

不同預冷方法對葉菜類品質之影響

張祭如¹⁾ 陳貽倫²⁾ 李允中³⁾

摘 要

葉菜類採收後在25°C高溫時，呼吸率高，小白菜達103mg CO₂/kg.hr，韭菜達471.4 mg CO₂/kg.hr；以不同預冷方法使降溫到5°C，水冷需5~6分鐘，強風壓差預冷需20~25分鐘，真空預冷需4~5分鐘；預冷後以塑膠袋包裝，貯藏於5°C可以保存良好品質，且可貯藏約6天，若貯於20°C，貯藏壽命則仍短，品質則下降快。預冷葉菜之葉色、全糖含量，纖維含量顯示比不做預冷的品質保存效果好。

蔬菜採收後應盡量減少受傷，再做預冷處理，對品質及保鮮期會有好的效果；韭菜適合以強風壓差預冷或真空預冷，不適以水冷。小白菜以三種預冷方法均可，視運輸距離及設備費用而定，近郊葉菜類，以水冷及強風壓差預冷較經濟。

關鍵字：葉菜類、水冷、強風壓差預冷、品質。

前 言

葉菜採收後，常因在高溫的環境，導致呼吸率增高，若包裝處理不當，則加速品質劣變及腐爛，為維持蔬菜良好的品質及延長貯運壽命，蔬菜採收後，能盡速將產品冷卻，除去田間熱，降低呼吸速率及所有的生理及生化反應，此過程即為預冷^(1,3,6)。預冷的方法有氣冷、水冷、強風壓差預冷及真空預冷等。基於蔬菜種類不同，蔬菜組織對溫度的反應各異，預冷設備的經濟條件，產品降溫程度及市場的需要性⁽⁷⁾，故有必要試驗及做適當選擇預冷的方法，本試驗即探討小白菜及韭菜採收後，用強風壓差預冷、水冷及真空預冷等方法，比較對品質及保鮮期的影響，評估不同預冷方法的經濟效益，作為今後選擇預冷技術的參考。

1) 桃園區農業改良場研究員

2,3) 國立台灣大學農機系教授

材料與方法

本試驗以小白菜及韭菜為材料，均為台北縣近郊菜農所生產之產品，採收後，以每300g為一束的小包裝，再裝入12kg裝之塑膠籃，即刻運回實驗室進行各項處理及試驗調查。

呼吸速率之測定：將小白菜及韭菜各取約300g，放在5.6l的壓克力製呼吸缸，每處理做兩重複，將呼吸缸封口，以流通式通入空氣⁽⁴⁾，毛細管控制連接在每一呼吸缸之空氣流速，流經呼吸缸的空氣係引自室外的新鮮空氣，先經含高錳酸鉀的淨氣瓶，然後再通入裝有蒸餾水的空氣濕化瓶，將此種空氣通入呼吸缸中，每隔一定時間由呼吸缸的出氣口，用塑膠針筒抽取1ml氣體，以氣相層析儀(Shimadzu Model GC-8AIT)分析二氧化碳，以TCD (Thermal Conductivity Detetor)為檢測器，溫度為60°C，層析管為填充Porapak Q (80-100 mesh)的不銹鋼管(1/8" × 6ft)，管柱溫度為40°C，以氮氣為carrier gas，二氧化碳產生之速率為mg CO₂/kg.hr表示之。

預冷處理，蔬菜包裝方式，以每300g為一束的小包裝，再裝入12公斤裝之塑膠籃中，進行三種不同之預冷處理，以不預冷者為對照。

強風壓差預冷：利用可調速馬達控制風量，求得蔬菜風阻壓降及風量之關係；將蔬菜置入冷藏庫，配合此強風壓差裝置，以熱偶計(Thermocouple)插入蔬菜籃中不同位置，測溫度變化情形，求出風冷溫度下降與時間之關係。

真空預冷：利用一真空室，壓縮冷媒幫浦及抽風馬達，造低壓近似真空的環境，將蔬菜分別裝於塑膠袋打孔及塑膠袋不打孔之袋中，置於真空室中，以熱電偶計插於蔬菜不同位置，測溫度變化情形，求出真空預冷溫度下降與時間之關係。

水冷：利用蓄冰式冰水機，連續製造冰水，並設通氣馬達，將冰水攪動，使預冷之冰水均勻循環散布。將蔬菜置於塑膠籃中，浸入冰水內，以熱偶計插於蔬菜不同位置，測溫度變化情形，求出水冷溫度下降與時間之關係。

品質分析：顏色變化，以色差計(TRI Color LFM3 Color difference meter)測定L.a.b.值。全糖分析：以Colorimetric method, phenol method 定量⁽⁵⁾。粗纖維測定：參考食品分析方法手冊。

調查項目：預冷前後的重量變化，求吸水率或失水率，以塑膠袋包裝及不包裝，置入5 ± 1°C，20 ± 1°C貯藏，調查失水率，顏色變化及品質變化，貯藏期限。

結果與討論

一、葉菜類採收後的生理變化

葉菜類含有約90～95%的水分，採收後在高溫下，蒸散快，失水快，容易萎凋，又因呼吸率高，消耗養分，產生熱量，極易使品質下降，本試驗測得小白菜採收後之呼吸率測定值，在25°C為103mg CO₂/kg.hr，在5°C時為22mg CO₂/kg.hr，韭菜在30°C時為471.4mg CO₂/kg.hr，在5°C時為61.4mg CO₂/kg.hr，高呼吸速率即產生高量CO₂與熱量，產生1mg CO₂相當於2.55卡的熱量，其熱量部份用作維持生命的能源，大部份以熱的方式發散於外，呼吸率愈高的產品，通常衰老與死亡亦愈快，其貯藏壽命及貨架壽命亦愈短，降低呼吸率常可延長產品之貯藏壽命及保存品質⁽³⁾。減緩組

織成分的分解，防止水分蒸散及萎凋，抑制微生物作用，防止腐敗現象發生，因此採收後迅速降溫是極重要的工作⁽²⁾。

二、葉菜以強風壓差預冷風量與蔬菜風阻之關係

由表1及圖1求得蔬菜風阻壓降 = 5028.9 × 風量 - 258.9 (小白菜)

由表2風冷溫度下降與時間之關係

由葉面測定

$$\ln \left(\frac{T - T_a}{T_i - T_a} \right) = 0.3288 + (-0.2266)t$$

T：蔬菜溫度，Ti：蔬菜起始之溫度，Ta：冷風溫度，t：時間

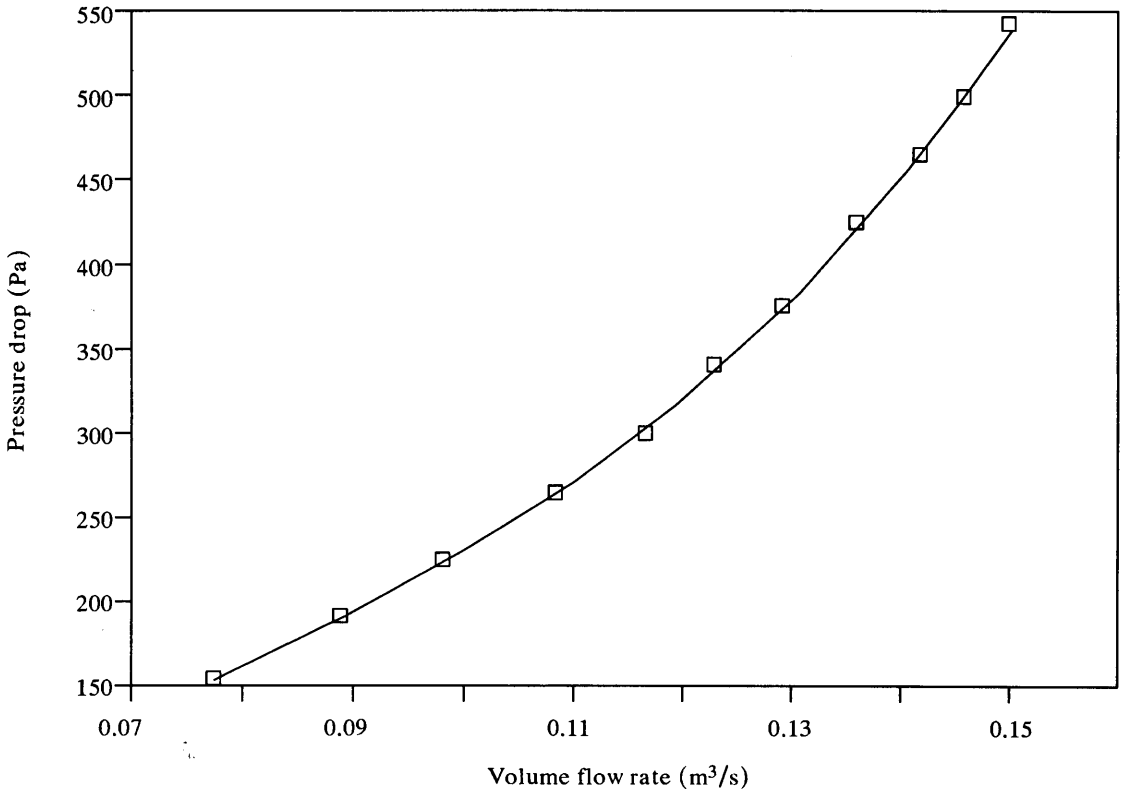


圖1. 小白菜通風阻力壓降與風量之關係

Fig. 1. The relationship of plant pressure drop between total amount of wind flow and wind resistance for Pak-choi

表1.小白菜風量與蔬菜通風阻力壓降之關係

Table 1.The relationship of pressure drop between total amount of wind and vegetable resistance for Pak-choi.

Total wind pressure drop		Pressure drop of wind resistance		Amount of wind
mm liquid	Pa	mm liquid		m ³ /s
170	538.2081	70		0.153289
160	499.7647	65		0.148713
145	461.3212	60		0.142301
132	422.8778	55		0.135586
121	384.4344	50		0.129324
106	345.9909	45		0.121897
95	307.5475	40		0.114591
83	269.1040	35		0.106786
70	230.6606	30		0.098012
57	192.2172	25		0.088371
43	153.7737	20		0.077094

表2.小白菜風冷溫度下降與時間之關係

Table 2. The relationship between plant temperature drop and time of forced air cooling for Pak-choi.

Time(min)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	22.1	18.7	17.7	14.2	17.4	-0.7	15.7	17.2	17.5	17.2
1	15.7	18.3	17.4	14.1	17.3	-0.7	15.8	17.1	16.7	19.2
2	14.4	12.1	16.7	13.9	17.3	2.2	14.3	17.2	16.6	6.3
3	8.1	1.3	15.3	11.2	16.7	0.9	10.7	17.1	13.9	2.6
4	4.8	0.3	13.9	7.8	15.9	0.7	8.9	17.0	10.5	1.1
5	2.8	-0.5	12.4	5.3	14.9	0.2	7.1	16.7	7.3	0.3
6	1.3	-1.2	10.9	3.4	13.8	-0.4	5.7	16.3	5.1	-0.1
7	0.3	-1.5	9.6	2.1	12.6	-0.6	4.3	15.6	3.2	-0.3

1, 2, 4, 9: Surface temperature of leaf

3, 5, 7, 8: Central temperature of stem

6: temperature of wind

10 : temperature of environment

三、真空預冷溫度下降與時間之關係

由圖2顯示，真空冷卻時，溫度的下降斜率很大，即溫度下降速率很快。由表3及圖2可看出，真空預冷時，塑膠袋打孔，冷卻效果較快，而無孔的冷卻時間長，溫度下降曲線較緩。

表3. 小白菜以真空預冷溫度下降與時間之關係

Table 3. The relationship between plant temperature drop and time of vaccum cooling for Pak-choi.

Time (sec)	1	2	3	4	5	6	7	8
0	22	21	20	21	-1	0	21	21
30	22	21	20	21	-1	0	21	21
60	21	21	20	21	-1	0	21	21
90	21	21	20	21	-1	0	21	21
120	21	20	20	21	-1	0	21	21
150	21	20	19	21	-1	0	21	21
180	21	21	19	20	-1	0	21	21
210	21	19	19	19	-1	0	21	21
240	20	18	19	19	-2	0	21	21
270	19	12	19	19	-1	1	21	21
300	17	6	19	18	-1	1	21	21
330	15	2	19	18	-1	2	21	21

1, 3: Central temperature of stem 2, 4: Surface temperature of leaf
 5: Entrance temperature of condensor 6: Exit temperautre of condensor
 7: Wall temperature of vacuum tank 8: Room temperature

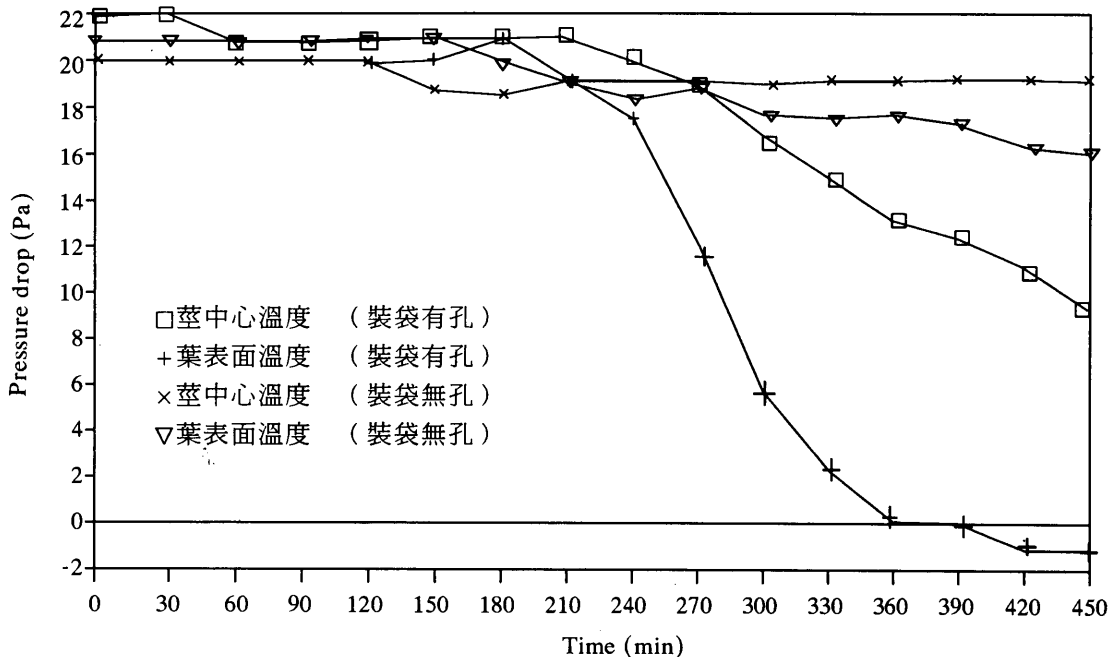


圖2. 小白菜真空預冷溫度下降與時間之關係

Fig. 2. The relationship between temperature drop and time of vaccum cooling for Pak-choi.

四、冰水預冷溫度下降與時間之關係

葉菜類以蓄冰式冰水機作冰水預冷，因為冰水與蔬菜直接交換熱，溫度下降甚快，將蔬菜裝入12公斤裝之塑膠籃，浸入冰水中預冷或以淋浴式預冷，均在4-6分鐘使中心溫度降至4°C，對葉菜類頗適合，降溫快，且短時間處理並不致使蔬菜受傷，而能維持濕度，延緩失水萎凋。

五、不同預冷方法對水分變化之影響

由表4顯示，葉菜類以水冷方式均有吸水現象，尤其小白菜吸水高達11.3-12%，韭菜約5.9%；就葉菜類而言，若水質清潔，在預冷時的少量吸水對貯藏或販賣時降低蒸散作用可減少萎凋；強風壓差預冷，小白菜降溫至6-7°C，須20分鐘，失水率約5.7%；韭菜須25分鐘，失水率約2.0%，稍有萎凋現象。真空預冷，小白菜降至6-7°C須4分鐘，失水率5.6%，韭菜須5分鐘，失水率4.4%，上述三種預冷方法，以真空預冷最快，但操作成本較高。水冷對葉菜類頗為適合，效果好，唯韭菜似乎較易腐爛，可能採收後遭較多的機械傷害所致，再用水處理，而加速其腐爛，以冰水預冷，需多注意水質的清潔，減少污染，淋浴式預冷，使用冰水沖淋蔬菜，水流掉而減少污染，同時可將流掉的水集中，再經消毒過濾尚可繼續使用，效果頗佳。

表4. 小白菜、韭菜不同預冷方法之預冷適時及水分變化

Table 4. The optimum precooling period and plant water change of different cooling methods for Pak-choi and leek.

Precooling method	Pak-choi		Leek	
	Optimum precooling period (min)	Water change (%)	Optimum precooling period (min)	Water change (%)
Hydrocooling	5	+11.3	6	+5.9
Forced air cooling	20	-5.7	25	-2.0
Vacuum cooling	4	-5.6	5	-4.4

六、不同預冷方法及包裝處理對葉菜類失水率、貯藏日數之影響

由表5顯示，葉菜類預冷後，能以塑膠袋包裝及低溫貯放，不但降低失水率亦延長貯藏日數，塑膠袋包裝尚有氣變貯藏(modified atmosphere storage)的效果，改變貯藏環境的氣體組成分，氧濃度降低，二氧化碳濃度升高，對綠色蔬菜的保鮮效果有幫助。預冷處理後的蔬菜，仍需在低溫保存，否則升溫後，對貯藏期限仍無延長的效果。至於葉菜類耐放的情形，與其採收時的狀況有密切關係，氣候條件良好，受傷少的蔬菜，經過預冷後，才有較長的貯藏壽命，若在不良的氣候採收，在田間已有受傷，即使經過預冷處理，其貯藏壽命仍極有限，本次韭菜材料就是在雨季採收，所以處理後，仍舊不耐貯放，尤其放在較高溫時，更易腐爛。

表5. 小白菜、韭菜不同預冷方法及包裝處理對失水率、貯藏日數之影響

Table 5. Effect of different precooling methods and storage temperatures on water loss and storage period for Pak-choi and leek.

Precooling method	Storage temperature	Package	Pak-choi		Leek	
			Water loss (%)	Storage period (days)	Water loss (%)	Storage period (days)
Hydrocooling	5°C	PE	0.20	6	1.19	4
		NPE	7.60	4	4.01	2
	20°C	PE	0.20	3	1.13	1
		NPE	7.80	2	5.11	1
Forced air cooling	5°C	PE	0.10	6	0.99	4
		NPE	10.20	3	6.45	2
	20°C	PE	0.40	3	1.50	1
		NPE	6.80	2	4.57	1
Vacuum cooling	5°C	PE	0.10	6	1.33	5
		NPE	15.01	4	3.06	1
	20°C	PE	0.28	3	0.82	1
		NPE	18.95	2	4.92	1
Control	5°C	PE	0.10	5	0.23	4
		NPE	12.00	2	2.96	2
	20°C	PE	1.13	2	0.94	1
		NPE	13.25	1	5.78	1

PE: with PE bag package NPE: without PE bag package

Thickness of PE bag 0.02mm

七、不同預冷方法及貯藏溫度對葉菜類顏色及品質之影響

由表6顯示，蔬菜預冷後，若貯於5°C之低溫，其綠色降低率較低，若貯於20°C則綠色降低率較高，小白菜以真空預冷，強風預冷及水冷均較對照者有顯著的優良效果，韭菜以水冷，強風預冷及真空預冷，效果亦均比對照者好，由表7顯示，預冷後，貯藏在20°C時，糖分降低較5°C者快，預冷者均比不預冷者變化較慢，然不同預冷處理間，水冷糖分降低較多，氣冷與真空預冷差異不顯著。粗纖維含量之變化，亦是高溫者增加稍快，低溫貯藏對纖維素增加較緩。

表6.小白菜、韭菜不同預冷方法及貯藏溫度對顏色降低之影響

Table 6. Effect of different precooling methods and storage temperature on degreening rate for Pak-choi and leek.

Precooling method	Storage temperature	Pak-choi ¹⁾	Leek ²⁾
		Rate of degreening (%)	Rate of degreening (%)
Hydrocooling	5°C	14.8	3.3
	20°C	21.6	7.2
Forced air cooling	5°C	5.6	5.9
	20°C	25.8	15.1
Vacuum cooling	5°C	2.3	4.1
	20°C	18.8	14.9
Control	5°C	29.2	14.1
	20°C	40.3	26.9

1) Stored in 5°C for 6 days, stored in 20°C for 3 days

2) Stored in 5°C for 4 days, stored in 20°C for 1 day

$$\text{Rate of degreening} = \frac{|\text{a value of initial}| - |\text{a value of final storage}|}{|\text{a value of initial}|} \times 100\%$$

表7.小白菜、韭菜不同預冷方法及貯藏溫度對品質之影響

Table 7. Effect of different precooling methods and storage temperature on quality of Pak-choi and leek.

Precooling method	Storage temperature	Pak-choi ¹⁾		Leek ²⁾	
		Total sugar (%DW)	Crude fiber (%DW)	Total sugar (%DW)	Crude fiber (%DW)
Hydrocooling	5°C	7.5	14.7	20.8	13.8
	20°C	6.9	15.2	20.4	14.1
Forced air cooling	5°C	8.6	14.3	23.1	15.7
	20°C	8.0	15.4	22.8	16.2
Vacuum cooling	5°C	9.4	11.4	23.5	14.6
	20°C	8.1	12.9	21.4	15.5
Control	5°C	7.2	14.9	20.2	14.8
	20°C	6.7	15.1	19.1	15.4
Initial ³⁾		10.1	12.3	23.6	11.5

1) Stored in 5°C for 6 days, stored in 20°C for 3 days

2) Stored in 5°C for 4 days, stored in 20°C for 1 day

3) Initial was the day sampling.

綜合上述之試驗結果，真空預冷之速率較強風壓差預冷快，對品質保存亦較好，惟設備費及操作費用較高，對於易遭水傷之蔬菜，還是值得考慮使用；至於水冷，對於葉菜類亦頗為適合，冷卻速度快，不易失水，惟須注意水質清潔，避免污染，在近郊葉菜類預冷，是值得推介此冰水預冷。預冷的蔬菜原料，必須減少受傷，且預冷後仍應低溫輸送與販賣，對品質保存才有好的效果，這種作業系統，很適合目前直銷超市的蔬菜採用。至於傳統市場販賣預冷的蔬菜，最好還是視銷售量決定進貨量，否則在常溫時，蔬菜壽命仍很短，以當天售完最好。

誌 謝

本計畫承行政院農業委員會 78 農建-7.01-糧-30 計畫經費補助及台大園藝系王教授自存借用冷藏庫及儀器，特此一併申謝。

參考文獻

1. 陳貽倫。1984。蔬菜預冷。中國農業工程學報 30(1):41-53.
2. 陳貽倫、蔡慶隆。1984。荔枝收穫後不同處理方式對其失重褐化之影響。中國農業工程學報 30(4): 125-132.
3. 劉富文。1994。園產品採收後處理及貯藏技術。台灣省青果運銷合作社印行 p.13-15。
4. Claypool, L. L. and R. M. Keefer. 1942. A colorimetric method for CO₂ determination in respiration studies. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 40:178-186.
5. Dubois, M., K. A. Gilles, J. K. Himilton, P. A. Rebers, and F. Smith. 1956. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. Anal. Chem. 28: 350-356.
6. Kasmire, R. F. 1985. Cooling Horticultural Commodities In: Postharvest Technology of Horticultural crops. (ed. Kader A. A.). Agric. and Natural Resources Pub., Div. of Agric. and Nat. Res., Univ. of Calif. Berkerley, 192 pp.
7. Ryall A. L. and W. T. Pentzer. 1974. Cooling rate, handling, transportation and storage of fruits and vegetables. Vol. 2. The AVI publishing company, INC. p. 306-309.

Effect of Different Cooling Method on the Quality of Leafy Vegetables

Tsan-ru Chang, I-luen Chen and Yun-chung Lee

Summary

The respiratory rate of leafy vegetable were strong under high temperature (25°C). The rate was 103 mg CO₂/kg.hr for Pak-choi, while 471.4 g CO₂/kg.hr for leek. By using different cooling methods to cool down to 5°C, it needed 5-6 minutes by hydrocooling, 20-25 minutes by forced air cooling and 4-5 minutes by vacuum cooling. After precooling, the vegetables were packaged with plastic film and stored under 5°C. They could keep good quality for 6 days, but shorten the storage period and changed quality if they were stored in 20°C. In comparing non-precooling, the precooling treatment could keep better quality, higher total sugar content and lower fiber content.

Vegetables treated with precooling could keep good quality and prolong the storage period. Leek was suitable to use vacuum cooling and forced air cooling, but not suitable for hydrocooling. Pak-choi was suitable for the above three methods depended on transportation distance and the cost of feasibility. Hydrocooling and forced air cooling were suitable for suburb leafy vegetables.

Key words: Leafy vegetables, Hydrocooling, Forced air cooling, Quality.