

野菜の貯蔵中における pH, 酸, ビタミンC, クロロフィルおよび色の变化について

斉藤芳枝 吉原富子

(昭和54年9月18日受理)

The Changes of pH, Acids, Vitamin C, Chlorophyll and Colors of Vegetables during Storage

Yoshie SAITO and Tomiko YOSHIHARA

(Received September 18, 1979)

緒言

前報¹⁾では野菜の貯蔵中におけるアミノ酸および糖の変化について報告したが、本報は貯蔵条件を同じにして貯蔵中における pH, 酸, ビタミンC, クロロフィルおよび色の变化について検討したものである。

研究方法

1. 試料

市販の新鮮なにら, ほうれんそう, こまつな, かぶ葉, だいこん葉, 青しそ, パセリ, みつば, にんじんおよびトマトの10種類の野菜を用いた。

2. 貯蔵条件

前回同様に行なった。すなわち試料をポリエチレン包装し, 室温貯蔵区 (25°C—28°C) と低温貯蔵区 (冷蔵庫下段ケース, 5°C—10°C) の2区とした。

3. pHの測定

試料を乳鉢のなかで摩砕して水を加え10倍希釈液をつくり, 東亜電波工業ガラス電極 pH メーター型HM-5 A型を用いて測定した。

4. 酸の測定

日本農林規格の測定法²⁾に従い10倍希釈液について0.1 N 水酸化ナトリウム溶液で滴定しクエン酸として算出した。

5. ビタミンCの定量

還元型ビタミンCと総ビタミンCをインドフェノール法³⁾により定量した。

6. クロロフィルの定量

クロロフィルの定量はA. O. A. C. 法⁴⁾により行なった。すなわち試料 1~5g を精秤し, 80°C 熱湯に3分間浸して, クロロフィルを破壊する酵素を不活性にし, その試料に冷えた蒸留水をかけ熱をおさえてから乳鉢のなかに移し炭酸カルシウム 2g と海砂を少量加えて軽く短時間ですりつぶし, 組織がつぶれたところで最終濃度が85%になるようアセトンを加えた。色素が十分抽出されたところで遠心分離 (3000 rpm, 15分) によって抽出液と残渣に分け, 残渣には再び85%アセトンを加え遠心管での抽出をくり返し色素を完全に抽出した。さらにエチルエーテル層に色素を移行させ, 脱水, 定容としたものにつき 660 nm と 642.5 nm における吸光度を求め, Comar の式によってクロロフィル a, b を算出した。

7. 色の測定

各野菜の葉および10倍希釈液, にんじんは各部位 (内側, 中央, 外側) につき日本電色工業カラースタジオCS-K 5型を用いてL (明度), a (彩度), b (色相) 値を測定し, 対照との色差 $\Delta E = \sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2}$ を計算した。

研究結果および考察

1. 試料の10倍希釈液の pH を測定した結果は Table 1 に示した。

Table 1 により試料10倍希釈液は, にら, トマトを除いて微酸性 (pH 5.8~6.6) でにはやや高く pH 7.2, トマトは反対に pH 4.3 であった。貯蔵中の変化をみると室温貯蔵区では, いずれも対照と比較し変化はない。また低温貯蔵区では, これも対照と比較し大きな変化はみられなかった。

2. 試料の室温および低温貯蔵区における酸を定量し

Table 1. Changes of pH and acids in vegetables during storage

Kinds of Vegetables	Temperature Days	pH						Acids (%)						
		Room			Ice box			Room			Ice box			
		Control	3	5	8	3	5	8	Control	3	5	8	3	5
Leek	7.2	6.9	—	—	7.2	7.2	6.7	0.94	1.79	—	—	1.35	1.30	7.04
Spinach	6.6	6.5	6.8	7.7	6.7	7.2	7.5	1.54	1.78	3.70	5.05	1.46	1.50	1.75
Komatsuna	6.3	—	—	—	6.2	6.2	6.3	1.49	2.32	2.45	2.45	1.83	1.38	1.50
Turnip greens	6.3	6.0	6.1	—	6.3	6.2	6.0	1.31	0.99	3.10	3.10	1.38	2.20	2.27
Japanese radish greens	5.9	6.6	8.1	—	5.9	6.1	6.6	1.54	1.22	0.85	0.86	1.52	1.71	2.01
Perilla (green leaves)	6.3	6.7	6.7	6.4	6.6	6.8	6.6	1.67	1.27	1.06	1.13	1.50	0.98	1.24
Japanese honey wort	5.8	5.7	5.8	5.8	5.7	5.9	5.8	2.74	2.30	2.02	4.67	1.18	2.89	3.46
Parsley	5.9	5.7	5.6	6.1	5.8	5.9	6.1	2.43	3.08	4.20	5.68	2.41	2.93	4.92
Carrot	6.2	6.2	4.5	6.4	6.3	6.3	6.6	1.02	1.12	1.10	0.99	1.02	1.02	0.91
Tomato	4.3	4.3	6.3	4.6	4.3	4.4	4.4	4.38	3.78	3.42	2.88	4.42	4.27	3.65

Table 2. Changes of vitamin C and chlorophyll in vegetables during storage

Kinds of Vegetables	Vitamin C (mg%)												Chlorophyll (mg%)									
	Room						Ice box						Room				Ice box					
	Control		3	5	8	3	5	8	3	5	8	3	5	8	3	5	8					
	T.V.C	R.V.C	T.V.C	R.V.C	T.V.C	R.V.C	T.V.C	R.V.C	T.V.C	R.V.C	T.V.C	R.V.C	T.V.C	R.V.C	a,b	Control	3	5	8	3	5	8
Leek	32.9	30.4	30.6	21.9	24.0	20.1	23.0	21.2	32.7	22.8	30.9	20.9	29.0	24.4	a	5.27	3.09	—	—	4.11	3.21	2.77
														b	1.70	2.45	—	—	1.20	1.32	1.06	
Spinach	109.5	81.0	30.3	15.6	29.2	15.0	26.5	17.1	80.6	56.9	44.4	43.8	28.6	29.4	a	6.73	7.69	4.82	5.06	10.00	8.71	7.77
														b	2.39	3.11	2.22	2.08	3.41	2.81	3.21	
Komatsuna	87.6	84.3	82.9	39.6	53.1	9.0	—	—	84.5	45.8	56.4	15.8	18.0	8.4	a	6.71	3.44	2.75	4.21	6.64	2.50	5.89
														b	3.64	1.44	1.19	1.92	2.71	1.87	1.89	
Turnip greens	38.0	31.7	30.4	18.9	22.7	13.8	—	—	35.2	26.9	18.8	17.5	15.0	7.9	a	8.02	6.24	5.58	2.10	7.69	7.99	7.12
														b	3.05	2.50	2.09	6.00	3.23	3.01	2.92	
Japanese radish greens	74.3	31.8	14.3	9.5	9.4	2.5	—	—	24.5	13.3	8.3	3.6	8.8	2.6	a	7.81	3.18	6.29	—	7.43	5.87	4.76
														b	3.66	1.00	2.99	—	3.70	2.91	2.25	
Perilla (green leaves)	105.4	84.0	30.6	20.6	15.4	13.9	14.9	1.9	41.3	37.6	18.0	16.4	16.4	2.2	a	14.52	12.14	13.41	10.68	11.50	13.44	12.13
														b	6.55	5.64	6.36	5.30	4.81	6.50	6.27	
Japanese honey wort	72.3	21.0	23.3	5.5	15.0	7.3	10.6	3.9	20.5	17.3	13.6	6.3	19.4	8.1	a	9.75	8.71	9.03	7.12	8.63	7.87	10.55
														b	4.00	3.00	2.88	2.70	3.09	2.71	4.33	
Parsley	161.9	124.5	83.9	7.3	52.3	42.4	39.5	23.8	201.7	77.1	144.0	65.1	100.1	89.0	a	11.63	10.55	3.69	1.95	10.55	3.70	1.95
														b	4.70	4.21	1.42	0.89	4.22	1.42	0.89	
Carrot	7.0	4.5	10.4	3.3	8.6	2.6	11.2	3.0	8.1	3.4	9.6	6.0	9.3	4.4	T.V.C ; Total Vitamin C							
Tomato	27.6	12.3	9.4	6.0	9.6	4.3	9.1	4.8	15.4	16.1	16.4	8.1	18.6	7.4	R.V.C ; Reduced Vitamin C							

Table 3. Changes of color-differences (ΔE) in vegetables during storage

Kinds of Vegetables	Days	Room								Ice box								Kinds of Vegetables	Days	Room								Ice box																																																																																																										
		Decoction				Leaves				Decoction				Leaves						Decoction				Leaves				Decoction				Leaves																																																																																																						
		L	a	b	ΔE	L	a	b	ΔE	L	a	b	ΔE	L	a	b	ΔE			L	a	b	ΔE	L	a	b	ΔE	L	a	b	ΔE	L	a	b	ΔE																																																																																																			
Leek	Control	2.9	-4.0	5.3		21.3	-1.2	3.3		12.9	-4.0	5.3		21.3	-1.2	3.3		Perilla (green leaves)	Control	13.6	-2.4	4.0		23.2	-1.9	4.3		13.6	-2.4	4.0		23.2	-1.9	4.3		3	13.1	-2.2	4.8	6.2	22.2	-2.8	4.6	2.2	12.8	-3.9	5.1	0.0	21.8	-2.4	3.4	1.3	3	14.0	-4.2	5.6	28.4	34.2	-4.1	6.4	11.4	15.0	-5.2	6.4	4.9	36.2	-4.1	6.0	13.4	5	22.3	3.8	27.4	24.3	45.4	2.2	23.0	21.0	31.9	3.8	17.0	21.4	42.5	3.3	21.6	18.4	8	12.6	1.2	4.1	26.8	35.8	-4.2	4.7	21.3	12.6	0.7	4.1	23.2	39.5	-7.0	9.4	16.2																															
	3	15.3	-5.4	6.9		23.1	-2.5	5.0		15.3	-5.4	6.9		23.1	-2.5	5.0			Japanese honey wort	Control	12.8	-2.8	4.0		30.9	-7.9	12.2		12.8	-2.8	4.0		30.9	-7.9	12.2		3	14.2	-4.8	5.8	1.7	23.2	-2.0	3.9	1.2	13.7	-3.3	4.9	4.4	23.7	-2.4	4.2	2.0	3	13.4	-3.5	4.8	1.2	43.6	-6.4	13.7	12.7	12.9	-4.9	4.3	2.9	45.2	-6.3	13.7	14.3	5	13.3	-2.0	2.2	4.7	26.0	-2.2	6.0	5.1	13.0	-4.1	5.4	1.2	23.0	-2.3	4.4	2.3	5													8																	8																
	5	14.5	-5.9	5.7		24.3	-2.4	3.3		14.5	-5.9	5.7		24.3	-2.4	3.3				Parsley	Control	13.4	-4.7	4.5		44.5	-6.9	0.8		13.4	-4.7	4.5		44.5	-6.9	0.8		3	14.0	-6.3	6.6	1.1	25.2	-2.7	3.5	0.3	14.4	-6.1	6.9	1.2	24.3	-2.3	4.2	0.3	3	15.5	-6.1	7.1	4.8	33.2	-0.9	11.3	16.5	14.4	-6.1	5.0	2.2	0.3	-5.7	15.1	46.5	5	15.3	-4.5	5.5	2.8	2.5	-2.4	4.4	1.1	14.4	-4.5	5.9	1.9	24.3	-2.4	3.7	0.2	5													8																																
	8	10.3	-8.0	8.9		30.6	-7.8	12.7		10.3	-8.0	8.9		30.6	-7.8	12.7					Carrot	Control	46.5	-8.0	17.7						46.5	-8.0	17.7						3	10.8	-4.2	6.5	4.9	42.0	-6.6	13.0	12.8	10.5	-5.2	6.7	3.5	41.8	-7.1	12.0	11.3	3	22.3	-1.1	6.1	27.3					24.1	-1.3	7.5	25.4	5	34.0	-13.3	17.2	8.8	49.9	-9.4	14.6	8.5	31.9	-19.0	18.4	28.2	41.2	-10.7	16.6	5.3	5	10.3	1.7	6.5	12.3					11.3	1.3	7.2	13.6	8																																			
greens	8									16.2	-6.8	7.4	22.9	24.0	-2.7	4.2	21.2	8				27.2	2.2	9.0	17.3					19.0	1.3	5.8	8.9	8	27.2	2.2	9.0	17.3																																																																																																
Japanese radish greens	Control	16.6	-5.6	6.1		23.6	-1.8	3.4		16.6	-5.6	6.1		23.6	-1.8	3.4		Tomato	Control			42.8	9.9	9.5						42.8	9.9	9.5						3	14.7	-4.5	6.8	11.4	49.3	-5.8	14.8	28.2	14.2	-4.5	6.4	2.7	42.0	-6.2	8.6	19.6	3	29.5	14.1	8.5	14.0					21.2	11.2	7.8	21.4	5	22.6	3.0	38.1	34.3					23.0	2.6	31.2	27.3	31.2	2.2	21.1	18.5	5	25.8	21.7	8.0	8.5					34.7	12.2	4.2	14.2	8																																				
	3	16.6	-5.6	6.1		23.6	-1.8	3.4		16.6	-5.6	6.1		23.6	-1.8	3.4			Control	42.8		9.9	9.5						42.8	9.9	9.5						3	14.7	-4.5	6.8	11.4	49.3	-5.8	14.8	28.2	14.2	-4.5	6.4	2.7	42.0	-6.2	8.6	19.6	3	29.5	14.1	8.5	14.0					21.2	11.2	7.8	21.4	5	22.6	3.0	38.1	34.3					23.0	2.6	31.2	27.3	31.2	2.2	21.1	18.5	5	25.8	21.7	8.0	8.5					34.7	12.2	4.2	14.2	8																																					
	5	16.6	-5.6	6.1		23.6	-1.8	3.4		16.6	-5.6	6.1		23.6	-1.8	3.4			Control	42.8	9.9	9.5						42.8	9.9	9.5						3	14.7	-4.5	6.8	11.4	49.3	-5.8	14.8	28.2	14.2	-4.5	6.4	2.7	42.0	-6.2	8.6	19.6	3	29.5	14.1	8.5	14.0					21.2	11.2	7.8	21.4	5	22.6	3.0	38.1	34.3					23.0	2.6	31.2	27.3	31.2	2.2	21.1	18.5	5	25.8	21.7	8.0	8.5					34.7	12.2	4.2	14.2	8																																						
	8	16.6	-5.6	6.1		23.6	-1.8	3.4		16.6	-5.6	6.1		23.6	-1.8	3.4			Control	42.8	9.9	9.5						42.8	9.9	9.5						3	14.7	-4.5	6.8	11.4	49.3	-5.8	14.8	28.2	14.2	-4.5	6.4	2.7	42.0	-6.2	8.6	19.6	3	29.5	14.1	8.5	14.0					21.2	11.2	7.8	21.4	5	22.6	3.0	38.1	34.3					23.0	2.6	31.2	27.3	31.2	2.2	21.1	18.5	5	25.8	21.7	8.0	8.5					34.7	12.2	4.2	14.2	8																																						

野菜の貯蔵中におけるPH, 酸, ビタミンC, クロロフィルおよび色の変化について

た結果を同じく Table 1 に示した。

Table 1 によると、野菜の種類により違いがあるが対照はトマトがもっとも高く4.38%、にらがもっとも少なく0.94%、みつば、パセリでは2.5%前後であった。室温貯蔵区ではにらは、5日後より測定不可能であったが、だいこん葉、青しそ、にんじん、トマトでは減少がみられ、他は増加の傾向がみられた。低温貯蔵区では、にらが8日後に増加したほかは、ばらつきはあるが、3日、5日後まで全体として大きな変化はみられなかった。野菜中のしょ糖含量、その転化あるいは酸生成速度などの条件が関係していると思われる。

3. 試料の室温および低温貯蔵区におけるビタミンC量、クロロフィル量の変化を Table 2 に示した。

ビタミンC量は貯蔵によって減少し、品質、栄養成分に著しい影響があることは多く報告⁵⁻⁹⁾ されているが、本実験結果でも還元型ビタミンC量、総ビタミンC量ともに室温貯蔵区では、3日後で約対照の1/3くらいの値になり、それ以上減少した試料もあった。だいこん葉ではビタミンC残存率7.9%、青しそでは2.3%であった。

低温貯蔵区では同じ貯蔵日数でも室温貯蔵区と比較して多く残存し(対照の1/2量)、8日後でもビタミンC残存率は、パセリ69.6%、トマト48.1%とよい値を得た。同じく Table 3 のクロロフィル量の変化についてみると、実験結果からクロロフィル量の全体の傾向はクロロフィル a, b, とともに経時的には減少がみられたが、しかし低温貯蔵区では減少度が抑制された。野菜10種類のクロロフィル量の残存率は、aについては平均値が76.8%で低温貯蔵区がより安定していた。品質を経時的にみると、室温貯蔵区のもは、全体的に購入時よりも急激に緑色がうすれ、それとともにaが減少し、bが増大した。また低温貯蔵区は、短期間貯蔵であったためもあり外観的に、ほとんど購入時と変化がなく品質を保持していた。

4. 試料の室温および低温貯蔵区における各野菜の葉の表面色および10倍希釈液の色差について測定した結果は Table 3 のとおりであった。

室温貯蔵区においてにらの葉は5日後で目立つ程度であった。にらの10倍希釈液は3日後対照との色差が目立っており低温貯蔵区では、かすかではあるが5日後で感

Table 4. Changes of color-differences (ΔE) of Carrot in each section during storage

Section	Days	Room				Ice box			
		L	a	d	ΔE	L	a	b	ΔE
Inside	Cotrol	55.3	6.6	18.6		55.3	6.6	18.6	
	3	31.5	2.6	18.2	24.8	56.5	4.1	24.1	6.2
	5	44.7	2.4	11.8	14.7	47.4	4.4	15.9	12.2
	8	47.8	2.5	9.3	3.9	45.0	5.7	13.4	3.7
Center	Control	51.7	11.7	19.5		51.7	11.7	19.5	
	3	58.2	23.1	29.4	16.4	55.1	10.7	27.8	9.6
	5	56.5	21.0	23.1	6.9	55.7	10.3	26.2	1.7
	8	51.1	22.2	23.0	5.6	48.9	12.6	10.8	9.3
Outside	Control	53.9	8.5	20.9		53.9	8.5	20.9	
	3	51.5	18.5	26.5	11.7	46.5	13.0	21.5	9.3
	5	53.0	19.8	23.9	3.9	40.2	16.6	23.7	9.2
	8	30.0	12.7	16.1	25.3	40.7	8.0	18.3	10.1

知できる程度であった。また、ほうれんそう、こまつな、パセリ、みつばもにらとほぼ同様の結果であった。また、しそ、だいこん葉は貯蔵期間中色差が大きくなった。にんじん、トマトでは葉菜類と違って貯蔵期間中の色差が大きくなった。そこでにんじんの各部位による色差を Table 4 に示した。

にんじんの内側、中央、外側の色差は各部位でそれぞれ違っており、室温貯蔵区の中央では a (彩度) 値が高く、b (色相) 値も高くなっている。色差は室温貯蔵区において 3 日目で非常に大きく低温貯蔵区では室温ほどではなかった。

要 約

市販野菜10種の貯蔵中における pH, 酸, ビタミンC, クロロフィルおよび色の变化について検討した結果を要約すると次のようになる。

- 1) 各野菜の pH は、対照においてにら (pH 7.2), トマト (pH 4.3) を除いて微酸性 (pH 5.8~6.6) であった。貯蔵中は対照と比較し大きな変化はみられなかった。
- 2) 各野菜の酸度について、室温貯蔵区ではだいこん葉、青しそ、にんじんおよびトマトで減少がみられ低温貯蔵区では、にらが 8 日後に増加したほかは全体として大きな変化はみられなかった。
- 3) 野菜類は、灰分の反応からいえばアルカリ性食品であるが浸出液は微酸性であった。この理由として、浸出液中には有機酸、ビタミンCなど存在するためと考えられる。
- 4) ビタミンC量は、還元型ビタミンC、総ビタミンC量ともに低温貯蔵区の残存率が高いことが確認できた。

5) 貯蔵中、経時的にはクロロフィルの減少が認められたが低温貯蔵区のほうが減少度が抑制された。

6) 色および色差を測定することによって、野菜の鮮度を知ることができればと考えられたが今回の実験ではできなかった。さらに追究する必要がある。

7) クロロフィル量と色差は、低温貯蔵区においてクロロフィルの分解が抑制されているためと考えられ、外観の緑色の退色が緩慢であったという現象と同傾向であった。

謝 辞

本研究を行なうにあたり、ご指導をいただきました本学栄養学科長津郷友吉教授に深く感謝いたします。

文 献

- 1) 斉藤芳枝, 細田裕子, 畑山富子: 東京家政大学研究紀要, **15**, 33 (1975)
- 2) 日本農林規格: 農林省告示第1335号, 昭和 46 年 8 月 3 日
- 3) 小原哲二郎, 鈴木隆雄, 岩尾裕之: 食品分析ハンドブック, 建帛社, 東京 (1969) p. 301
- 4) *Association of Official Analytical Chemists*, 11th ed., William Horwitz (Editor), Washington, D. C., 1970, p. 52
- 5) 高間総子ら: 栄養と食糧, **26**, 10 (1973)
- 6) 斉藤進, 狩野総子: 栄養日本, **20**, 10 (1975)
- 7) 斉藤進ら: 栄養誌, **28**, 233, (1970)
- 8) 狩野総子, 斉藤 進: 農大農報, **13**, 68 (1968)
- 9) M. Hudson: *J. Food Technol.*, **12**, 427 (1977)