半乾燥キャベツの保存中における遊離アミノ酸、 ビタミンCおよび一般細菌の変化

八木 昌平^{*1§}・枝川 正樹^{*1}・乙黒 親男^{*2}
原 宏佳^{*1}・金子憲太郎^{*1}

* 1 日本獣医応用生命科学大学

* 2 山梨県工業技術センター

Changes in Free Amino Acid and Vitamin C Contents and Viable Bacterial Count of Half-Dried Cabbage during Preservation

YAGHI Shouhei^{*1§}, EGAWA Masaki^{*1}, OTOGURO Chikao^{*2},
HARA Hiroyoshi^{*1} and KANEKO Kentaro^{*1}

* 1 *Faculty of Applied Life Science, Nippon Veterinary and Life Science University*
2-27-5, Sakai, Musasino-shi, Tokyo 180-0022

* 2 *Comprehensive Research Organization for Science and Technology Yamanashi Prefectural Government*
2094, Out-machi, Koufu, Yamanashi 400-0055

We propose that half-dried cabbage is a very useful processed form of cabbage, because the appearance of its rehydrated form is almost the same as those of fresh cabbage; moreover, its microbial count showed no increase over a 3-week preservation, its γ -amino butyric acid content tended to increase, and its vitamin C was held constant. To produce half-dried cabbage, shredded cabbage was dehydrated up to 70% its original weight by vacuum drying at 50 hpa at 50°C. The dried cabbage was stored at -2 and 5°C. During 3 weeks of preservation, we analyzed the free amino acid and vitamin C contents of the cabbage once a week. We also measured the total bacterial and coliform counts, as well as the rehydration ratio of the sample immersed in water. The rehydration ratios of the dried cabbage samples preserved at 5 and -2°C decreased by 12.7% and 14.9%, respectively, after 3 weeks. The dried sample stored at -2°C did not freeze even with more than 2 weeks of preservation, and the rehydrated form of this sample hardly differed from fresh cabbage in appearance. Throughout the storage at both 5 and -2°C, the content ratio of glutamic acid to total amino acid decreased and that of γ -amino butyric acid content to total amino acid increased even though total amino acid content showed no change. Total vitamin C content seemed to remain unchanged, and the content ratios of both ascorbic acid and dehydroascorbic acid to vitamin C hardly varied throughout the preservation. The total bacterial and coliform counts of the dried sample hardly changed during preservation at both 5 and -2°C.

(Received May 9, 2007; Accepted Nov. 28, 2007)

Key words : half-dried cabbage, free amino acids, vitamin C contents, total bacterial count, coliform count
半乾燥キャベツ, 遊離アミノ酸, ビタミンC含量, 一般生菌数, 大腸菌群数

金子, 八木ら^{1),2)}は, ハクサイとキャベツは低温蒸気 (100°C以下) で加熱するとペクチン質の性状が変わり, そのことに由来する硬化現象が起こることを報告した。また, グルタミン酸が減少し γ -アミノ酪酸の増加するこ

とも述べた。さらに, *E. coli*の培養液に浸漬後, 60°Cの蒸気で5分間加熱したブロッコリーは*E. coli*が陰性になったことも併せ報告した。

金子は低温蒸気での加熱工程に常圧または減圧下での

* 1 〒180-0022 東京都武蔵野市境 2-27-5

§ 連絡先 (Corresponding author) E-mail: shou@nvlu.ac.jp

* 2 〒400-0055 山梨県甲府市大津町2094

低温乾燥工程を連続させた技術を低温蒸気加熱加工法として提案した^{1)~4)}。当該加工法は物質転換を伴う低温蒸気加熱処理の工程と物理的転換の工程である低温乾燥を連続させた新技術である。岐阜全農の岐阜アグリフーズ(株)は低温蒸気加熱加工法による製造実機を敷設した野菜工場を設立し現在はカット野菜、半乾燥野菜、乾燥野菜、調味野菜、冷凍調味野菜を製造出荷している。半乾燥野菜は殺菌・洗浄または低温蒸気での加熱処理後に減圧または常圧で加熱乾燥することにより水分を一部除去した加工品であり、凍結しにくく、0℃以下での保存が可能である。本報では殺菌・洗浄後に減圧下で歩留り70%の半乾燥状態にしたキャベツの保存中における遊離アミノ酸、ビタミンCの変化を検討した。また、その保存性を一般生菌数と大腸菌群の変化から検討した。

実験方法

1. 供試キャベツ

2006年の9～11月に東京都武蔵野市の野菜販売店から購入したキャベツ (*Brassica oleracea* L. var. *capitata* L.) を用いた。

2. キャベツの成型と洗浄

約2mm幅の千切りキャベツを20倍量のpH 6.0 (酢酸で調製)、次亜塩素酸ナトリウム溶液 (NaClO溶液、有効塩素濃度150 ppm) に5分間浸漬してから流水中で5分間水洗後に簡易脱水器 (パール金属(株)、東京) で2分間脱水した。

3. 減圧加熱乾燥

殺菌・洗浄・脱水した千切りキャベツを、30 hpa、50℃に調整した真空乾燥機 (VOS-300 VD型、東京理化機器(株)、東京) で歩留り60および70%まで乾燥し、これらを半乾燥キャベツとした。試料300～400 gを処理した際の乾燥時間は3～4時間であった。

4. 保存方法

試料をポリプロピレン製の平袋に充填・シールしてから、5および-2℃に保存した。5℃保存は冷蔵庫 (RT-150 SDC-ML型、ホシザキ電機(株)、東京)、-2℃保存は恒温器 (LTI-700型、東京理化機器(株)、東京) で行った。保存温度の-2℃はキャベツの水結点が、-1.3～-2.2℃であるとの報告⁵⁾を参考に設定した。

5. 復元率の測定と透明感の評価

半乾燥キャベツを生鮮物換算重量の4倍量の蒸留水に浸漬した。ときどき攪拌しながら10～20分間放置した後脱水器で水切りしてから重量を測定した (復元重量)。半乾燥キャベツは通常の乾燥野菜とは異なり、水分の一部除去に過ぎない。そのために、復元率は、生鮮物に対する比率で表したほうがよいと考え、供試半乾燥試料の復元重量を供試半乾燥キャベツの生鮮物換算重量に対する割合で表した (復元率=復元重量/供試試料の生鮮物換算重量×100)。本研究は水戻した後に生野菜と同様な形で利用を目的にしているため、「透明感」は外観

的品質の低下を示唆すると考え、復元したキャベツの「透明感」の有無を目視により評価した。

6. 水分、遊離アミノ酸、ビタミンCの分析

水分は常法により減圧加熱乾燥法で測定した。遊離アミノ酸は裁断したキャベツを、10倍量の99.5% EtOHで磨砕してから水を加えて、80% EtOH濃度としてから還流抽出 (80℃、10分) を3回繰り返すことにより抽出した⁷⁾。ろ液を40℃以下で減圧乾固してから0.02 M HClで10mlとし、0.2μmメンブランフィルターでろ過した。ろ液のアミノ酸をアミノ酸自動分析計 (L-8500型、(株)日立製作所、東京) で測定した⁸⁾。ビタミンCは2,4-DNP法で測定した⁷⁾。

7. 大腸菌群および一般生菌数の測定

試料10 gを90mlの滅菌生理食塩水に入れ、ストマッカーで2分間磨砕した懸濁液を試料原液とした。一般生菌数は試料原液を標準寒天培地 (栄研化学(株)、東京) で混釈し35℃で48時間培養し、発生したコロニー数を測定した。大腸菌群数は試料原液をデソキシコレーイト寒天培地 (栄研化学(株)、東京) で混釈し、35℃で24時間培養し、発生したコロニー数を測定した。結果はCFU (Colony forming units)/g で表した。

結果および考察

1. 半乾燥キャベツの復元率

歩留り60および70%に乾燥した半乾燥キャベツの浸漬時間と復元率の変化をTable 1に示した。

復元率は浸漬時間の経過に伴い高くなったが、20分でほぼ一定に達した。20分間浸漬したときの復元率は乾燥歩留り70%が95.6%、60%が90.5%であり、歩留りが高いと復元率も高い傾向が認められた。

送風乾燥機 (-0.5～20℃) で予措乾燥したハウレンソウの復元 (約100%) に要する時間は重量減少10%まで乾燥した場合が4～5時間、20%では5～8時間、30%では12～18時間である^{8),9)}。また、水分含量が6～7%まで乾燥したニンジンでも、浸漬時間が長くなるほど復

Table 1 Rehydration ratios of half-dried cabbage

Time for rehydration (min)	Half-dried cabbage	
	Yield after dehydration (%)	
	60	70
Rehydration ratio (%)		
0	57.3±2.0	68.6±0.9
10	72.6±3.0	88.8±0.9
15	84.0±3.5	93.8±2.3
20	90.5±1.8	95.6±1.4
25	91.5±1.0	96.2±2.1

Half-dried cabbage: Shredded cabbage dehydrated by vacuum drying at 50℃ and 30 hpa up to 60 or 70% its original weight. Rehydration ratio: Swelling ratio of half-dried cabbage rehydrated by immersion in water.

Table 2 Changes in rehydration ratio and transparency of half-dried cabbage rehydrated in water

Half-dried cabbage (%)	Storage temperature (°C)	Storage period (weeks)								
		0			1			2		
		Moisture (%)	A (%)	B	Moisture (%)	A (%)	B	Moisture (%)	A (%)	B
60±1.1	5	85.5±1.4	89.2±1.3	-	86.2±1.3	83.4±1.5	-	84.3±1.8	80.3±1.5	-
	-2									
70±0.6	5	88.4±0.8	95.5±2.1	-	89.5±1.1	88.4±0.8	-	87.0±1.2	85.4±1.1	-
	-2									

Half-dried cabbage and rehydration ratio: See Table 1.

A: Rehydration ratio. B: Transparency, appearance of half-dried cabbage rehydrated by immersion in water for 20 min.

-: almost the same appearance as fresh cabbage. +: Transparent sample.

元率が高くなるとの報告¹⁰⁾がある。これらの報告から考えて、乾燥歩留りは復元時間に影響を及ぼすと考えられる。

Table 2 は半乾燥キャベツを 5 および -2℃ に 3 週間保存した時の水分含量、復元率と「透明感」である。復元時間は 20 分とした。

半乾燥キャベツの水分は歩留り 60% が 85.5%，歩留り 70% が 88.4% であり、保存中にほとんど変化しなかった。また、データーとしては示さないが保存中の試料重量も変化しなかった。水分含量が一定に保持されたことと、重量の未変化は試料をプラスチック製の平袋に充填・シールして保存したためと考えられる。

歩留り 60% に乾燥した半乾燥キャベツの復元率は、5℃ で 3 週間保存の場合、89.2% から 77.3% に低下したが、復元後の「透明感」はみられなかった。しかし、-2℃ 保存では、復元率は 89.2% から 70.7% に低下した。また、1 週間以上保存してから復元したキャベツには「透明感」が観察された。ダイコンやハクサイの葉柄部は水煮すると組織の透明化することが日常的な現象として認識されている。水に浸漬した野菜を減圧状態にすると気泡が発生する。また、ハクサイやキュウリの浅漬けを充填液で袋詰めしてから 10℃ で保存すると、7 日目以後、生野菜の不透明感をつくり出していた気体が充填液中に溶出し透明化（水浸状現象）する¹¹⁾。これらの現象は、細胞間隙などに取り込まれている空気¹²⁾が溶出した為と考えられる。歩留り 60% の半乾燥キャベツを 1 週間以上保存した試料には凍みることがなく、また、ドリップもなかったことから、水に浸漬したときの透明化は組織が脱気されたことに起因する現象と思われた。

歩留り 70% に乾燥した半乾燥キャベツの復元率は、5℃ で 3 週間保存の場合、95.5% から 82.8% に低下したが、復元後の「透明感」はなかった。-2℃ 保存では、復元率は 95.5% から 80.6% に低下した。「透明感」は 2 週間保存までは認められなかった。3 週間保存した試料には「透明感」が観察された。後述の Fig. 1 の (4) でも示したように試料はやや凍ったような状態であった。したが

って、「透明感」は凍みによると考えた。

以上のことから、-2℃ で保存したキャベツの復元後の透明感の有無、復元率を考慮すると乾燥歩留りは 70% 程度が適切であると考えた。長時間浸漬することにより復元率を高めることも可能であるが、本研究は中食・外食等の食品産業で使用するカット・成型キャベツ（使用期限 1 日）の保存性の延長も目的にしているので復元に要する時間は 30 分以内が適当である。今後は復元する際の成分の溶出についても検討する。

2. 半乾燥キャベツの外観変化

Fig. 1 に -2℃ に保存してから復元（20 分間）した 70% 半乾燥キャベツの写真を示した。写真には示していないが生鮮キャベツは 24 時間後には凍みていた。1 週間保存（Fig. 1 (2)）、および 2 週間保存（Fig. 1 (3)）は生鮮な千切りキャベツ（Fig. 1 (1)）と外観や食感に差はないと思われた。今後は、食感についての官能検査を詳細に行う予定である。3 週間保存した半乾燥キャベツはやや凍った状態（Fig. 1 (4)）であり、凍みと考えられた。

以上のことから、2 週間保存後に復元したキャベツの外観は新鮮物と遜色のないことが認められた。山根⁵⁾はキャベツの水結点は 3 枚目の葉が -1.7℃、30 枚目が -2.2℃ であり、全糖は各 4.43%、5.26% であることから水結点と糖濃度は密接に関係していると述べている。供試した半乾燥キャベツは、乾燥歩留りが 70% なので、キャベツの水分（92.7%）のおよそ 30% を除去したことになる。その結果、遊離糖、遊離アミノ酸などのエキス成分の濃度が高まり、水結温度が低下し、生鮮物より凍結しにくくなったと考えられる。したがって、乾燥歩留りが低いと凍結しにくい、乾燥しすぎると植物組織の脱気に起因すると考えられる「透明感」が出る。「透明感」は外観的な品質を損なうので、生鮮物と同等な利用を目的とする半乾燥野菜は、凍みや復元時の「透明感」を生じない適切な乾燥歩留りを見いだす必要がある。

3. 半乾燥キャベツの遊離アミノ酸の変化

70% 半乾燥キャベツを 5 および -2℃ に保存したときの遊離アミノ酸含量を Table 3 に示した。また、同条件

(1) Fresh cabbage

(2) Rehydrated 1 week after storage

(3) Rehydrated 2 weeks after storage

(4) Rehydrated 3 weeks after storage

Fig. 1 Changes in appearance of half-dried cabbage rehydrated after storage at -2°C

Half-dried cabbage : Shredded cabbage dried up to 70% its original weight by vacuum drying at 50°C at 30 hpa. Rehydration was performed by immersing the half-dried cabbage for 15 min in water 4 times the volume in conversion weight of the dried cabbage.

Table 3 Changes in free amino acid contents of half-dried cabbage during storage at 5 and -2°C for 3 weeks (mg/100 g, fresh weight)

		Storage temperature						Storage temperature			
Raw		5 °C				Raw		- 2 °C			
		Storage period (Weeks)						Storage period (Weeks)			
		0	1	2	3			0	1	2	3
Asp	26.2	38.2	21.5	11.3	10.6	39.5	41.9	25.7	18.6	19.4	
Hyp	t	0.8	2.4	4.1	1.7	t	1.0	1.8	2.0	2.1	
Thr	7.3	8.9	8.9	8.9	11.8	9.9	14.5	18.7	16.2	15.8	
Ser	17.1	17.8	15.0	11.8	12.5	24.5	31.9	39.7	26.9	28.4	
Asn	28.3	44.2	38.5	28.7	35.0	38.2	55.6	63.5	48.5	50.2	
Glu	39.9	53.2	38.5	33.1	20.5	55.3	65.2	83.3	32.8	31.3	
Gln	108.0	162.5	132.5	121.0	116.3	133.2	209.8	211.3	150.0	172.7	
Pro	5.3	1.7	7.0	10.0	11.1	7.1	8.4	16.5	13.0	12.9	
Gly	1.8	2.4	3.2	3.5	10.9	2.4	3.4	3.1	5.8	4.9	
Ala	16.1	36.3	50.7	60.0	43.5	21.7	50.9	70.1	65.5	66.4	
Cit	0.4	0.6	0.7	1.7	0.9	0.6	1.2	1.2	t	1.0	
Val	11.5	12.5	12.8	13.0	16.8	15.5	13.5	32.7	25.6	25.2	
Cys	0.7	0.9	2.0	1.2	2.8	0.9	1.9	2.0	2.4	1.9	
Met	0.3	0.5	0.5	0.7	1.0	0.4	0.6	1.1	1.1	1.2	
Ileu	5.7	6.9	6.8	6.1	9.3	7.7	10.2	16.3	12.8	12.4	
Leu	2.3	2.1	3.3	4.6	8.8	3.1	4.5	7.8	9.1	8.2	
Tyr	1.2	0.8	1.2	2.3	4.2	1.6	2.2	3.3	2.7	3.8	
Phe	3.2	2.1	2.4	3.3	6.0	4.3	5.0	10.1	8.9	8.4	
GABA	3.1	11.0	46.7	58.5	116.5	5.6	19.4	57.2	79.8	71.1	
Orn	0.1	0.2	0.4	0.3	0.5	0.2	0.2	0.3	0.2	0.2	
Lys	2.7	3.1	2.4	2.3	5.3	3.6	5.7	5.0	6.4	6.1	
His	12.8	16.1	10.3	16.7	18.0	17.3	20.0	26.8	20.7	21.0	
Arg	22.3	31.2	25.1	21.9	24.8	32.9	47.9	42.8	39.4	38.1	
Total	316.3	454.0	432.8	425.0	488.8	425.5	614.9	740.3	588.4	602.7	

GABA : γ -Aminobutyric acid. Half-dried cabbage : See Fig.1.

で保存した生鮮キャベツの結果をTable 4 に示した。

(1) 半乾燥処理による遊離アミノ酸の変化 乾燥前のキャベツ (千切りキャベツ) のアミノ酸総量は316.3 mg/100 gであった (Table 3, 5℃保存)。構成アミノ酸はグルタミン (Gln, 108.0mg), グルタミン酸 (Glu, 39.9mg), アスパラギン (Asn, 28.3mg), アスパラギン酸 (Asp, 26.2mg), アルギニン (Arg, 22.3mg) が多く, これらは総量の71.0%を占めた。したがって, これら5種類を主要アミノ酸とした。 γ -アミノ酪酸 (GABA) は3.1mgと総量の1.0%にすぎなかった。一方, 半乾燥キャベツ (Table 3, 5℃保存, 保存期間0) のアミノ酸総量は454.0mgを示した。乾燥歩留りが70%なので生鮮物換算含量は317.8mgになり, 原料キャベツの含量 (316.3 mg) とほぼ同量である。また, 総量に占める主要アミノ酸合計量 (329.3mg) の比率 (72.5%) は原料キャベツのそれ (71.0%) とほとんど変わらなかった。さらに, 各主要アミノ酸の構成比にも特別な変化が認められなかった。しかし, アラニン (Ala) は16.1mgから36.3mgと約2倍に増加した。アミノ酸総量に占める比率では5.1%から8.0%の増加である。GABAも3.1mg (1.0%) が11.0mg (2.1%) と微増する傾向が認められた。その他のアミノ酸は数値的なバラツキはあるが, 顕著な変化をしないように思われた。

これらのことから, キャベツは半乾燥加工によってアミノ酸総量と主要アミノ酸はほとんど変わらないがAlaとGABAは微増する傾向が認められた。

(2) 5℃で保存したときの遊離アミノ酸の変化 半乾燥キャベツの1～3週間保存中のアミノ酸総量は425.0～488.8mgであった (Table 3, 5℃保存)。バラツキに一定の傾向の認められないことから, 保存中にアミノ酸総量はほとんど変化しないと考えた。最も多いGln (162.5mg) は1週間目に132.5mgと減少し, 3週間目は116.3mgに減少した。Glu (53.2mg) も1週間後に38.5 mg, 3週間後には20.5mgと次第に減少した。また, Aspも微減の傾向が認められた。しかし, その他の主要アミノ酸 (Asn, Arg) は数値の増減はあるがあまり変化しないように思われた。GABA (11.0mg) は, 1週間後には46.7mgと4.2倍に増加し, 3週間後には116.5mgと10.6倍に増加した。Ala (36.3mg) は2週間目までは次第に増加した (60.0mg) が, 3週間後には減少した (43.5mg)。3週間後のGABAはGlnとほぼ同量であり, これらの合計 (232.8mg) はアミノ酸総量の47.6%を占めた。したがって, 半乾燥キャベツは保存中にGlnとGluがGABAとAlaに変化すると考えられる。

生鮮キャベツの0 (新鮮物)～3週間保存中のアミノ酸総量は319.0～386.4mgであった (Table 4, 5℃保存)。値の増減に特定の傾向は認められないことからアミノ酸総量はあまり変化しないと考えた。Gln (145.4 mg) は, 1週間後に126.5mgに減少し, 3週間後には94.2mgと減少した。Glu (41.3mg) も1週間後には31.3 mg, 3週間後は4.6mgと減少した。また, Aspも微減する傾向が認められた。しかし, その他の主要アミノ酸

Table 4 Changes in free amino acid contents of cabbage during storage at 5 and -2℃ for 3 weeks (mg/100 g, wet basis)

	Fresh	Storage temperature 5℃			Storage temperature -2℃		
		Storage period (Weeks)			Storage period (Weeks)		
		1	2	3	1	2	3
Asp	30.8	11.4	9.4	10.7	13.4	11.4	15.2
Hyp	t	1.2	2.7	t	1.4	1.7	3.1
Thr	7.6	5.7	7.6	8.3	10.7	9.7	9.7
Ser	16.4	10.7	9.0	10.1	19.8	19.0	18.3
Asn	38.0	28.2	27.5	30.6	33.0	35.7	36.3
Glu	41.3	31.3	18.5	16.5	44.2	25.3	25.0
Gln	145.4	126.5	111.7	94.2	101.1	116.5	136.9
Pro	3.7	2.7	4.8	5.2	4.3	7.0	6.9
Gly	2.3	2.5	4.1	8.1	2.3	3.5	3.3
Ala	25.3	35.0	42.1	24.7	37.4	44.1	39.2
Cit	t	t	1.9	1.1	0.6	0.7	0.6
Val	10.5	7.3	10.5	11.1	18.2	15.3	14.5
Cys	0.8	0.6	1.4	2.4	1.1	1.5	1.3
Met	0.4	0.5	0.8	0.9	0.7	2.1	0.5
Ileu	6.4	3.6	5.8	6.2	8.0	7.2	6.8
Leu	2.0	2.0	4.5	5.8	4.0	3.6	3.0
Tyr	0.8	0.8	2.6	2.8	1.1	1.4	1.6
Phe	2.5	1.5	3.6	4.5	5.2	4.1	3.4
GABA	4.7	19.7	40.1	80.3	27.3	41.6	41.0
Orn	0.1	0.2	0.4	0.5	0.2	0.2	0.1
Lys	3.9	1.4	2.6	3.8	2.5	3.0	2.7
His	12.0	12.3	14.1	13.1	17.4	13.6	14.0
Arg	31.5	13.9	17.7	20.6	25.2	24.8	27.2
Total	386.4	319.0	343.4	361.5	379.1	393.0	410.6

GABA: See Table 3.

(Asn,Arg) はあまり変化しないように思われた。GABA (4.7mg) は、1 週間後には4.2倍の19.7mg, 3 週間後には18.5倍の80.3mgと顕著に増加した。Ala (25.3mg) は2 週間後 (42.1mg) までは増加した。3 週間後はGln, GABAの合計 (174.5mg) が総量の48.3%を占めた。

したがって、キャベツは乾燥処理の有無にかかわらず5℃で保存すると、遊離アミノ酸の総量はあまり変わらないが、GlnとGluが漸減しGABAが顕著に増加することと、Alaが2週間目までは増加することが認められた。

(3) -2℃で保存したときの遊離アミノ酸の変化

半乾燥キャベツの1~3週間保存中のアミノ酸総量は588.4~740.3mgであった (Table 3, -2℃保存)。値の変動に一定の傾向が認められないことから、-2℃における1~3週間の保存中ではアミノ酸総量や最も量の多いGln (209.8mg) はあまり変化しないと考えた。Glu (65.2mg) は、値にバラツキがみられるものの、3週間後には31.3mgと減少した。また、Aspも微減の傾向が認められた。しかし、その他の主要アミノ酸 (Asn,Arg) は数値にバラツキはあるがあまり変化しないように思われた。GABA (19.4mg) は、1週間後に57.2mg, 2週間後に79.8mgと増加したが、3週間後にはほとんど変わらなかった。Ala (50.9mg) は1週間後に70.1mgと増加し、保存の初期に増加する傾向が認められた。

これらのことから半乾燥キャベツは-2℃で保存すると、アミノ酸総量とGlnはあまり変化しないことがわかった。しかし、Gluは保存期間中に漸減し、GABAは2週間まで、Alaは1週間まで増加する傾向が認められた。

したがって、半乾燥キャベツを5および-2℃で3週間保存した場合、共通の現象としてアミノ酸総量は変化しないがGluの減少とGABAおよびAlaの増加することが認められた。しかし、5℃保存ではGlnも顕著に減少することが考えられた。

生鮮キャベツの1~3週間保存中のアミノ酸総量は379.1~410.6mgであった (Table 4, -2℃保存)。バラツキはあるが、量的な変化はあまり起こらないと考えた。Gln (145.4mg) は測定値にバラツキはあるが、5℃保存と異なり、あまり変化しないように思われた。Glu (41.3mg) は、5℃保存と同様に、漸減し、3週間後は25.0mgであった。また、Aspも微減の傾向が認められた。その他の主要アミノ酸 (Asn, Arg) は数値にバラツキはあるがあまり変化しないと考えた。GABA (4.7mg) は、1週間後には27.3mg, 2週間後には41.6mgと漸増したが、3週間後は41.0mgと2週間後とほとんど変わらなかった。この傾向は5℃保存 (保存中顕著に増加) とは異なっていた。また、Ala (25.3mg) は5℃保存と同様に2週間まで増加する傾向が認められた。

生鮮キャベツの-2℃で保存におけるアミノ酸含量の変化の傾向は半乾燥キャベツにおける傾向とほぼ同様であった。

以上の結果、半乾燥キャベツを保存すると、生鮮キャ

ベツと同様に遊離アミノ酸の総量は変わらないが組成は変化することが明らかになった。また、組成の変化は5℃と-2℃保存で異なるが、各保存温度では、生鮮キャベツと半乾燥キャベツで共通の傾向のあることが認められた。この結果は、乾燥条件 (加熱温度, 時間, 減圧度) はアミノ酸の量と変化するアミノ酸の種類にはあまり影響を及ぼさないことを示唆している。

ハクサイは塩漬けするとGluが減少しGABAが増加する¹³⁾。また、茶葉は嫌気的条件下で処理するとGluが減少しGABAとAlaが増加する^{14), 15)}。さらに、茶葉は窒素または炭酸ガス中で熟成するとGluがグルタミン酸デカルボキシラーゼによりGABAに変化する¹⁶⁾。本実験の保存は好气的条件ではあるが、5℃および-2℃保存中のGluの漸減とGABAの増加にはグルタミン酸デカルボキシラーゼの関与する可能性が考えられた。今回の半乾燥処理程度の加熱によって本酵素は失活しなかったと推察された。今後は0℃付近での本酵素の活性について検討する必要があると考える。茶葉のGluは好気および嫌気的条件下でAlaに変化する¹⁵⁾のでAlaの増加にGluの関与することも考えられた。また、キュウリは貯蔵するとGluやAlaが増加して味の好ましさが低下することから半乾燥キャベツの保存中のAla増加は鮮度の低下と関係するとも考えた^{17), 18)}。

キャベツと半乾燥キャベツの5℃保存でのGlnの減少の理由は、保存中に袋の膨張はなかったが、ポリプロピレン製の袋に無脱気で充填・シールしたことからのキャベツの呼吸に由来する炭酸ガスによる保存環境の変化についても考える必要があるが今後の検討課題である。

4. 半乾燥キャベツのビタミンCの変化

生鮮キャベツと70%半乾燥キャベツを5および-2℃にそれぞれ保存した際のビタミンCの変化をTable 5に示した。

5℃保存用に調製した半乾燥キャベツの総ビタミンC (TVC, 保存期間0) は46.4mg, 生鮮物換算含量 (乾燥歩留り69.9%) は32.4mgであった。キャベツのTVCは29.9mgなので乾燥中に量的な変化をあまり起こさないとされる。また、半乾燥キャベツの還元型ビタミンC (ASA) は88.8%, 酸化型ビタミンC (DHA) は11.2%, 生鮮キャベツは各89.3%, 10.7%であったので、乾燥中にASAのDHAへの変化が起こらないと考えた。-2℃保存用に調製した半乾燥キャベツでもほぼ同様な傾向が認められた。したがって、キャベツのビタミンCは乾燥中に量および質的に安定に保持されると思われる。このビタミンCの乾燥中の安定性は、減圧下 (30 hpa) で、50℃程度の加熱であったためにビタミンCが酸化されにくかったことに起因すると思われる。

5℃で保存した半乾燥キャベツのTVC (46.4mg) は、3週間後が43.5mgであった。生鮮キャベツのTVCもほぼ同様の傾向を示した。したがって、半乾燥キャベツのTVCは保存中に量的にほとんど変化しないと考え

Table 5 Changes in vitamin C content of half-dried cabbage during storage at 5 and -2°C (mg/100 g, wet basis)

Storageperiod (Weeks)	Sample	ASAcontent		DHAcontent		TVCcontent	
		Storage temperature (°C)					
		5	− 2	5	− 2	5	− 2
0	A	26.7 (89.3)	20.4 (84.3)	3.2 (10.7)	3.8 (15.7)	29.9 (100)	24.2 (100)
	B	41.2 (88.8)	26.3 (84.8)	5.2 (11.2)	4.7 (15.2)	46.4 (100)	31.0 (100)
	Reducedvalue	28.8	18.2	3.6	3.2	32.4	21.4
1	A	30.8 (92.8)	26.7 (83.4)	2.4 (7.2)	5.3 (16.6)	33.2 (100)	32.0 (100)
	B	39.1 (90.7)	37.7 (79.7)	4.0 (9.3)	9.6 (20.3)	43.1 (100)	47.3 (100)
	Reducedvalue	27.3	26.1	2.8	6.6	30.1	32.7
2	A	27.5 (91.4)	23.6 (89.1)	2.6 (8.6)	2.9 (10.9)	30.1 (100)	26.5 (100)
	B	39.6 (95.2)	29.3 (85.7)	2.0 (4.8)	4.9 (14.3)	41.6 (100)	34.2 (100)
	Reducedvalue	27.7	20.2	1.4	3.4	29.1	23.6
3	A	25.3 (82.1)	31.1 (82.3)	5.5 (17.9)	6.7 (17.7)	30.8 (100)	37.8 (100)
	B	30.9 (71.0)	41.5 (86.5)	12.6 (29.0)	6.5 (13.5)	43.5 (100)	48.0 (100)
	Reducedvalue	21.6	28.7	8.8	4.5	30.4	33.2

ASA : ascorbic acid. DHA : dehydroascorbic acid. TVC : total vitamin C. A : Shredded cabbage. B : Half-dried cabbage described in Fig.1. Reduced value : vitamin C content of fresh cabbage calculated from the analytical vitamin C content of half-dried cabbage. () : Content ratios of ASA and DHA to total vitamin C.

られる。しかし、ASAの比率(88.8%)は、3週間後に71.0%とやや低下するように思われた。生鮮キャベツのビタミンCにもほぼ同様な変化の傾向が認められた。

これらのことから生鮮キャベツと半乾燥キャベツのビタミンCは 5°C で保存すると保存期間中にTVCは変化しないが、ASAは2週間以上の保存でDHAに変化する傾向があると思われる。

-2°C で保存した半乾燥キャベツのTVC (31.0mg)は1週間後が47.3mg, 2週間後が34.2mg, 3週間後が48.0mgであった。生鮮キャベツでの動向もほぼ同様であった。したがって、半乾燥キャベツは -2°C 保存も、測定値の増減はあるが、 5°C 保存と同様にTVCは安定に保持され则认为られる。半乾燥キャベツのASAの比率(84.8%)は、3週間後も86.5%であり、ほとんど変化しないように思われた。生鮮キャベツのビタミンCにも同様な傾向が認められた。

以上の結果、 -2°C に保存した半乾燥キャベツは 5°C 保存に比べ、ビタミンCが質的に安定に保持され则认为られる。

キャベツのビタミンCはゆで時間の長いほどゆで汁に溶出するがキャベツとゆで汁中のビタミンCの合計量は30分間ゆでても95%以上が残存している¹⁹⁾。非加熱調理や急速に加熱して組織の破壊以前にアスコルビン酸化酵素が失活する調理ではビタミンCは安定に保持される²⁰⁾。キャベツは -20°C で保存すると5日後にはASAが20%程度に減少するが2および 15°C では20日後でもきわめて安定に保持される²¹⁾。また、 -20°C で保存したキャベツは -80°C 保存に比べASAの分解が著しく大きいと

の報告²¹⁾がある。この差異は、 -20°C は緩慢凍結²²⁾なので、 -80°C 保存より組織が崩壊しやすく、ビタミンCが解凍時などに細胞に内在する遷移金属(鉄や銅等)のような分解因子と接触しやすく、ASAが分解されやすいためと考えられる。一方、 -2°C はキャベツの氷結点⁵⁾付近の温度であるので組織が安定に保持され、結果的にASAが分解されにくいと考えられる。これらのことについては今後詳細に検討する。

以上のことから、本実験でのTVCの安定性は保存温度をその要因としてあげることができる。

以上の実験の結果、5および -2°C に保存した半乾燥キャベツはTVCが安定に保持されることが明らかになった。しかし、 5°C 保存では -2°C 保存に比べてASAが酸化されやすいと思われた。

6. 半乾燥キャベツの保存中における一般生菌数と大腸菌群数の変化

Table 6は70%半乾燥キャベツを10, 5, -2°C で3週間保存した際の一般生菌数と大腸菌群数の変化である。各菌数は実数で表した。

調製直後の半乾燥キャベツは一般生菌数が 8.5×10^2 CFU/g, 大腸菌群が <10 CFU/g, 殺菌・洗浄直後のキャベツは各 2.5×10^2 CFU/g, <10 CFU/gであった。

10°C 保存の半乾燥キャベツは保存中に一般生菌数, 大腸菌群数ともに増加し, 3週間後は各 3.1×10^6 , 1.2×10^4 であった。キャベツは一般生菌数が次第に増加し3週間後には 1.3×10^7 と腐敗状態になった。同様に, 大腸菌群も 7.8×10^4 に増加していた。

5°C 保存の半乾燥キャベツは3週間後の一般生菌数が

Table 6 Changes in microbial counts of fresh cabbage and half-dried cabbage during storage at 10, 5 and -2°C

Storage period (Weeks)	Storage temperature ($^{\circ}\text{C}$)	Sample	Viable cell count (CFU/g)	
			Total bacterial count	Coliform count
0	—	Fresh	2.5×10^2	<10
		Haf-dried	8.5×10^2	<10
1	10	Fresh	3.1×10^5	9.1×10^3
		Haf-dried	7.6×10^4	3.7×10^3
	5	Fresh	4.2×10^4	3.0×10
		Haf-dried	9.3×10^2	<10
	- 2	Fresh	1.1×10^3	<10
		Haf-dried	7.1×10^2	<10
2	10	Fresh	1.1×10^6	2.0×10^4
		Haf-dried	5.0×10^4	1.4×10^4
	5	Fresh	6.0×10^4	2.0×10^2
		Haf-dried	8.6×10^3	<10
	- 2	Fresh	6.0×10^2	<10
		Haf-dried	8.0×10^2	<10
3	10	Fresh	1.3×10^7	7.8×10^4
		Haf-dried	3.1×10^6	1.2×10^4
	5	Fresh	6.9×10^5	4.0×10^2
		Haf-dried	2.0×10^3	<10
	- 2	Fresh	1.5×10^3	<10
		Haf-dried	2.2×10^2	<10

Half-dried cabbage: See Fig. 1.

2.0×10^3 と調製直後とほとんど変わらなかった。また、大腸菌群は <10 未満であった。キャベツは一般生菌数と大腸菌群数が次第に増加したが 10°C 保存より少なかった。

-2°C 保存の半乾燥キャベツとキャベツは一般生菌数と大腸菌群数がほとんど増加しなかった。

食品は水分活性が低下すると自由水が減るために微生物が増殖し難くなり保存性が高まることが知られている。半乾燥キャベツは、キャベツの水分(92.7%)のおよそ30%を除去したことになる。水分活性の大幅な低下は期待できないが自由水は幾分か減少する。したがって、一般生菌数と大腸菌群の増殖抑制の一因に自由水の減少を考えているが、今後詳細に検討する。また、氷温領域では微生物の増殖が抑制される^{5), 23)}。 -2°C はキャベツの氷結点よりやや低い温度⁵⁾である。これらのことは、 -2°C で保存したキャベツの一般生菌数と大腸菌群が増殖しないことの理由と考えた。これの実験の結果から、半乾燥キャベツは 5°C 以下の保存であれば一般生菌数と大腸菌が増殖し難いと考えられる。

以上の実験から、水分を30%程度除去して $-2 \sim 5^{\circ}\text{C}$ に保存した半乾燥キャベツは復元後の外観が生鮮物と遜色のないことと菌の増殖を抑制し保存性向上の可能性が示唆された。また、GABAが増加することとビタミンC

が安定に保持されることも判明した。実用上の保存温度は、成分の安定化と保存性を考慮して -2°C 前後が妥当と考えられる。これにより中・外食産業で使用するカット・成型キャベツ(使用期限1~2日)の安定的供給が少なくとも1週間は可能になると考えられる。

要 約

減圧加熱乾燥することにより調製した歩留り70%の半乾燥キャベツを5および -2°C に3週間保存して復元率、復元時の外観、遊離アミノ酸、ビタミンCおよび一般生菌数と大腸菌群数の動向を検討した。

- ① 3週間保存した半乾燥キャベツの復元率は、 5°C 保存では12.7%低下し、 -2°C 保存では14.9%低下した。
- ② 半乾燥処理はキャベツのアミノ酸組成と含量に大きな変化を与えなかった。
- ③ 半乾燥キャベツの保存中におけるアミノ酸の変化の傾向は生鮮キャベツと同様であったが保存温度によってグルタミン量に差異がみられた。
- ④ 半乾燥キャベツのビタミンCは5および -2°C での保存中、安定に保持された。
- ⑤ 5および -2°C に保存した半乾燥キャベツは一般

生菌数と大腸菌群数が3週間の間、ほとんど変化しなかった。

以上の結果から、半乾燥キャベツは保存性が高く、ビタミンCが保持され、中・外食産業における生鮮キャベツの代替品となり得るとともに γ -アミノ酪酸の多い新規食材として期待される。

文 献

- 1) KANEKO, K., OTOGURO, C., KIKUCHI, S., ODAKE, S., SUMINO, T., TSUJI, K. and SAITO, K.: Changes in various ingredients, *Escherichia coli*, Taste and Texture of blade vegetables as a result of Low-Temperature Steam-Heating process, *Food Sci. Technol. Res.*, **5**, 145~152 (1999).
- 2) 八木昌平・乙黒親男・金子憲太郎: 新技術としての低温蒸気加熱加工法について—低温蒸気で加熱処理した野菜は硬化して保存性も高まる—, *日調科誌*, **38**, 209~213 (2005)
- 3) KANEKO, K., OTOGURO, C., TSUJI, K., KIKUCHI, S., ODAKE, S., SUMINO, T. and CHA H.- S.: Effect of the low-temperature steam-heating process on taste components, amino acids, cyanogenic glycosides, pectic substances and texture of ume fruit removed from liquor, *Food preservation Science*, **24**, 95~101 (1998)
- 4) 金子憲太郎・辻 匡子・乙黒親男・小竹佐知子: 野菜を低温蒸気で加熱するとその特性がどのようにかわるか, *New Food Industry*, **41** (12), 1~12 (1999)
- 5) 山根昭美: 氷温貯蔵食品の開発, *日食工誌*, **29**, 736~743 (1982)
- 6) KANEKO, K., OTOGURO, C., YOSHIDA, N., UTADA, M., TSUJI, K., KIKUCHI, S. and CHA H.- S.: Influence of the Maturity of the Fruit Material on Various Components and Taste of Ume Liquor, *Food Sci. Technol. Int, Tokyo*, **4**, 59~65 (1998)
- 7) 金子憲太郎: わかりやすい基礎食品分析法 (前田安彦・金子憲太郎編) (アイ・ケイコーポレーション, 神奈川), pp.122~129 (2004)
- 8) 山下昭道・松田弘毅・松本道夫・安東一嘉: ホウレンソウの予措乾燥—復元技術の開発 (第1報)—予措乾燥及び復元条件について—, *鳥取食品加工研究所報告*, **30**, 18~24 (1989)
- 9) 山下昭道・松本道夫・松田弘毅・安東一嘉: ホウレンソウの予措乾燥—復元技術の開発 (第2報)—予措乾燥・復元輸送実証試験, *鳥取食品加工研究所報告*, **31**, 8~11 (1991)
- 10) QUINTERO-RAMOS, A., BOURNE, M. C. and ANZALDUA-MORALES, A.: Texture and Rehydration of Dehydrated Carrots as Affected by Low Temperature Blanching, *J. Food Sci.*, **57**, 1127~1130 (1992)
- 11) 若林 昭・菊池久寿郎: 加熱処理による浅漬けの日持ち延長, *新潟県食品研究所報告*, **19**, 19~23 (1983)
- 12) 田村咲江: 野菜・いも・果実類 (田村咲江監修: 食品・調理・加工の組織学) (学窓社, 東京), pp.62~63 (1999)
- 13) 高間総子・石井 潯・村木 繁: 貯蔵による白菜漬の品質変化, *日食工誌*, **33**, 701~707 (1986)
- 14) TUSHIDA, T. and MURATA, T.: Conversion of glutamic acid to γ -aminobutyric acid in tea leaves under anaerobic condition, *Agric. Biol. Chem.*, **51**, 2865~2871 (1987)
- 15) 澤井祐典・許斐健一・小高保喜・吉富 均・山口優一・深山大介・竹内敦子: 嫌気—好気交互処理による茶葉の γ -アミノ酪酸量の増加, *食科工誌*, **46**, 462~466 (1999)
- 16) 津志田藤二郎・村井敏信・大森正二・岡本順子: γ -アミノ酪酸を蓄積させた茶の製造とその特徴, *農化*, **61**, 817~822 (1987)
- 17) 中町敦子・吉川光子・香西みどり・畑江敬子: キュウリ呈味成分の分布と貯蔵変化および味との関係, *日調科誌*, **35**, 234~241 (2002)
- 18) 堀江秀樹・野菜の品質評価: 野菜茶業研究集報, **3**, 12~127 (2006)
- 19) 桐渕壽子: 食品中のビタミンCの測定, *日調科誌*, **28**, 210~216 (1995)
- 20) 桐渕壽子・川嶋かほる: 調理時におけるアスコルビン酸の変化, *家政誌*, **38**, 877~887 (1987)
- 21) 川村正純・浦部貴美子: 低温保存における野菜, 果物中のアスコルビン酸の変動, *滋賀県立短期大学学術雑誌*, **48**, 79~82 (1995)
- 22) グュエン・ヴァン・チュエン: 食品加工学 (倉田忠男・松本信二編: 食品加工学) (朝倉書店, 東京), pp.27~30 (1988)
- 23) 上枝加代子・大西茂彦: 氷温貯蔵を利用したナス浅漬の長期保存, *香川県産業技術センター研究報告*, **2**, 122~123 (2002)

(平成19年5月9日受付, 平成19年11月28日受理)