗或烹調，可能因食品的種類或比例的不同，還原電位隨之改變。鹼性水 OH⁻離子之濃度隨蒸餾水稀釋而降低，但各比例之鹼性水的 pH 值仍然維持在 10.5 以上（如圖 4-4），且隨儲藏天數的增加而逐漸降低，可能因為玻璃試管在接觸鹼性液下受到侵蝕，有物質的溶出或與之反應，而導致 pH 值的下降（莊，1999）。

4.1.3 不同環境下儲裝材質與溫度對鹼性水安定之影響

採得之鹼性水，利用玻璃與塑膠包裝在室溫（28℃）與冷藏（4℃）環境下，給予照光與不照光的條件，會受光線與溫度的影響（圖 4-5）。玻璃瓶裝者，不論受光與否，鹼性水之 ORP 值皆隨著儲藏時間的增加而上升 515 mV 以上時，則失去還原電位，且兩者的變化趨勢相似。在 18 至 24 小時之間，ORP 值急速由-700 mV 變化至-500 mV，隨後在儲放 48 小時後鹼性水的 ORP 值由原始-848 mV 變為-325 mV，急劇的損失還原電位達 500 mV 以上。與玻璃容器組相較變化亦相近，塑膠容器包裝者受光線的影響亦十分迅速（圖 4-6），受光組的還原電位上升比未受光組來的要快，尤其儲存 24 小時後之差距高達 100 mV。受光的

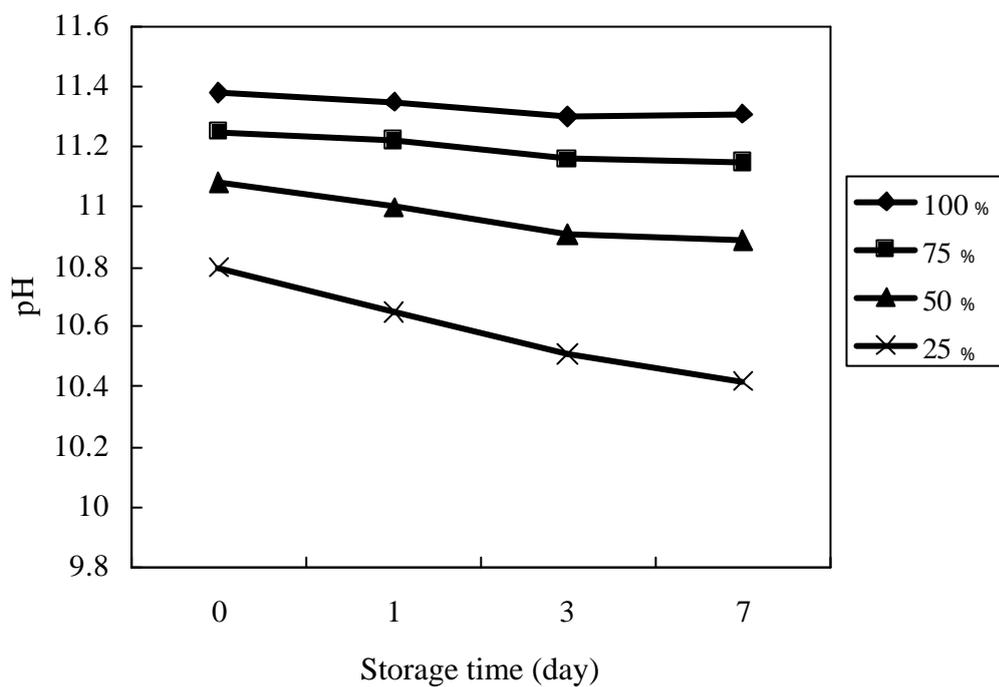


圖 4-4、鹼性電解水稀釋後 pH 值隨儲存期間之變化

Figure 4-4. Effect of dilution on the pH of alkaline electrolyzed water during storage.

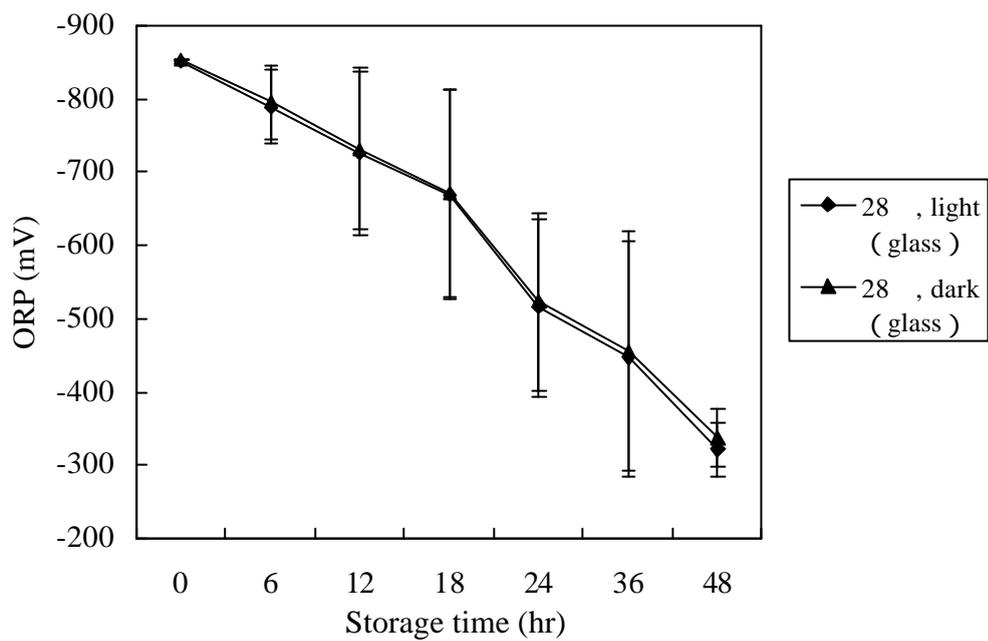


圖 4-5、光線對玻璃瓶儲裝鹼性電解水氧化還原電位之影響

Figure 4-5. Effect of light exposure on the oxidation reduction potential of alkaline electrolyzed water in glass bottle at 28°C during storage.

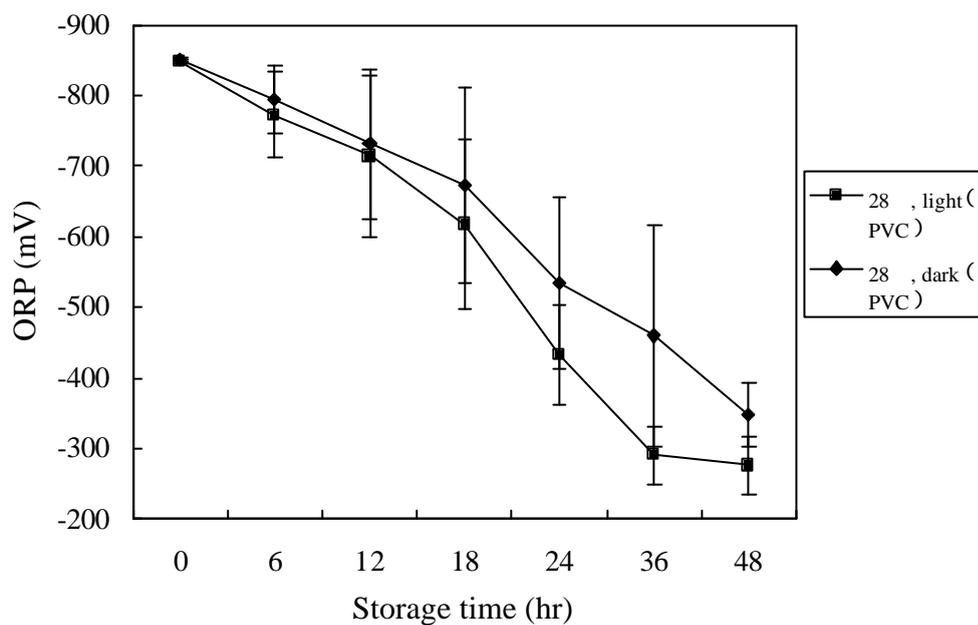


圖 4-6、光線對塑膠瓶儲裝鹼性電解水氧化還原電位之影響

Figure 4-6. Effect of light exposure on the oxidation reduction potential of alkaline electrolyzed water in plastic bottle at 28 °C during storage.

狀況下之鹼性水在儲放 24 小時後, ORP 值由 -848 mV 上升至 -432 mV。然 48 小時之後其 ORP 值已增至 -275 mV。而未受光組的 ORP 值則較受光組上升緩和 (約 90 mV) ($p < 0.05$)。至於使用玻璃容器在 4 °C 下儲藏者 (圖 4-7), 其 ORP 值可維持 12 小時不變, 在 24 小時後氧化還原電位至多上升至 -600 mV。經過 48 小時後鹼性水的 ORP 值由 -855 mV 變為 -402 mV 為原來數值的一半。由前述的結果可知, 鹼性水即使採用玻璃材質之容器, 靜置且於 4 °C 保存, 其 ORP 值並不穩定。至於酸性水的部分, 則較鹼性水的性狀安定。但若酸性水經空氣接觸則 pH 值、ORP 值及氯成分皆會逐漸衰減, 密閉、遮光且冷藏尚可維持 1 至 2 週 (大塚, 1992)。

4.1.4 震盪環境下鹼性水氧化還原電位之變化

鹼性水在震盪環境下是否加速 ORP 值的變化, 也關係到對鹼性水的安定性 (圖 4-8)。在密閉錐形瓶中震盪速度為 70 rpm 時, 鹼性水 ORP 值尚可以維持 30 分鐘內不變, 但將速度提高到 140 rpm, 震盪 20 分鐘後, 鹼性水的 ORP 值升高達 600 mV 以上, 延長震盪時間到 25 分鐘時, 鹼性水的 ORP 值僅餘 -150 mV 左右。鹼性水受劇烈震盪 (210 rpm) 5 分鐘後, 還原電位急速上升至 -100 mV; 15 分鐘後已至 0 mV 左右。鹼性水在溫和震盪之狀況下 (70 rpm), 30 分鐘內仍可有效地維持原有的氧化還原電位。可見鹼性水之 ORP 值易受外力而加速失去還原性, 而 pH 值則無明

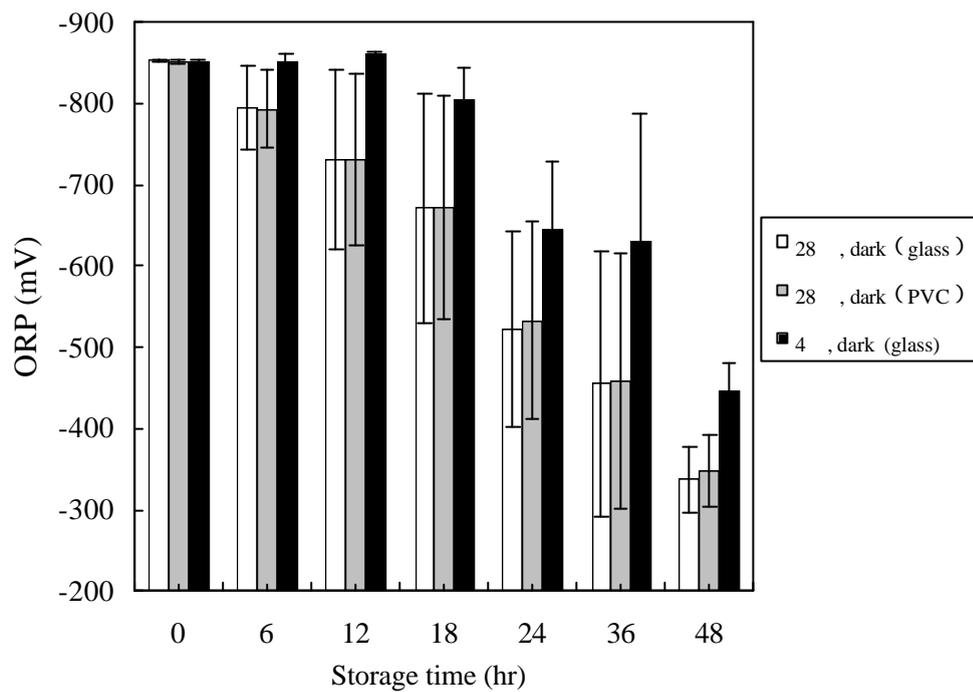


圖 4-7、鹼性電解水儲存於不同材質與溫度時氧化還原電位之變化

Figure 4-7. Effect of storage temperature on the oxidation reduction potential of alkaline electrolyzed water during storage.

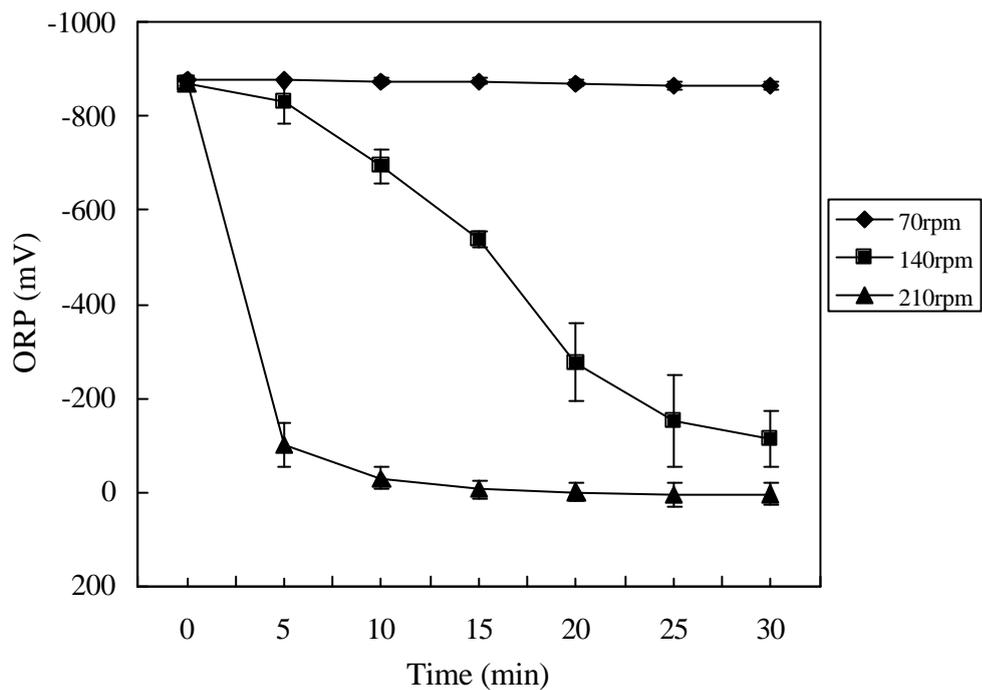


圖 4-8、不同震盪時間及速度下鹼性電解水氧化還原電位之變化

Figure 4-8. Effect of various shaking time and speed on the oxidation reduction potential of alkaline electrolyzed water.

顯變化。松尾（1999）曾指出鹼性水經過濾或噴霧後，其氧化還原電位迅速回復到正值。王（2002）亦指出當酸性水於密閉錐形瓶容器中震盪 2 小時內無論是低速（70 rpm）、中速（140 rpm）、高速（210 rpm）及劇烈震盪（240 rpm）的條件下，對於 pH 值及 ORP 值皆表現相當穩定狀態，而且總氯含量都尚能維持。在開放式震盪時，低速、中速在 1 小時內，總氯量還能維持原來的 50%。所以在產水時應避免流出口噴濺水花，且產水 30 分鐘內立即使用，以維持鹼性水的氧化還原電位及酸性水之總氯含量。本研究即據此條件狀況進行後續的試驗。

4.2 蔬菜清洗的耐受性

4.2.1 電解水對菠菜汁葉綠素的影響

以菠菜汁為模型材料來觀察電解水對汁液色澤的影響（圖 4-9）。鹼性水或蒸餾水混合菠菜汁液的外觀上，並沒有明顯的差異。而酸性水對菠菜汁外觀的影響較大，混合汁液於震盪（每次觀察時晃動一次）下，於第 3 小時外觀上已經有葉綠素變成褐色之反應，在靜置時則發生極似蛋白質因等電點的沉澱的現象，可能是因為蛋白質或果膠受到破壞所致。而在鹼性水的部分並無酸性水組之沉澱的現象。

菠菜汁與蒸餾水混合後，在儲存期間葉綠素的含量並沒有很明顯的黃變化（圖 4-10）。而酸性水會對葉綠素產

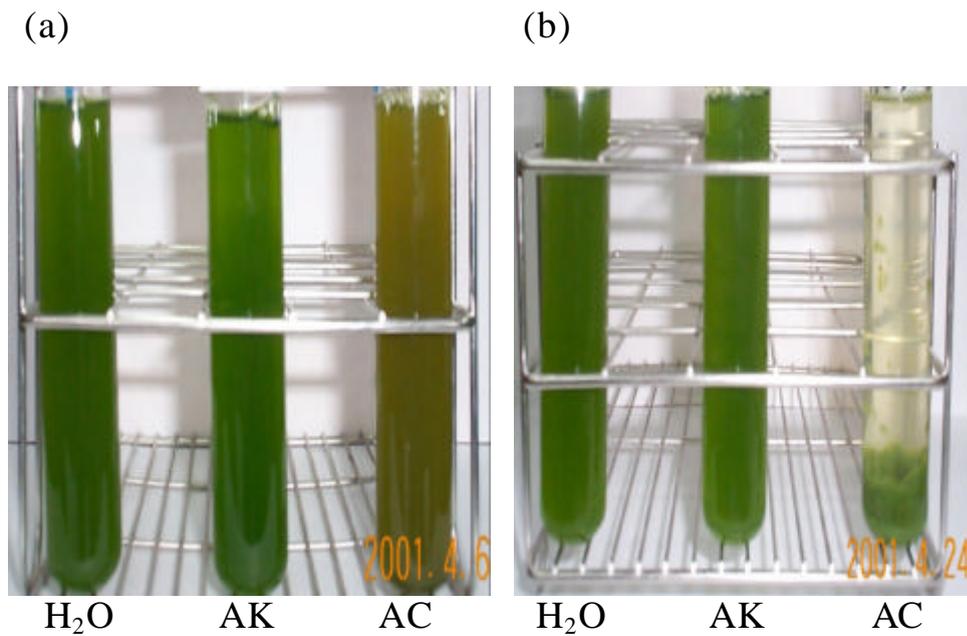


圖 4-9、菠菜汁與電解水混合後的外觀(a)震盪(b)靜置

Figure 4-9. Effect of mixing electrolyzed water on the appearance of spinach juice by (a)shaking (b)stand.

AK : alkaline electrolyzed water

AC : acidic electrolyzed water

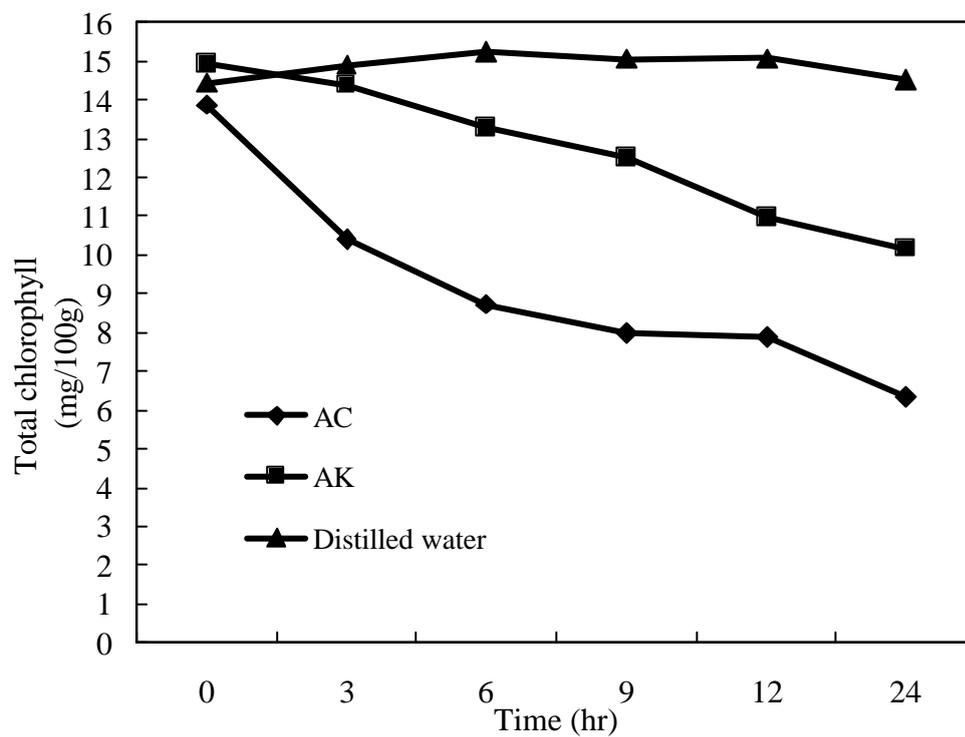


圖 4-10、電解水與菠菜汁混合之葉綠素變化

Figure 4-11. Effect of mixing electrolyzed water on the total chlorophyll of spinach juice.

生破壞的作用，當酸性水與菠菜汁之混合液存放 6 小時後，葉綠素含量由 13.87 mg/100g 快速下降到 8.72 mg/100g，到 24 小時後葉綠素含量只剩下 6.32 mg/100g。在菠菜汁鹼性水的混合液存放 6 小時後，葉綠素含量僅微幅的由 14.94 mg/100g 下降到 13.27 mg/100g，24 小時後仍有 10.16 mg/100g。烹調時添加鹼雖然可保有蔬菜的綠色，但有對維生素破壞及蔬菜組織變軟並產生不好風味的影響（施，1996）。即使如此，由葉綠素分析結果可知，酸性水與鹼性水都有破壞葉綠素的情形，但是酸性水的破壞速度遠比鹼性水來得嚴重。

4.2.2 電解水震盪清洗對蔬菜的外觀的影響

依前述 4.1.4 節 100 rpm 的震盪速度試驗，發現還不至於造成電解水的性狀顯著變化。小白菜以電解水震盪清洗 15 分鐘期間，對小白菜產生影響，如表 4-2 所示。小白菜在酸性水震盪清洗 9 分鐘內，外觀沒有明顯的影響，但在超過 9 分鐘之後，葉片上出現褐色的小斑點（foxiness），隨著時間的增加，斑點的數目增加，且面積擴大。以鹼性水單獨震盪清洗，15 分鐘之內皆無變化。小黃瓜以酸性水震盪清洗 15 分鐘內（表 4-3），外觀沒有明顯的影響，但在超過 15 分鐘之後，果皮上出現褐色的斑點，隨著時間的增加斑點變大，且斑點有凹陷的情形。而經鹼性水清洗處理後與小白菜一樣皆無變化。黃等（1998）以酸性水浸泡方式清洗蔬菜尚可將試驗時間拉長至 30 分鐘之久。震盪處

表 4-2、小白菜經電解水震盪清洗之外觀變化

Table 4-2. Effect of electrolyzed water shake washing on the appearance of washed Leaf cabbage

100 rpm	Appearance	
	AC	AK
3 min	No change	No change
6 min	No change	No change
9 min	No change	No change
12 min	Few white spots	No change
15 min	Severe discoloration damage	No change

表 4-3、小黃瓜經電解水震盪清洗後之外觀變化

Table 4-2. Effect of electrolyzed water shake washing on the appearance of washed cucumber

100 rpm	Appearance	
	AC	AK
5 min	No change	No change
10 min	No change	No change
15 min	No change	No change
20 min	Few brown spots	No change
25 min	Spots became sink	No change
30 min	Spots and sink enlarging	No change



理方式的時間必須縮短，方可避免對蔬菜外觀品質的折損。由圖 4-11 的蔬菜相片中，以紅色圓圈標示的部位，為蔬菜受電解水影響產生褐色斑點的位置。因此在往後的酸性水清洗皆以葉菜類 9 分鐘及果菜類 15 分鐘為最高上限

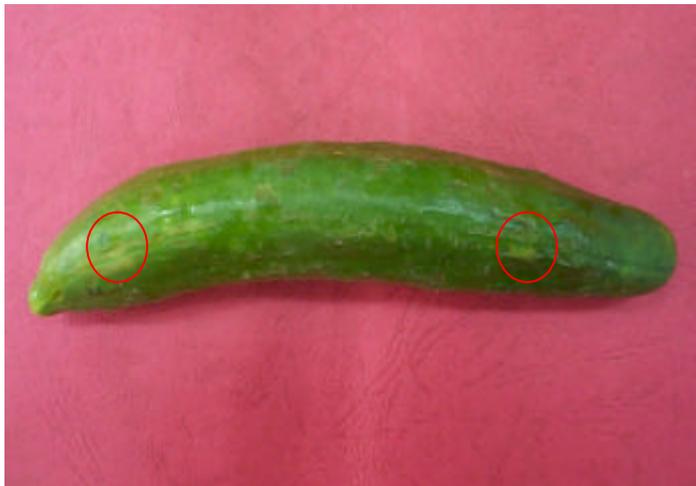
4.3 對蔬菜微生物的清洗殺菌效果

4.3.1 市售果菜及葉菜類生菌數 (total plate count) 之調查

由於蔬菜的種類不同，外表構造也有所差異，所含的初始菌數也會有很大的差異。由於採樣的時間不同，微生物的含量也有所差異，本試驗之六種不同的蔬菜樣品，包含三種果菜：小黃瓜 (cucumber)、青椒 (green pepper)、敏豆 (snap bean)；三種葉菜：菠菜 (spinach)、青江菜 (Chinjon)、小白菜 (Leaf cabbage)，其所含有的生菌數量也有差異 (表 4-4)。以葉菜類的生菌數含量較高，範圍在 6.5 - 8.5 Log CFU/g 之間，其中以小白菜的生菌數最高。而在果菜類之生菌數含量則較葉菜類低，菌數含量大多在 4 - 6 Log CFU/g 之間。本調查之結果與王 (2000) 的調查統計結果比對，芽菜類生菌數含最更高，約在 10^7 - 10^9 CFU/g 相符合。葉菜類次之為 10^6 - 10^7 CFU/g，而果菜類則含量較少。蔬菜的生菌數越高，雖不直接影響人體健康，但產品容易變質腐敗或潛在病原菌的污染均是增加蔬菜攝食的風險。



Leaf cabbage



Cucumber

圖 4-11、小白菜與青江菜受酸性電解水影響之外觀

Figure 4-11. The appearance of cucumber and Leaf cabbage washed by electrolyzed acidic water.

表 4-4、市售葉菜類及果菜類總生菌數之調查

Table 4-4. Total plate count of marketed leaf vegetables and fruit vegetables

Variety	Total plate count (Log CFU/g)					
	A	B	C	D	E	F
Leaf vegetables						
Chinjon	8.48	8.08	7.76	6.74	6.60	6.59
Leaf cabbage	8.39	8.39	8.35	8.20	7.92	7.47
Spinach	7.48	7.28	7.50	7.33		
Fruit vegetables						
Cucumber	5.17	5.16	4.59	4.57	4.23	3.99
Green pepper	7.73	5.36	5.25	4.68	4.32	3.93
Snap bean	5.93	5.98	6.65	7.04		

4.3.2 市售果菜及葉菜經震盪水洗後之生菌數變化

六種蔬菜用無菌水在 100 rpm 震盪下清洗 9 分鐘，可知水對蔬菜表面的微生物清洗效果是相當有限的，大多只能下降生菌數 0.5 Log 值左右，無法有效的降低微生物含量（表 4-5）。Izumi(1999) 曾經將胡蘿蔔，日本小蘿蔔及馬鈴薯等用水清洗，對降低微生物的效果同樣的只有 0.4 - 0.6 Log 值。當使用洗潔劑或殺菌劑，雖能有效的降低微生物含量，但也會對蔬菜帶來不良的影響（河野和椎名，1989）。

4.3.3 電解水單獨清洗蔬果降低生菌數的效果

使用電解水用來清洗蔬菜效果，本研究就單獨使用酸性水或鹼性水來清洗蔬菜之效果加以探討（表 4-6）。雖然說鹼性水擁有很高的 pH 值及具還原性的氧化還原電位，且 pH 值和氧化還原電位都在微生物可生長範圍之外，但實際運用於葉菜類（如小白菜）清洗 3 分鐘，洗液的 ORP 值仍可維持 -821 mV。對果菜類（如小黃瓜）清洗 5 分鐘，洗液的 ORP 值仍可維持 -822 mV，但並沒有有效的降低蔬菜微生物含量，和用水清洗的效果差不多，只洗走而非殺死，降低生菌數約 0.5 Log CFU/g 值。雖然松尾（1999）指出有機物質與鹼性水反應，會降低鹼性水的作用性狀。在本實驗中，鹼性水的 pH 值及 ORP 值於清洗前後並無明顯變化（數據如附表一及表二），與松尾之結果並不相同，也可能因鹼性水只有限的作用於蔬果表面。蔬果的表面脂

表 4-5、市售葉菜及果菜經震盪水洗 9 分鐘及 15 分鐘後之總生菌數變化

Table 4-5. Effect of 9 min or 15 min water shake washing on the reduction of total plate count of marketed different vegetables

Variety	Test number	Total plate count (Log CFU/g)		
		Before washing	After washing	Log reduction
Chinjon	A	8.48	8.29	0.19
	B	8.08	7.89	0.19
	C	6.67	6.59	0.08
	D	5.67	5.35	0.32
	E	8.39	7.33	0.06
Leaf cabbage	A	8.35	7.71	0.64
	B	8.20	7.56	0.64
	C	8.20	7.73	0.47
	D	7.92	7.84	0.08
Spinach	A	7.48	7.20	0.28
	B	7.28	7.10	0.18
	C	7.50	7.18	0.32
	D	7.33	7.19	0.14
Cucumber	A	5.95	5.90	0.05
	B	5.57	5.18	0.39
	C	5.23	4.87	0.36
	D	5.08	4.50	0.58
	E	5.08	4.41	0.67
	F	4.92	4.57	0.35
	G	4.57	4.50	0.07
Green pepper	A	4.68	4.16	0.52
	B	4.07	3.51	0.56
	C	3.93	2.92	1.01
Snap bean	A	5.93	5.74	0.19
	B	5.98	5.95	0.02
	C	6.65	6.56	0.09
	D	7.04	7.00	0.04

表 4-6 酸及鹼性電解水單獨震盪清洗蔬菜之降低生菌數效果

Table 4-6. Effect of acidic electrolyzed water and alkaline electrolyzed water shake washing on the reduction of total plate count of different vegetables

Variety	Washing condition*	Total plate count (Log CFU/g)		
		Before washing	After washing	Log reduction
Chinjon	AC-9	6.64	5.24	1.40 ^{ab}
	AK-3	7.25	6.94	0.35 ^d
Leaf cabbage	AC-9	7.90	6.76	1.13 ^{bc}
	AK-3	7.01	6.55	0.46 ^d
Spinach	AC-9	7.42	5.77	1.65 ^a
	AK-3	7.41	7.22	0.19 ^d
Cucumber	AC-15	5.40	4.37	1.03 ^{bc}
	AK-5	5.77	5.30	0.48 ^d
Green pepper	AC-15	6.18	5.21	0.98 ^c
	AK-5	6.17	5.64	0.54 ^d
Snap bean	AC-15	6.85	4.39	1.73 ^a
	AK-5	6.85	6.73	0.12 ^d

* Unit= min

a, b, c, d Means in column followed by different letters are significantly different(p<0.05).

質及凹槽組織 (Breidt, 1997) 阻礙了殺菌的作用。

對降低微生物的作用來看，因為酸性水擁有較低的 pH 值與較高的氧化電位，此種條件亦不適合微生物的生長，再加上酸性水含有次氯酸 (HOCl)，此種強氧化劑能破壞分解細胞膜的組成物質，使得雙層磷脂質及蛋白質變性而產生殺菌的效果(呂，1998；陳等，1998；土田及鈴木，1999)。漂白水 (氯水) 雖然對於降低微生物有效果，但亦會引起組織劣化、萎凋及氯臭等不良影響 (河野和椎名，1989)。在酸性水處理葉菜類 9 分鐘或果菜類 15 分鐘後，已能降低菠菜及敏豆的生菌數菌量達 1.5 Log CFU/g 值以上，在其他的蔬菜平均也有 1.0 Log CFU/g 值以上的殺菌力，比單獨使用水或鹼性水清洗來降低微生物含量的效果更高 (表 4-5，表 4-6)。

4.3.4 使用複合式電解水震盪清洗的效果

酸性水雖有殺菌的效果，但是蔬菜在用酸性水清洗過後，如果沒有將葉片上殘留的酸性水去除，可能會形成褐斑 (圖 4-11)，因此可再用鹼性水來中和，此外也可避免靜菌效應的干擾 (王，2002)。清洗後之酸性水經測定仍保有接近原有的 pH 值及 ORP 值 (見附表一及表二)。因此利用酸性水清洗後，可再以鹼性水中和 (表 4-7)。此種複合式清洗小白菜、小黃瓜及青椒降低的生菌數量比單獨使用酸性水清洗時高(表 4-6)，這可能是因為沒被殺死或洗去的微生物，再經由鹼性水的洗淨，洗去一部份，如小白菜

表 4-7、複合式電解水震盪清洗蔬菜降低生菌數的效果

Table 4-7. Effect of electrolyzed water double washed on the reduction of total plate count of different vegetables

Variety	Washing (min)	Total plate count (Log CFU/g)		
		Before washing*	After washing*	Log reduction*
Chinjon	AC-9, AK-3	6.60	5.86	0.74 ^b
Leaf cabbage	AC-9, AK-3	8.14	6.51	1.62 ^a
Spinach	AC-9, AK-3	7.42	5.79	1.63 ^a
Cucumber	AC-15, AK-5	5.37	4.15	1.22 ^{ab}
Green pepper	AC-15, AK-5	7.09	5.37	1.73 ^a
Snap bean	AC-15, AK-5	6.85	5.85	1.00 ^{ab}

*Unit= Log CFU/g

^{a, b} Means in column followed by different letters are significantly different (p<0.05).

及青椒多降低 0.5 Log 值及 0.7 Log 值。其他蔬菜經複合式與單獨清洗相比，所降低生菌數含量則差不多，在此並沒有明顯的靜菌效應的現象產生。因此以下的清洗試驗皆先以酸性水清洗過後，再以鹼性水來清洗中和。同時經酸性水清洗後，殘留在蔬菜表面之氯味也可以在鹼性水中中和後予以消除。

4.3.5 電解水短時高頻及超音波清洗的效果

採用高頻短時換水以模仿一般流水方式的清洗結果如表 4-8。用超音波之 AC-333, AK-3 方式清洗小白菜之效果和表 4-7 用震盪方式之 AC-9, AK-3 效果差不多，只有降低生菌數 1.60 Log CFU/g。葉片表面的構造特殊，Breidt and Fleming (1997) 於小黃瓜的外表電子顯微鏡觀察中，發現外表光滑的小黃瓜，有許多細小的皺摺紋路、凹槽與氣孔，並且在這些地方藏有許多的微生物，造成清洗不易。於小白菜表面同樣的有許多的皺摺跟葉脈凹陷處，微生物藏於細縫中，不易清洗殺菌。

而其他蔬菜經短時震盪式高頻清洗或超音波清洗的效果都比長時間的交叉清洗的效果更好，其中又以超音波比短時高頻清洗的清洗效果稍佳，可降低生菌數達 2 - 2.5 Log CFU/g 值以上，但兩者的差異不明顯 ($p>0.05$)。在電解水清洗蔬菜對大腸桿菌群的降低效果也有相同的趨勢，可降低 0.7 - 2.5 Log CFU/g 值 (表 4-8)。酵母菌與黴菌的降低也與生菌數的變化相似，但是因為不同種類的蔬菜，

表 4-8、電解水短時高頻及增加超音波清洗之降低總生菌數、酵母及黴菌的效果

Table 4-8. Effect of continuous electrolyzed water shake washing and ultrasonic washing on the reduction of total plate count, yeast and mold

Treatment (min)	Log reduction of microorganism			
	TPC*	Coliform**	Yeast*	Mold*
Chinjon	(7.99)	(5.04)	(6.16)	(4.47)
H ₂ O-3333 ¹	0.09 ^c	0.56 ^c	-	-
AC-333, AK-3 ²	1.36 ^b	2.00 ^{ab}	0.97 ^{cde}	1.10 ^{cd}
AC-333, AK-3***	2.14 ^{ab}	2.50 ^a	1.95 ^b	1.18 ^{bcd}
Leaf cabbage	(8.17)	(6.04)	(5.13)	(4.17)
H ₂ O-3333	0.21 ^c	0.36 ^c	-	-
AC-333, AK-3	1.25 ^b	1.65 ^{ab}	1.36 ^{bcd}	0.37 ^d
AC-333, AK-3***	1.57 ^b	2.24 ^a	1.77 ^{bc}	0.63 ^d
Spinach	(7.41)	(5.32)	(5.85)	(5.29)
H ₂ O-3333	0.16 ^c	0.38 ^c	-	-
AC-333, AK-3	2.19 ^{ab}	1.69 ^{ab}	1.96 ^b	2.14 ^{abc}
AC-333, AK-3***	2.41 ^{ab}	2.37 ^a	2.04 ^b	2.29 ^{abc}
Cucumber	(5.99)	(5.23)	(1.50)	(1.67)
H ₂ O-33333 ³	0.36 ^c	0.14 ^c	-	-
AC-33333, AK-5 ⁴	1.70 ^b	1.85 ^{ab}	0.24 ^e	1.18 ^{bcd}
AC-33333, AK-5***	2.41 ^{ab}	2.51 ^a	0.54 ^{de}	1.01 ^{cd}
Green pepper	(5.90)	(3.28)	(2.72)	(3.25)
H ₂ O-33333	0.45 ^c	0.25 ^c	-	-
AC-33333, AK-5	1.34 ^{ab}	0.72 ^b	0.91 ^{cde}	1.24 ^{bcd}
AC-33333, AK-5***	2.16 ^{ab}	1.41 ^{ab}	1.66 ^{bc}	1.01 ^{cd}
Snap bean	(6.94)	(3.22)	(5.30)	(5.65)
H ₂ O-33333	0.59 ^c	0.21 ^c	-	-
AC-33333, AK-5	2.26 ^{ab}	1.24 ^{ab}	3.20 ^a	2.43 ^{ab}
AC-33333, AK-5***	2.95 ^a	1.24 ^{ab}	3.20 ^a	2.74 ^a

*Unit= Log CFU/g, **Unit= Log MPN/g, ***Washing by ultrasonic
Original count

^{1,3} Water washing, changed water 4 or 5 times for every 3 min.

^{2,4} AC washing, changed AC 3 or 5 times for every 3 min, then AK washing for 3 or 5 min.

^{a, b, c, d, e} Means in column followed by different letters are significantly different (p<0.05).

所含的酵母菌與黴菌含量也有所不同，導致可降低的菌數呈現不同的數值（表 4-8）。在酵母菌的降低數，以清洗小黃瓜的效果較差，只有 0.24 與 0.54 Log CFU/g 值。黴菌則是小白菜上的效果較差，只降低 0.37 與 0.63 Log CFU/g 值。而電解水對清洗敏豆，則對酵母菌與黴菌的效果最好，可降低 2.43 - 3.20 Log CFU/g 值，在其他蔬菜也有降低 1 - 2 Log CFU/g 值左右的效果。整體來看利用電解水震盪式短時高頻或超音波方式對蔬菜的清洗有相當程度的效果。

4.4. 電解水對蔬菜農藥的清洗移除效果

4.4.1 酸鹼性溶液與電解水對農藥之破壞效果的模型試驗

農藥與 H^+ 、 OH^- 作用，可能使有效成分分解成無生物活性之化合物（羅，1989）。廖（1984）曾指出有機磷農藥之達馬松及大滅松，在鹼性的條件下不安定，尤其是大滅松在鹼性狀況下急速分解。由於電解水有酸性水及鹼性水之分，與電解水具有相同 pH 值之 NaOH 溶液，同樣對達馬松（3.53 ppm）及大滅松（0.85 ppm）有破壞的效果（表 4-9）。但與酸性水同 pH 值的鹽酸溶液對達馬松，在混合 8-16 分鐘後，幾乎沒有破壞的效果（農藥清除率為 2.01% - 3.15%）。但酸性水對達馬松農藥在 8 分鐘的反應下，已有 93.60% 的破壞效果。至 16 分鐘已破壞 99.64%，而 NaOH 溶液展現有相似破壞的效果，並隨著時間的增加，破壞百分比也隨之增高（ $p < 0.05$ ）。鹼性水與達馬松農藥反應 8 分

表 4-9、酸、鹼性溶液與電解水對達馬松農藥之破壞效果
 Table 4-9. Effect of acid, alkaline and electrolyzed water
 washing on the methamidophos cleaning

Reaction time (min)	Percentage of methamidophos cleaning			
	HCl pH 2.86	NaOH pH 11.24	AC	AK
8	2.69 ^a	69.12 ^c	93.60 ^c	93.23 ^c
10	2.40 ^a	98.73 ^b	98.56 ^b	98.02 ^b
12	3.15 ^a	99.26 ^{ab}	99.39 ^{ab}	99.25 ^a
14	2.80 ^a	99.65 ^a	99.54 ^a	99.48 ^a
16	2.01 ^a	99.73 ^a	99.64 ^a	99.52 ^a

^{a, b, c}. Means in column followed by different letters are significantly different (p<0.05).

鐘後，破壞百分比比較 NaOH 溶液（pH 11.24）高出 24 % 左右。當混合時間到 16 分鐘後，NaOH 溶液、酸性水與鹼性水的破壞效果，三者之間沒有明顯的差異，均可達到 99.50 % 以上。

而在酸、鹼性溶液與電解水對大滅松農藥的模型試驗結果，如表 4-10 所示。大滅松及達馬松亦不受 HCl 溶液（pH 2.68）的影響，同時 NaOH 溶液與鹼性水對大滅松的破壞效果並不如對達馬松顯著。在 8 分鐘時僅有 38.17 % 及 34.96 % 的破壞百分比，隨著時間的增加，到 16 分鐘時只有 50.17 及 44.63 的破壞百分比，與廖（1984）表示之大滅松在鹼性下急速分解有所差異。而酸性水對大滅松的影響，在 8 分鐘時則已有 96.01 % 的破壞百分比，到 16 分鐘時可高達 99.94 % 的破壞百分比效果。行政院衛生署食品衛生法規對蔬菜達馬松及大滅松殘留安全容許量為 0.5 ppm 及 1.0 ppm，所以農藥與電解水反應後皆可低於衛生法規公告的安全容許量。

由 HCl 溶液與酸性水比較，可知達馬松及大滅松並不單純受酸性水的 pH 值影響，可能是酸性水中所含的次氯酸，有破壞此二種有機磷農藥之正面功效。蔡等（1998）使用未酸化次氯酸鈉 0.3 % 對先浸泡錳乃浦、鋅乃浦、恩得地、鋅錳乃浦和甲基鋅乃浦之有機硫磺農藥後風乾的葡萄及李子清洗，有 80 % 以上的清除效果。次氯酸鈉溶液也有去除農藥的效果。歸因於未解離的次氯酸發揮作用。

將達馬松及大滅松濃度分別提高至 6.42 ppm 及 1.54

表 4-10、酸、鹼性溶液與電解水對大滅松農藥之破壞效果

Table 4-9. Effect of acid, alkaline and electrolyzed water washing on the dimethoate cleaning

Reaction time (min)	Percentage of dimethoate cleaning			
	HCl pH 2.86	NaOH pH 11.24	AC	AK
8	0.75 ^a	38.17 ^a	96.01 ^c	34.96 ^a
10	5.54 ^a	35.20 ^a	99.21 ^b	40.23 ^a
12	6.34 ^a	38.61 ^a	99.75 ^a	44.06 ^a
14	4.38 ^a	42.79 ^a	99.87 ^a	43.41 ^a
16	5.01 ^a	50.17 ^a	99.94 ^a	44.63 ^a

^{a, b, c} Means in column followed by different letters are significantly different (p<0.05).

ppm 時 (圖 4-12), 鹼性水及 NaOH 溶液的破壞百分比比較先前低濃度之試驗分別降低 0.81 % 及 13.79 %。此時達馬松及大滅松仍維持有 90 % ~99 % 及 20 % ~36 % 的清除百分比。在酸性水對 6.42 ppm 及 1.54 ppm 濃度的達馬松及大滅松, 仍有 96 % 以上的破壞效果。但是如果再將達馬松及大滅松濃度分別提高到 12.26 ppm 及 2.92 ppm, 則對達馬松及大滅松的農藥清除效果只剩下一半, 各為 40.00 % 及 56.45 %, 可能是因為農藥濃度超過酸性水所含之次氯酸所能作用的極限, 而導致換算之破壞百分比數值降低。

4.4.2 電解水震盪清洗對清除葉菜類農藥之效果

選用震盪式能有效的降低微生物含量, 短時高頻或加上超音波處理的清洗方式來比較是否同時有能力清除葉菜上的農藥 (表 4-11)。使用短時高頻的更換自來水清洗方式 (H₂O-3333), 對三種葉菜所含達馬松的清除效果均不佳, 青江菜只能達到 17.96 %。樣品中以對菠菜的清洗效果最差, 只有 5.94 %。使用短時高頻鹼性水清洗 (AK-3333), 對菠菜及小白菜的效果比自來水好。青江菜在三種樣品中效果則較差。總之, 鹼性水的效果還是有限。當使用對微生物清洗的最佳條件, 如小白菜以 AC-333, AK-3 震盪方式短時高頻清洗及 AC-333, AK-3 超音波方式短時高頻清洗, 分別能達到 79.29 % 及 75.96 % 的清除百分比。而此二種清洗方式對菠菜也分別有 67.54 % 及 53.32 % 的效果, 在青江菜清洗對達馬松的清除效果比

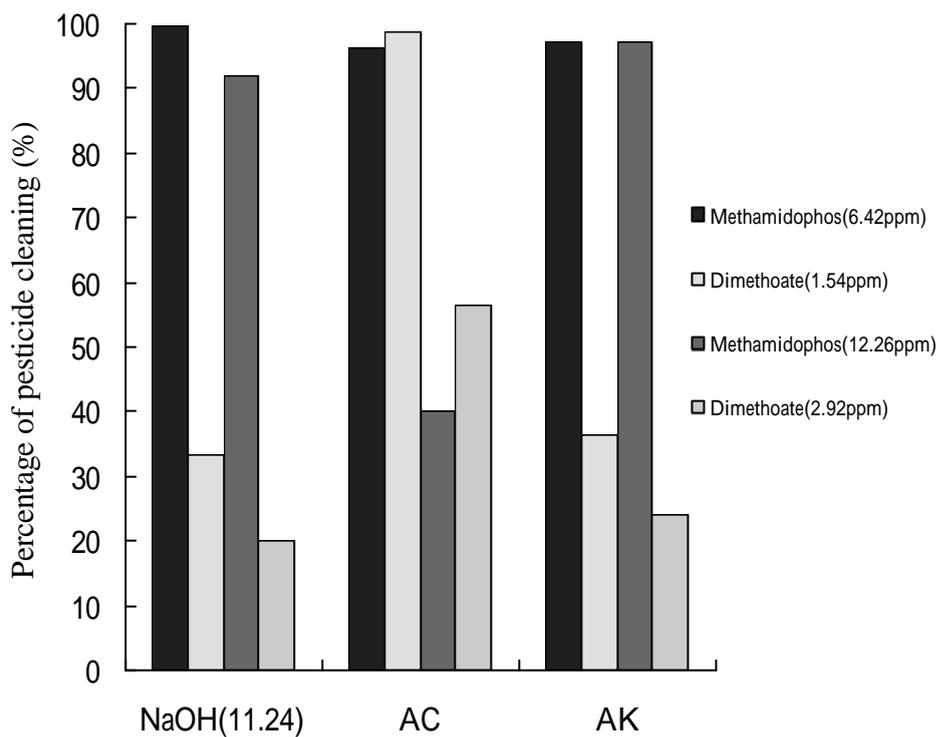


圖 4-12、酸、鹼性溶液與電解水對高濃度農藥之清除效果

Figure 4-12. Effect of acid, alkaline and electrolyzed water washing of cleaning on the high concentration pesticides.

表 4-11、電解水震盪清洗對葉菜類上之達馬松農藥之清除效果

Table 4-11. Effect of electrolyzed water washed on the methamidophos cleaning in leaf vegetables

Treatment	Percentage of methamidophos cleaning		
	Spinach	Chinjon	Leaf cabbage
H ₂ O-3333 ¹	5.94 ^d	17.96 ^b	11.87 ^c
AK-3333 ²	17.19 ^c	10.68 ^c	33.77 ^b
AC-333, AK-3 ³	67.54 ^a	40.44 ^a	79.29 ^a
AC-333, AK-3*	53.32 ^b	42.20 ^a	75.96 ^a

* Washing by ultrasonic

¹, Water washing, changed water 4 times for every 3 min.

², AK washing, changed water 4 times for every 3 min.

³, AC washing, changed AC 3 times for every 3 min, then AK washing for 3 min.

a, b, c, d, Means in column followed by different letters are significantly different (p<0.05)

其他 2 種蔬菜來的差，只有 40.44 % 及 42.20 %。可能因為蔬菜的外表組織結構不同，導致清洗效果的差異。震盪方式 (AC-333, AK-3) 似乎比超音波方式 (AC-333, AK-3) 的清除效果佳，但兩者差異並不顯著。

蔬菜經過清洗對大滅松清除百分比的效果比達馬松要高(表 4-12),但其趨勢與達馬松相同。以震盪方式(AC-333, AK-3) 及超音波方式 (AC-333, AK-3) 對小白菜上的大滅松分別可達到 89.25 % 及 88.62 % 的清除效果，其他兩種葉菜也有 58 % - 77 % 的清除效果。

4.4.3 電解水震盪清洗對清除果菜類農藥之效果

短時高頻震盪清洗 (H₂O-33333, AK-5 與 AK-5555) 對果菜上之達馬松清除效果如表 4-13。對敏豆及小黃瓜的清除效果均不理想 (10 %)，在青椒的鹼性水處理效果比水處理佳 ($p < 0.05$), 可能是因為鹼性水對青椒有腊質覆蓋的光滑外表，親和力較水洗組強些所致。使用震盪方式 (AC-33333, AK-5) 及超音波方式 (AC-33333, AK-5) 兩者對三種果菜的清洗的效果上比較並沒有明顯的差異，其中對敏豆的達馬松清除效果較好，有 38.23 % 及 27.67 % 的清除效果，震盪方式比超音波方式的清除效果高，但差異仍不顯著。若酸性水的超音波處理時間增加為 5 分鐘且換水次數減少 (AC-555, AK-5), 此組增加酸性水的反應時間並沒有使果菜農藥清除效果增加，反而比超音波之 AC-33333, AK-5 的清除效果下降 9 % - 13 %。由此可知清

表 4-12、電解水震盪清洗對葉菜類上之大滅松農藥之清除效果

Table 4-12. Effect of electrolyzed water washed on the dimethoate cleaning in leaf vegetables

Treatment	Percentage of dimethoate cleaning		
	Spinach	Chinjon	Leaf cabbage
H ₂ O-3333 ¹	9.32 ^c	6.95 ^c	28.54 ^c
AK-3333 ²	25.89 ^b	18.01 ^b	31.55 ^b
AC-333, AK-3 ³	67.54 ^a	58.37 ^a	89.25 ^a
AC-333, AK-3*	77.62 ^a	63.99 ^a	88.62 ^a

* Washing by ultrasonic

¹, Water washing, changed water 4 times for every 3 min.

², AK washing, changed water 4 times for every 3 min.

³, AC washing, changed AC 3 times for every 3 min, then AK washing for 3 min.

a, b, c, Means in column followed by different letters are significantly different (p<0.05).

表 4-13、電解水震盪清洗對果菜類上之達馬松農藥之清除效果

Table 4-13. Effect of electrolyzed water washed on the methamidophos cleaning in fruit vegetables

Treatment	Percentage of methamidophos cleaning		
	Snap bean	Cucumber	Green pepper
H ₂ O-33333, 5 ¹	8.99 ^c	4.99 ^c	9.25 ^c
AK-5555 ²	6.68 ^c	5.93 ^c	17.02 ^b
AC-33333, AK-5 ³	38.23 ^a	25.36 ^a	29.25 ^a
AC-555, AK-5* ⁴	14.10 ^b	12.56 ^b	19.89 ^b
AC-33333, AK-5*	27.67 ^{ab}	24.97 ^a	20.05 ^a

* Washing by ultrasonic

¹, Water washing, changed water 5 times for every 3 min, then water washing for 5 min.

², AK washing, changed water 4 times for every 5 min.

³, AC washing, changed AC 5 times for every 3 min, then AK washing for 5 min.

⁴, AC washing, changed AC 3 times for every 5 min, then AK washing for 5 min.

^{a, b, c}, Means in column followed by different letters are significantly different (p<0.05).

洗的電解水換水的次數會影響農藥的清除效果。酸性水破壞一部分農藥成分外，農藥的溶出亦可能是促成整體清除效果增加的原因。

短時高頻震盪清洗對果菜上之大滅松農藥的清除效果（表 4-14）與達馬松農藥的清除效果（表 4-13）有相同的趨勢，但其中以小黃瓜以震盪清洗（AC-33333, AK-5）效果最佳，能達到 40.34 %，比達馬松的清除效果更高。整體上葉菜類的清洗效果比果菜類好，此種差異可能因為果菜的組織較厚，農藥轉移至組織（翁，1992），造成清除效果下降。

4.4.4 電解水震盪清洗對自耕小白菜與青江菜農藥之清除效果

自耕青江菜及小白菜經一天一次連續噴灑三天及停藥 24 小時後採樣清洗的結果，如表 4-15 所示。震盪方式水洗（H₂O-9）與鹼性水清洗（AK-3333）對小白菜及青江菜之達馬松及大滅松的清除效果不佳，兩者之間沒有明顯的差異。在震盪方式（AC-333, AK-3）及超音波方式（AC-333, AK-3）對自耕蔬菜所含達馬松及大滅松農藥的清除效果，比用浸泡農藥的清除效果低 30 % - 40 %。翁（1992）曾指出蔬菜施藥一段時間以後，表面之農藥經環境因子影響而減少，部分農藥則進入植物組織內，造成清洗效果相對減少。因此在自耕蔬菜的試驗發現震盪清洗（AC-333, AK-3）及超音波清洗（AC-333, AK-3）的處理比不上使用蔬菜浸

表 4-14、電解水震盪清洗對果菜類上之大滅松農藥之清除效果

Table 4-14. Effect of electrolyzed water washed on the dimethoate cleaning in fruit vegetables

Treatment	Percentage of dimethoate cleaning		
	Snap bean	Cucumber	Green pepper
H ₂ O-33333, 5 ¹	15.99 ^b	2.73 ^e	19.70 ^c
AK-5555 ²	14.78 ^b	9.20 ^d	28.74 ^b
AC-33333, AK-5 ³	34.69 ^a	40.34 ^a	38.47 ^a
AC-555, AK-5* ⁴	31.75 ^{ab}	23.12 ^c	28.55 ^b
AC-33333, AK-5*	28.77 ^{ab}	28.30 ^b	33.69 ^a

* Washing by ultrasonic

^{1, 2, 3, 4} Washing method followed the description in Table 4-13.

^{a, b, c, d} Means in column followed by different letters are significantly different (p<0.05).

表 4-15、電解水震盪清洗對水耕青江菜及小白菜之農藥清除效果

Table 4-15. Effect of electrolyzed water washed on the cleaning of pesticide in water plowing Chinjon and Leaf cabbage

Treatment	Percentage of pesticide cleaning			
	Chinjon		Leaf cabbage	
	A	B	A	B
H ₂ O-9	5.34 ^c	3.11 ^b	6.00 ^b	15.32 ^c
AK-3333 ¹	1.99 ^c	2.98 ^b	9.70 ^b	11.55 ^c
AC-333, AK-3 ²	37.25 ^a	50.26 ^a	39.62 ^a	62.34 ^a
AC-333, AK-3*	17.96 ^b	39.18 ^a	26.20 ^{ab}	52.56 ^a

* Washing by ultrasonic

A : methamidophos, B : dimethoate

^{1,2} Washing method followed the description in Table 4-13.

^{a, b, c}. Means in column followed by different letters are significantly different (p<0.05).

泡農藥後的清洗效果。

4.4.5 比較電解水、食鹽水及次氯酸鈉水對小白菜及小黃瓜農藥之清除效果

小白菜經電解水、3% 食鹽水及 200 ppm 次氯酸鈉溶液清洗之結果如圖 4-13。小白菜經食鹽水清洗 9 分鐘後再以清水處理 3 分鐘之清除效果與短時高頻的水洗(H₂O-3333)的效果差不多，對達馬松及大滅松農藥只有 11.87% 及 20.77% 的清除效果。使用次氯酸鈉溶液處理 9 分鐘後再以清水處理 3 分鐘之清除效果比食鹽水處理好一些，但是與電解水震盪方式(AC-333, AK-3)的效果相差甚多(p<0.05)，次氯酸鈉本身因屬鹼性及溶液中所產生的 OCl⁻對這兩種農藥的破壞效果均不佳，反而是酸性水的強酸性及次氯酸對這兩種農藥有破壞結果。在小黃瓜的部分(圖 4-14)也有相同的結果，電解水高頻短時震盪清洗(AC-33333, AK-5)較次氯酸鈉 200 ppm 的效果好，而食鹽水 3% 最差，即使蔡等(1998)認為 NaOCl 對有機硫磺農藥有效，但一般在家庭中所使用的 3% 食鹽水及常用的 200 ppm 的次氯酸鈉無法有效的降低有機磷農藥的殘留量。因此仍以使用電解水清洗蔬菜來降低農藥的殘留量較為可行。因此，對施用農藥後遵行停藥期的規定，對保護消費者的飲食安全為根本的解決問題之必要手段。而電解水清洗則可供作食用前提昇安全性的方法。

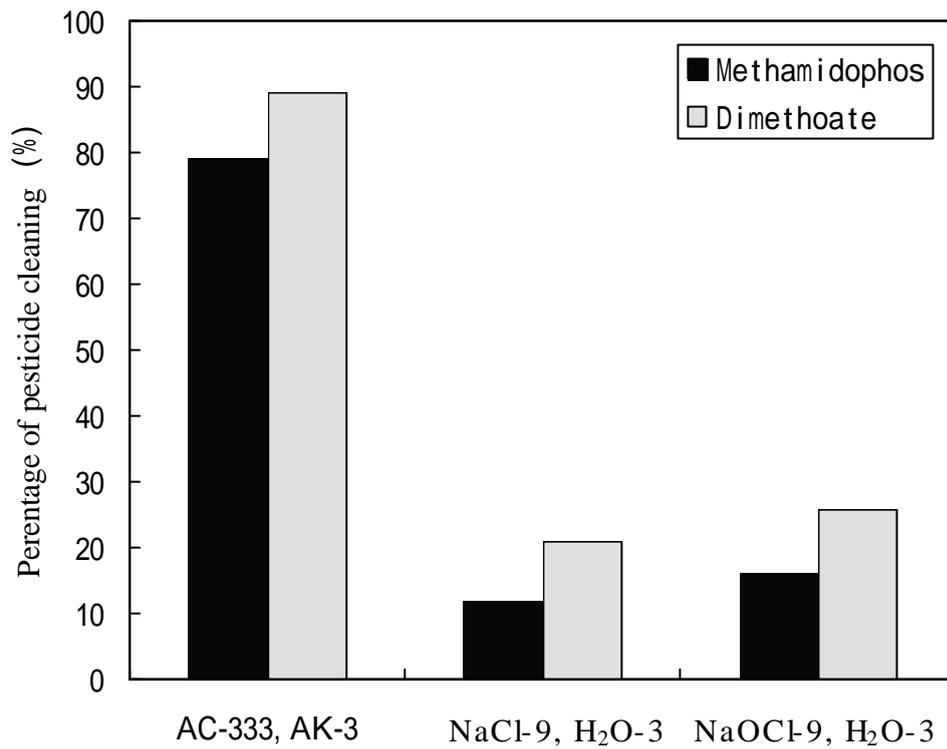


圖 4-13、比較電解水、食鹽水及次氯酸鈉水清洗對小白菜農藥之清除效果

Figure 4-13. Effect of electrolyzed water, saline and sodium hypochlorite solution washing on the pesticide cleaning of Leaf cabbage.

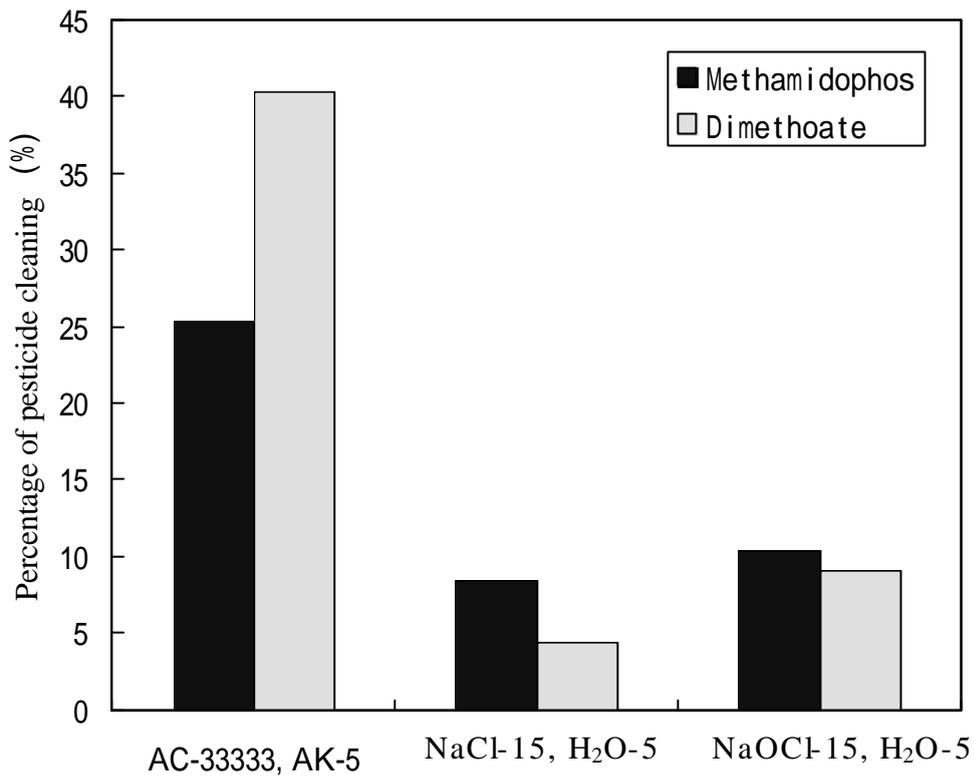


圖 4-14、比較電解水、食鹽水及次氯酸鈉水清洗對小黃瓜農藥之清除效果

Figure 4-14. Effect of electrolyzed water, saline and sodium hypochlorite solution washing on the pesticide cleaning of cucumber.

4.5 電解水處理對蔬菜品質之影響

4.5.1 電解水震盪清洗對蔬菜總維生素 C 破壞之影響

菠菜與青江菜經過六種處理條件的清洗後，對其總維生素 C 並沒有很大的影響（表 4-16）。張（1992）曾指出洗滌程度的不同會使水溶性維生素 C 流失有所差異。在小白菜的部分，經過水洗 9 分鐘或鹼性水 3 分鐘處理後，會使維生素 C 部分流失，總維生素 C 含量換算成百分比約下降 19.37 % 及 23.84 % ($p < 0.05$)。在使用電解水短時高頻震盪清洗方式（AC-333 及 AC-333, AK-3）及（超音波方式 AC-333, AK-3）處理後，總維生素 C 損失較單一時間者嚴重，可能與外表組織有關，容易與酸性水的次氯酸或強氧化性之氧化電位反應，再加上清洗水量的增加及超音波處理，所以導致維生素 C 遭受破壞流失增加，換算成百分比約降低達 40 % ($p < 0.05$)。

在三種果菜的維生素 C 受電解水影響部分如表 4-17。小黃瓜及青椒經過不同條件的清洗過後，對其總維生素 C 含量的影響不大。小黃瓜原本有約 13 mg/100g 的含量，青椒的總維生素 C 也仍維持 80 mg/100g，並且各種的清洗條件之結果經過統計分析後並無明顯差異。敏豆的部分則會受到清洗條件的影響，其中以電解水短時高頻震盪清洗方式(AC-33333)及超音波方式(AC-33333, AK-5)對總維生素 C 含量影響最大 ($p < 0.05$)。換以電解水連續換水震盪方式(AC-33333, AK-5)的清洗顯著的使總維生素 C 降低 2.1 mg/100g。小黃瓜及青椒可能是因為外表組織有一層腊

表 4-16、電解水震盪清洗對葉菜類之總維生素 C 含量之影響

Table 4-16. Effect of electrolyzed water washed on the total vitamin C in the leaf vegetables

Treatment	Total vitamin C(mg/100g)		
	Spinach	Chinjon	Leaf cabbage
Control	7.72 ^a	40.70 ^a	18.12 ^a
H ₂ O-9	7.32 ^a	40.36 ^a	14.61 ^{ab}
AK-3	8.11 ^a	40.39 ^a	13.80 ^{ab}
AC-333 ¹	7.79 ^a	40.18 ^a	11.13 ^b
AC-333, AK-3 ²	7.34 ^a	39.79 ^a	10.75 ^b
AC-333, AK-3*	7.59 ^a	40.35 ^a	10.59 ^b

* Washing by ultrasonic

^{1,2} Washing method followed the description in Table 4-13.

^{a, b}, Means in column followed by different letters are significantly different (p<0.05).

表 4-17、電解水震盪清洗對果菜類之總維生素 C 含量之影響
 Table 4-17. Effect of electrolyzed water washed on the total
 vitamin C in the fruit vegetables

Treatment	Total vitamin C(mg/100g)		
	Snap bean	Cucumber	Green pepper
Control	6.79 ^a	12.93 ^a	81.53 ^a
H ₂ O-15	6.78 ^a	12.62 ^a	80.73 ^a
AK-5	6.71 ^a	12.72 ^a	79.99 ^a
AC-33333 ¹	4.69 ^b	12.56 ^a	80.24 ^a
AC-33333, AK-5 ²	6.31 ^a	13.25 ^a	79.72 ^a
AC-33333, AK-5*	4.65 ^b	13.22 ^a	80.08 ^a

* Washing by ultrasonic

^{1,2} Washing method followed the description in Table 4-13.

^{a, b}, Means in column followed by different letters are significantly different (p<0.05).

質，使水溶性維生素 C 不易溶出。張（1992）亦曾指出維生素 C 在酸性環境下易遭受破壞。敏豆經震盪方式（AC-33333）處理後可能無 AK 來中和酸性，導致總維生素 C 的下降。而電解水短時高頻超音波方式（AC-33333, AK-5）的處理因高頻震盪，亦會導致維生素 C 易溶出，使得總維生素 C 含量下降。

4.5.2 電解水震盪清洗對蔬菜總葉綠素破壞之情形

三種葉菜經電解水處理後對總葉綠素的影響如表 4-18。經過震盪水洗 9 分鐘處理（H₂O-9）後對三種葉菜所含的總葉綠素沒有明顯的影響，當使用鹼性水處理 3 分鐘（AK-3）時，菠菜及青江菜總葉綠素有下降的趨勢，換算成百分比約各降低了 1.76 % 及 5.44 %（ $p>0.05$ ）。而小白菜經 AK-3 震盪清洗處理後，總葉綠素含量無明顯的變化，與水洗組無明顯差異，數值下降 0.25 mg/100g（ $p>0.05$ ）。由於鹼性溶液會使葉綠素溶出，葉菜的總葉綠素含量隨之下降（續，1997）。由表中的震盪清洗方式（AC-33333 及 AC-33333, AK-5 二組）及超音波清洗方式（AC-33333, AK-5）處理對總葉綠素的影響比 AK-3 嚴重，換算成百分比約使葉綠素含量下降約 10 - 23 %。在張（1993）曾指出葉綠素與酸之作用，則 Mg 被除去而被二個氫原子取代，生成褐色之脫鎂葉綠素 a（pheophytin a）或褐綠色之脫鎂葉綠素 b 而致綠色消失。以整體來看，酸性水短時高頻震盪方式（AC-333）清洗對葉綠素的影響較其他五種洗滌方

表 4-18、電解水震盪清洗對葉菜類之總葉綠素含量之影響
 Table 4-18. Effect of electrolyzed water washed on the total chlorophyll in the leaf vegetables

Treatment	Total chlorophyll (mg/100g)		
	Spinach	Chinjon	Leaf cabbage
Control	25.05 ^a	18.00 ^a	5.33 ^a
H ₂ O-9	25.14 ^a	17.32 ^a	5.34 ^a
AK-3	24.61 ^{ab}	17.02 ^{ab}	5.09 ^a
AC-333 ¹	23.51 ^c	14.23 ^c	4.14 ^b
AC-333, AK-3 ²	24.14 ^{bc}	14.08 ^c	4.71 ^{ab}
AC-333, AK-3*	23.70 ^c	15.54 ^{bc}	4.90 ^a

* Washing by ultrasonic

^{1,2} Washing method followed the description in Table 4-13.

^{a, b, c} Means in column followed by different letters are significantly different (p<0.05).

式大，則是因為酸性水的低 pH 值，清洗後又無鹼性水來中和，導致持續性葉綠素破壞。果菜類的葉綠素受電解水的影響如表 4-19 所示，各種清洗的處理對果菜所含的葉綠素並無影響，在敏豆、小黃瓜及青椒仍維持有 2.10 mg/100g、5.15 mg/100g 及 3.08mg/100g 的含量 ($p>0.05$)。由於果菜類的外表組織構造與葉菜類不同，因果皮層的保護使得果菜類較耐清洗，葉綠素的流失也相對的減少。

4.5.3 電解水震盪清洗對蔬菜清除自由基能力之影響

蔬菜的抗氧化能力來自於本身所含的抗氧化成分，如礦物質、維生素、類黃酮、葉綠素及胡蘿蔔素等，且不同的蔬菜間，抗氧化能力差異甚大（陳等，1999）。葉菜經過不同的清洗處理後其抗氧化的能力受到影響（表 4-20）。在菠菜、青江菜及小白菜隨著清洗條件的不同，抗氧化能力皆有下降的趨勢。菠菜因前述葉綠素的降低及維生素 C 輕微的流失，均可能導致清除自由機能力的下降，其中電解水短時高頻以震盪方式（AC-333, AK-3）清洗最嚴重，降低了 23 % 的清除效果 ($p<0.05$)。三者之間的相關式為 $DPPH = -247.79 + 11.77 \text{ chlorophyll} + 5.32 \text{ vitamin C}$, $p<0.05$, $r = 0.778$ 。青江菜也因葉綠素含量的降低（表 4-18），連帶造成抗氧化能力下降，各組中以震盪（AC-333）方式清洗降低 38 % 最為嚴重 ($p<0.05$)。三者之間的相關式為 $DPPH = -244.88 + 5.14 \text{ chlorophyll} + 5.03 \text{ vitamin C}$, $p<0.05$, $r = 0.730$ 。小白菜則是受到維生素 C 及葉綠素含量

表 4-19、電解水震盪清洗對果菜類之總葉綠素含量之影響

Table 4-19. Effect of electrolyzed water washed on the total chlorophyll in the fruit vegetables

Treatment	Total chlorophyll (mg/100g)		
	Snap bean	Cucumber	Green pepper
Control	2.25 ^a	5.20 ^a	3.08 ^a
H ₂ O-15	2.15 ^a	5.12 ^a	3.08 ^a
AK-5	2.08 ^a	5.08 ^a	3.05 ^a
AC-33333 ¹	2.11 ^a	5.07 ^a	3.06 ^a
AC-33333, AK-5 ²	2.17 ^a	5.18 ^a	3.08 ^a
AC-33333, AK-5*	2.14 ^a	5.19 ^a	3.09 ^a

* Washing by ultrasonic

^{1,2} Washing method followed the description in Table 4-13.

^a Means in column followed by different letters are significantly different (p<0.05).

表 4-20、電解水震盪清洗對葉菜類之清除自由基能力之影響
 Table 4-20. Effect of electrolyzed water washed on the
 , -diphenyl- -picrylhydrazyl (DPPH)
 cleaning in the leaf vegetables

Treatment	Percent of DPPH cleaning		
	Spinach	Chinjon	Leaf cabbage
control	91.85 ^a	62.47 ^a	52.13 ^a
H ₂ O-9	85.28 ^{ab}	46.70 ^{ab}	53.59 ^a
AK-3	85.57 ^{ab}	39.02 ^{bc}	44.88 ^{ab}
AC-333 ¹	71.78 ^{ab}	24.68 ^c	18.68 ^c
AC-333, AK-3 ²	68.13 ^b	37.80 ^{bc}	35.65 ^b
AC-333, AK-3*	74.16 ^{ab}	36.34 ^{bc}	42.82 ^b

* Washing by ultrasonic

^{1,2} Washing method followed the description in Table 4-13.

^{a, b, c}. Means in column followed by different letters are significantly different (p<0.05).

的降低，也是以震盪（AC-333）方式清洗的抗氧化能力降低最多，只剩下 18.68 % 的清除百分比（ $p < 0.05$ ）。三者之間的相關式為 $DPPH = -89.40 + 26.96 \text{ chlorophyll} + -0.14 \text{ vitamin C}$, $p < 0.05$, $r = 0.968$ 。

因為小黃瓜與青椒外表組織的特性，各種的清洗方式對葉綠素及維生素 C 皆無使其損失所致，對其抗氧化能力並無降低的情形產生（表 4-21）。由於不同的清洗處理，養分的流失也會造成抗氧化能力的下降（陳等，1999）。在傅等（1997）曾指出青椒富含的維生素 C。但是在預備試驗中青椒已超過能清除 1mM DPPH 的含量，將其稀釋兩倍後做測定，仍擁有 64.5 % 的清除效果。敏豆經震盪方式 H₂O-15 與 AK-5 並不影響清除自由基能力，震盪方式 AC-33333 及 AC-33333, AK-5 的清洗後，清除百分比則有 17.19 % 及 19.55 %，而超音波清洗方式 AC-33333, AK-5 降低最多，只剩下 15.04 %。此可能是因為維生素 C 的流失（表 4-17），造成清除自由基能力降低。三者之間的相關式為 $DPPH = 5.04 + -2.50 \text{ chlorophyll} + 3.44 \text{ vitamin C}$, $p < 0.05$, $r = 0.931$ 。

4.5.4 感官品評試驗

4.5.4.1 清洗後冷藏青江菜外觀品質的變化

青江菜經清洗後經 7 冷藏 3 天後之外觀品質特性如表 4-22 所示。水及鹼性水震盪方式（H₂O-9 及 AK-3）及

表 4-21、電解水震盪清洗對果菜類之清除自由基能力之影響
 Table 4-21. Effect of electrolyzed water washed on the
 , -diphenyl- -picrylhydrazyl (DPPH)
 cleaning in the fruit vegetables

Treatment	Percent of DPPH cleaning		
	Snap bean	Cucumber	Green pepper**
Control	23.67 ^a	12.00 ^a	64.51 ^a
H ₂ O-15	23.37 ^a	12.27 ^a	64.56 ^a
AK-5	23.23 ^a	12.17 ^a	63.70 ^a
AC-33333 ¹	17.19 ^{bc}	12.32 ^a	64.01 ^a
AC-33333, AK-5 ²	19.55 ^{ab}	12.21 ^a	66.41 ^a
AC-33333, AK-5*	15.04 ^c	12.05 ^a	65.00 ^a

* Washing by ultrasonic

** 50% dilution

^{1,2} Washing method followed the description in Table 4-13.

^{a,b} Means in column followed by different letters are significantly different (p<0.05).

表 4-22、電解水清洗對青江菜外觀品質感官品評之影響
 Table 4-22. Effect of electrolyzed water on the sensory
 quality of Chinjon

Judge factor	A*	B	C	D	E	F
Degree of damage						
Many(1) few(6)**	4.49 ^a	4.73 ^a	4.58 ^a	2.76 ^b	1.44 ^c	2.82 ^b
Over all color						
Twany(1) dark green(6)	2.67 ^b	3.67 ^a	3.64 ^a	1.82 ^c	1.53 ^c	1.40 ^c
Foxiness						
Many(1) few(6)	4.69 ^a	4.82 ^a	4.73 ^a	2.18 ^{bc}	2.02 ^c	2.56 ^b
Degree of soften						
Soften(1) elasticity(6)	3.02 ^b	2.71 ^b	3.89 ^a	2.89 ^b	1.13 ^c	1.42 ^c
Overall acceptance**						
Very unacceptable (1)	4.57 ^b	4.27 ^b	5.11 ^a	3.09 ^c	1.33 ^c	2.73 ^c

*A: H₂O-9, B: AK-3, C: AK-3333, D: AC-9, AK-3, E: AC-333, AK-3, F: AC-333, AK-3(ultrasonic), washing method followed the description in Table 4-13.

**Ranking score

^{a, b, c}, Means in column followed by different letters are significantly different (p<0.05).

鹼性水短時高頻 (AK-333) 的清洗對蔬菜外觀的損傷程度及褐斑多寡的判斷上皆無明顯的影響。整體色澤則以震盪方式的鹼性水組 (AK-3) 及短時高頻之鹼性水組 (AK-3333) 比水洗組 (H₂O-9) 的品質較佳。其他如軟化程度及整體接受性以震盪方式 AK-333 較 H₂O-9 及 AK-3 在儲藏後仍保有較好的品質。松尾 (1999) 亦曾指出鹼性水對蔬果具有保存品質的效果。因此鹼性水的多次清洗無損於品質的維持。如果使用電解水 AC-9, AK-3、短時高頻震盪方式 (AC-333, AK-3) 及超音波方式 (AC-333, AK-3) 清洗對青江菜經 3 天儲藏後，皆會使其品質下降，比水及鹼性水震盪方式的 (H₂O-9 及 AK-3) 及鹼性水短時高頻 (AK-3333) 的清洗影響來的嚴重，可見會使品質下降的關鍵在酸性水。損傷程度以電解水短時高頻震盪方式 (AC-333, AK-3) 對青江菜葉菜的損傷最多。整體色澤以 AC-333, AK-3 超音波方式清洗青江菜的色澤較差。褐斑的產生以電解水短時高頻震盪方式 (AC-333, AK-3) 的最為嚴重。對清洗青江菜的軟化程度也是以 AC-333, AK-3 震盪方式清洗的影響最嚴重 ($p < 0.05$)，經由品評員評估整體的接受性，同樣的以鹼性水震盪方式 (AK-333) 清洗的青江菜最能被接受，而 AC-333, AK-3 電解水短時高頻震盪清洗的方式的整體接受性較其他 5 種清洗方式差 ($p < 0.05$)。

進一步讓品評員依實際的外觀品質評分影響百分比 (表 4-23)。儲存品質最好的鹼性水短時高頻震盪方式 (AK-3333) 清洗，對整顆潰爛、整顆黃變、褐斑及軟化

表 4-23、電解水清洗對青江菜外觀品質之影響百分比

Table 4-23. Effect of electrolyzed water on the appearance quality of Chinjon

Judge factor	A*	B	C	D	E	F
Degree of damage (%)						
0% 50%	7.33 ^c	6.00 ^c	7.33 ^c	13.78 ^b	21.44 ^a	13.89 ^b
Yellowish (%)						
0% 50%	5.78 ^b	5.44 ^b	4.33 ^b	11.33 ^a	11.78 ^a	11.67 ^a
Foxiness (%)						
0% 50%	5.89 ^c	4.78 ^c	5.44 ^c	13.89 ^{ab}	15.22 ^a	12.00 ^b
Degree of soften (%)						
0% 50%	10.00 ^{bc}	13.89 ^b	8.33 ^c	10.78 ^{bc}	21.33 ^a	18.89 ^a
Overall acceptance**	7.20 ^a	6.91 ^a	7.44 ^a	5.62 ^b	4.31 ^c	5.58 ^b

*A : H₂O-9, B: AK-3, C: AK-3333, D: AC-9, AK-3, E: AC-333, AK-3, F: AC-333, AK-3(ultrasonic) , washing method followed the description in Table 4-13.

**9-points scale,1-very unacceptable, 5-barely acceptable, 9-very acceptable
^{a, b, c}. Means in column followed by different letters are significantly different (p<0.05).

的影響都維持在 4.78 % - 8.33 % 的低數值範圍，但在電解水短時高頻震盪方式 (AC-333, AK-3) 清洗，則高達 11.78 % - 21.44 % 的損傷率。九分制的整體接受性的評分亦如前段之結果以鹼性水短時高頻震盪方式 (AK-3333) 清洗得分數最高，而電解水短時高頻震盪方式 (AC-333, AK-3) 清洗的得分數最低 ($p < 0.05$)，而且低於勉強可以接受 5 分的界限，而其他各組之整體接受性均屬可接受的範圍。由此可知青江菜經酸性水短時高頻的震盪清洗後雖無明顯的變化，但經儲藏則顯現其不耐儲藏上的差異。

4.5.4.2 清洗後冷藏小黃瓜之外觀品質的變化

小黃瓜經清洗後經 7 冷藏 7 天後之品質特性如表 4-24 所示，其結果與青江菜之品評結果 (表 4-22) 相似。還是以鹼性水短時高頻震盪方式 (AK-5555) 清洗的儲藏效果最佳，在損傷程度、皺摺 (枯萎)、褐斑及褐色凹陷的產生最少，次佳的處理方式為鹼性水震盪清洗 (AK-5)。而在小黃瓜用震盪方式水洗 15 分鐘 (H₂O-15) 處理對褐斑的產生與電解水交叉震盪清洗 (AC-15, AK-5) 相似，兩者之間沒有顯著差異。但是在電解水交叉震盪清洗 (AC15, AK-5) 的損傷程度、皺摺 (枯萎) 及褐色凹陷皆較 H₂O-15 來的少 ($p < 0.05$)，整體接受性也較水洗佳 ($p < 0.05$)。在六種清洗方式中影響儲藏品質最大者，還是以電解水短時高頻震盪方式 (AC-33333, AK-5) 清洗，整體接受性數值只有 2.26。

表 4-24、電解水清洗對小黃瓜外觀品質感官品評之影響

Table 4-24. Effect of electrolyzed water on the sensory quality of cucumber

Judge factor	A*	B	C	D	E	F
Degree of damage						
Many(1) few(6)**	3.41 ^c	4.38 ^{ab}	4.69 ^a	3.86 ^{bc}	2.26 ^d	2.43 ^d
Wrinkle (withered)						
Many(1) few(6)	3.07 ^b	4.12 ^a	4.62 ^a	4.71 ^a	2.43 ^c	2.05 ^c
Foxiness						
Many(1) few(6)	3.02 ^b	4.29 ^a	4.62 ^a	3.10 ^b	2.88 ^b	3.10 ^b
Brown hollow						
Many(1) few(6)	3.14 ^{cd}	4.05 ^b	4.79 ^a	3.79 ^{bc}	2.76 ^d	2.48 ^d
Overall acceptance**						
Very unacceptable (1) very acceptable (6)	3.31 ^c	4.43 ^{ab}	4.78 ^a	3.93 ^{bc}	2.26 ^d	2.52 ^d

*A : H₂O-15, B : AK-5, C : AK-5555, D : AC-15, AK-5, E : AC-33333, AK-5, F : AC-33333, AK-5(ultrasonic) , washing method followed the description in Table 4-13.

**Ranking score

a, b, c, d Means in column followed by different letters are significantly different (p<0.05).

在品評員實際評比小黃瓜外觀品質之影響百分比，結果如表 4-25。對整顆小黃瓜腐爛百分比，各種的清洗方式之間沒有明顯的差異 ($p < 0.05$)，約只有 3% 潰爛。在皺摺（枯萎）及褐色凹陷百分比以電解水短時高頻超音波方式（AC-33333, AK-5）最嚴重，有 8.42% 及 6.14% 的數值，可能因超音波對表皮細胞組織內的水分產生激盪作用破壞所致。褐斑百分比則以電解水短時高頻震盪清洗（AC-33333, AK-5）方式產生最多。在品評員評估上述的條件後，雖然在清洗後外觀上無明顯缺陷，品評員表示對小黃瓜的整體接受性，以鹼性水短時高頻震盪清洗（AK-5555）方式為最可被接受。電解水短時高頻震盪清洗（AC-33333, AK-5）之方式的整體接受性最差。

表 4-25、電解水清洗對小黃瓜外觀品質之影響百分比

Table 4-25. Effect of electrolyzed water on the appearance quality of cucumber

Judge factor	A*	B	C	D	E	F
Degree of damage (%)						
0% 20%	3.24 ^a	2.24 ^a	2.29 ^a	3.00 ^a	4.05 ^a	3.71 ^a
Wrinkle (withered) (%)						
0% 20%	6.71 ^a	4.76 ^b	3.66 ^b	3.71 ^b	7.71 ^a	8.42 ^a
Foxiness (%)						
0% 20%	5.00 ^{ab}	3.62 ^b	3.62 ^b	5.24 ^{ab}	5.71 ^a	4.67 ^{ab}
Brown hollow(%)						
0% 10%	5.29 ^{ab}	4.14 ^{bc}	3.33 ^c	4.14 ^{bc}	5.43 ^{ab}	6.14 ^a
Overall acceptance**	5.55 ^{cd}	6.50 ^{ab}	6.74 ^a	6.02 ^{bc}	4.69 ^e	4.98 ^{de}

* H₂O-15, B : AK-5, C : AK-5555, D : AC-15, AK-5, E : AC-33333, AK-5, F : AC-33333, AK-5(ultrasonic) , washing method followed the description in Table 4-13.

**9-points scale, 1-very unacceptable, 5-barely acceptable, 9-very acceptable

a, b, c, d, e Means in column followed by different letters are significantly different (p<0.05).

第五章 結論

電解水製造時，在低安培數電解時總產水量雖然增多，但是會降低酸性及鹼性電解水的總氯含量、pH 值及氧化還原電位（ORP）值等特性。在高安培數電解則能產出含氯量較高的酸性電解水。因鹼性電解水儲藏的穩定性不佳，故建議鹼性電解水最好在產水後立即使用，若需暫時存放，必須避免劇烈震盪，並將鹼性電解水存放在密閉玻璃容器、低溫且避光的環境下，於 18 小時內運用。至於鹼性電解水應用於調理食品時的用水，受鹼性電解水的 ORP 值極不穩定的影響，鹼性電解水與食品接觸後會失去其還原電位，並可能因食品種類和比例不同，ORP 值隨之改變。

蔬菜不可長時間浸泡電解水，尤其是酸性電解水隨著震盪清洗時間的增加，會使蔬菜折傷而至品質下降，葉菜類最多只能耐洗 9 分鐘，而果菜清洗 15 分鐘，尚能保持外觀無變化。清洗時間的長短受蔬菜的外表構造及蔬菜組織影響，一旦出現不良的外觀如褐斑或凹陷等情形皆會影響消費者的購買慾望。僅有鹼性電解水的清洗，尚不至於影響蔬菜的外觀品質。

清洗對降低蔬菜微生物的影響方面，一般使用水的清洗並無法有效的降低微生物殘留量，於鹼性電解水的清洗也只有洗淨污物的效果，而無殺菌的效果。酸性電解水因含有次氯酸及氯氣，所以具有殺菌作用。以單獨震盪清洗具有 1.0 - 1.5 Log CFU/g 的殺菌效果，當使用到短時高頻之震盪及超音波方式清洗更能有效的降低微生物含量，其

中又以超音波短時高頻（換水）方式能使蔬菜的生菌數降低達 2.0 Log CFU/g 以上。

在試管試驗中發現，有機磷農藥中的大滅松受鹼性的影響不大，與文獻的敘述有些出入。但酸性電解水在達馬松及大滅松的試管反應中，呈現良好的破壞效果。但電解水運用在蔬菜表面浸泡農藥的清洗上，僅在葉菜類有較佳的清洗效果，其中以小白菜電解水短時高頻震盪清洗（AC333, AK-3）的清除效果最佳；在果菜方面則整體清洗效果較差。再與 3% 的食鹽水及 200 ppm 次氯酸鈉溶液做比較，3% 的食鹽水及 200 ppm 次氯酸鈉溶液對小白菜及小黃瓜浸泡農藥的清除效果並不理想。自耕青江菜及小白菜經農藥噴灑後，再進行清洗，其農藥清除效果比浸泡農藥的方式低，可能因噴藥期間農藥已轉移到組織內部。

蔬菜的品質分析上，雖然電解水的不同條件處理會使某些蔬菜的葉綠素遭受破壞，但是在外觀的肉眼觀察上並無明顯的色澤差異。而經過清洗的處理，維生素 C 的損失隨處理加重而擴大，其中以小白菜維生素 C 的流失較為嚴重，其他蔬菜則沒有嚴重的流失。因此在清除自由基的效果上與葉綠素的破壞與維生素 C 的流失呈現連帶相關。

在青江菜及小黃瓜的外觀品質之感官品評，雖然電解水短時高頻超音波方式（AC-333, AK-3）及（AC-33333, AK-5）在微生物有不錯的清洗效果，而短時高頻震盪方式（AC-333, AK-3）及（AC-33333, AK-5）在農藥有較佳的清除效果，但是對青江菜及小黃瓜的外觀儲藏品質均有不

良的影響。鹼性電解水短時高頻震盪清洗（AK-3333）及（AK-5555）雖能維持青江菜及小黃瓜的儲藏品質，但是對微生物及農藥的清除效果不佳，對加強蔬果的安全性極有限。

除了電解水機的設備不便宜的因素外，電解水的產水成本低，隨開機即能取水，使用起來尚稱方便。因此綜合以上的結果，電解水運用在家庭及餐飲業所用之蔬菜的清洗以流水浸洗應是可行的，但是清洗過後的蔬菜並不利於儲藏，所以建議即時處理即時食用，方可同時兼顧外觀及還原力方面的品質，並清除蔬果表面所殘留的有機磷農藥。至於對其他種類之農藥清除效果，則有待進一步的探討。