

真空調理キャベツの香気成分に対する食酢添加の影響

河内 公恵（管理栄養学科）・山口 真由（管理栄養学科）・大中 佳子（管理栄養学科）

Effect of Addition of Vinegar on Vacuum Cooked Cabbage Aroma Compounds

Kimie Kawachi, Mayu Yamaguchi and Yoshiko Onaka

Department of Nutrition and Dietetics, Kamakura Women's University

Abstract

Cabbage was vacuum cooked with the addition of 0%, 5%, and 10% vinegar, and the sensory characteristics and aroma components were compared. Compared with 0% vinegar, when 10% vinegar was added the formation of dimethyl disulfide, which has a sulfur odor, was suppressed and the odor of sulfur compounds was reduced. With the addition of vinegar, browning progressed and the green vividness was lost. In addition, softening during heating was suppressed.

Key words: sensory analysis, cabbage, vacuum cooking, SPME, GC/MS

キーワード：官能評価，キャベツ，真空調理，SPME，GC/MS

緒論

真空調理法は、食品を調味液と共に真空包装し調理する手法である。著者らのこれまでの研究¹⁾では、真空調理では通常の加熱調理で揮発してしまう低分子の香気成分が残留し、これが嗜好を左右することが明らかになった。りんごでは新鮮さを想起する成分が多く残留し嗜好性が向上したが、キャベツでは不快な調理臭、辛味成分が多く残留する結果となった。

キャベツの不快な調理臭の原因である含硫化合物（ジメチルスルフィド、ジメチルジスルフィド、ジメチルトリスルフィド）は加熱により生成されるが、低pHで生成が抑制されることが報告され

ている²⁾。

そこで本研究では、調味液に食酢を添加してpHを変えたキャベツの真空調理品を調製し、官能評価と香気成分分析によりおいの特性を調べることで、真空調理品の風味に対する食酢添加の影響を明らかにすることを目的とした。

方法

1. 試料

2021年7～8月収穫の群馬県嬬恋村産のキャベツを、真空調理当日に鎌倉市内の量販店で購入した。キャベツは外葉を4枚取り除き、上部を6等分のくし切りにして、1切れの高さを約50mm、

重さを100g±5gに切ったものを試料とした。食酢（ミツカン、穀物酢）、食塩、脱イオン水を混合し、調味液を調製した。食酢はキャベツ重量に対して0%、5%、10%の3水準とした。配合比を表1に示す。食塩の量はお浸しと酢の物の塩分0.5%³⁾とした。食酢の水準は、酢の物の食酢の割合8%³⁾を参考に決定した。脱イオン水と食酢、あるいはそれらの合計量は、野菜の真空調理の加水量⁴⁾に準じて10%とした。

表1 配合比

材料	食酢0%	食酢5%	食酢10%
キャベツ	100	100	100
食酢	0	5	10
脱イオン水	10	5	0
食塩	0.55	0.55	0.55

2. 真空調理

キャベツ3切れと調味液を真空包装用袋(飛竜HN-105、旭化成パックス)に入れ、真空包装機(FV-330TTE、エフ・エム・アイ)を用いて真空度99%となるよう真空包装した。15°Cで30分間保持した後、スチームコンベクションオープン(FS CCWE61、fujimak)のスチームモード100%、庫内温度95°Cで30分間加熱し、直ちに氷水中で20分間冷却し、1晩5°Cで冷蔵したものを試料とした。

大量調理施設衛生管理マニュアル⁵⁾では野菜の保存温度は10°C前後とされている。予備試験で、10°Cで保存したキャベツを室温で切断し真空包装を行った場合、キャベツの温度が約15°Cとなったことから、加熱前の温度は15°Cとした。庫内温度を95°Cに設定したのは、95°Cを超えると試料中の水分が水蒸気になり袋が膨張し破裂する可能性があるためである⁶⁾。加熱時間は、予備試験で中心温度を測定して決定した。文献では、野菜の真空調理では中心温度90~93°C^{4,6)}、あるいは85~95°C⁷⁾の範囲で加熱することが記載されている。そこで大量調理の文献⁴⁾に従い中心温度は92°C1分間以上とし、安定的にその温度となる条件として、加熱時間は30分間に設定した。

3. 色差とpHの測定

色彩色差計(CR-400、ミノルタ)を用い、キャベツの表面の色彩値(L*a*b*表色系)を測定した。色彩値は、明度はL*、色相と彩度を示す色度はa*、b*で示される。a*は赤方向、-a*は緑方向、b*は黄方向、-b*は青方向を示す。

pHは、キャベツをミキサーで粉碎後に測定した。

4. 香気成分分析

(1) Solid Phase Micro Extraction (SPME) 法

キャベツ試料は、中心側から3cmかつ外葉側から1辺約10mmの立方体(1.5g)に切り出し、40mL容量の褐色バイアルにいれて5°Cで30分間平衡化した後、SPMEファイバー(Stable-Flex DVB/CAR/PDMS、50/30μm、Supelco社製)を差し込み、ヘッドスペースの香気を5分間抽出した。抽出後のSPMEファイバーをGC注入口に挿入し、サンプリング時間2分間で香気成分を脱着、Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GC-MS)へ導入した。ファイバーコンディショニングは270°Cで30分間とした。

(2) GC-MS

GCMS-QP2010Plus(島津製作所)を使用した。カラム:DB-HeavyWAX(内径0.25mm、長さ60m、膜厚0.50μm、Agilent社製)、オープン温度:40°C(2min hold)→230°C(10°C/min)→230°C(10min hold)、キャリアーガス:ヘリウム(カラム流量1.5mL/min、線速度31.2cm/sec)、注入法:スプリットレス注入、注入温度:250°C、イオン化電圧:70eV(Electron Ionization(EI))、イオン源温度:200°C。

(3) 香気成分の同定

キャベツ中の香気化合物の推定は、標準物質の保持時間とマススペクトルとの比較、保持指標(RI(Retention Index);n-アルカン類の保持時間より算出)をNIST Web BookのRIと比較することにより行った。

5. 官能評価

キャベツ1切れを3分割にしたものを1人分の試料とした。パネルは、鎌倉女子大学管理栄養学科の学生及び教職員13名(20~63歳、女性)とした。評価項目は、外観では「褐変の有無」、「緑色のあざやかさ」、食べる前に鼻で感じるにおいては「酢酸臭」、「硫黄化合物のにおい(ゆで卵、生ごみなどのおい)」、「磯のにおい(青のりのようなにおい)」、「甘いにおい」、「辛味を感じさせるにおい」、味では「甘味」、「辛味」、「酸味」、食感では「ジューシーさ(多汁感)」を4段階尺度の採点法(ない=0、わずかにある=1、ややある=2、ある=3)で評価した。「かたさ」は7段階尺度の採点法(やわらかい=-3、やややわらかい=-2、わずかにやわらかい=-1、どちらでもない=0、わずかにかたい=1、ややかたい=2、かたい=3)で評価した。

パネルには試験の前に研究の主旨及び研究内容を説明し、評価参加の同意を得た。本研究は、鎌倉女子大学研究倫理委員会の承認を得て行った(鎌倫-21008)。

6. 統計解析

統計解析にはSPSS Statistics24 (IBM)を用いた。官能評価での試料間の差の検定にFriedman検定を用い、群間に差が認められた場合は、ステップワイズのステップダウンの比較を行った。pH、色彩値、香気成分分析の試料間の差の検定は分散分析を用い、群間に差が認められた場合の多重比較にはTukeyの方法を用いた。有意水準は両側検定で5%未満とした。

実験結果

1. 官能評価

食酢0%に対して食酢5%と10%は有意に、「緑色のあざやかさ」がなく、「酢酸臭」「酸味」があり、かたいと評価された。食酢0%に対して食酢10%は有意に、「褐変」があり、「硫黄化合物のにおい」「磯のにおい」「甘味」がないと評価された。

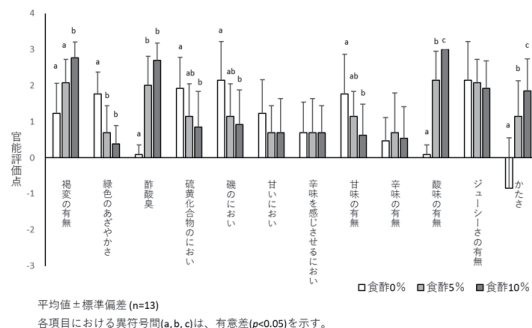


図1 官能評価結果

2. pHと色彩値

食酢0%に対して食酢10%は有意にpHが低下し、明度L*が上昇した。

表2 試料のpHと色彩値

	食酢0%	食酢5%	食酢10%	p値†
pH	5.7 ± 0.3 ^a	4.6 ± 0.1 ^b	4.2 ± 0.1 ^c	<0.001
L*値	48.10 ± 0.74 ^a	52.59 ± 0.77 ^b	55.13 ± 0.30 ^c	<0.001
a*値	-7.22 ± 0.33 ^a	-5.27 ± 0.77 ^b	-5.29 ± 0.34 ^b	0.006
b*値	21.71 ± 1.40	21.52 ± 3.77	23.17 ± 1.29	0.682

平均値±標準偏差 (n=3)

†分散分析

各項目における異符号間(a, b, c)は、有意差(p<0.05)を示す。

3. 香気成分

同定されたキャベツの主要な香気成分とそのピーク強度の指標を表3に、硫黄化合物のピーク面積の相対値を図2に示す。食酢0%に対して食酢5%、10%は酢酸(酸臭)、酢酸エチル(果物臭)、エタノールのピーク強度が有意に高く、ジメチルジスルフィド(硫黄臭、生ごみ臭、青のり臭)のピーク強度が有意に低くなった。有意な差はみられなかったが、硫黄化合物ではジメチルスルフィ

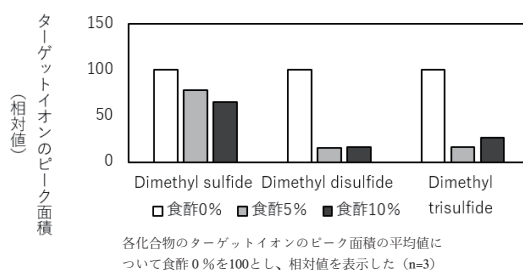


図2 硫黄化合物のピーク面積変化

ドが食酢添加により減少する傾向がみられた ($p=0.082$)。

食酢0%に対して食酢10%はアリルイソチオシアネート(辛味成分)、アセトイン(発酵臭)のピーク強度が有意に高かった。

表3 同定された主要な香氣成分

保持時間 (分)	保持指標	成分	CAS番号	ターゲットイオン			p 値†				
				重量(m/z)	ピーク面積($\times 1000$) †	p 値†					
16.7	1468	Acetic acid	64-19-7	60	596 ± 317	a	22285 ± 4511	b	36975 ± 10557	b	0.002
7.4	905	Ethyl acetate	141-78-6	43	33 ± 11	a	69383 ± 11783	b	115179 ± 29715	b	0.001
14.8	1339	(Z)-3-Hexenyl acetate	3681-71-8	67	38 ± 25		59 ± 17		72 ± 37		0.382
5.2	779	Dimethyl sulfide	75-18-3	62	84931 ± 65412		66495 ± 37444		55192 ± 37806		0.761
10.8	1098	Dimethyl disulfide	624-92-0	94	9951 ± 4230	a	1560 ± 1022	b	1625 ± 697	b	0.010
16.2	1434	Dimethyl trisulfide	3658-80-8	126	2661 ± 1715		430 ± 488		705 ± 474		0.082
15.0	1353	Isobutyl isothiocyanate	591-82-2	115	35 ± 32		60 ± 59		60 ± 56		0.789
15.6	1392	Allyl isothiocyanate	57-06-7	99	154 ± 6	a	1144 ± 321	ab	1816 ± 630	b	0.007
10.9	1103	Hexanal	66-25-1	44	384 ± 57		296 ± 104		202 ± 26		0.051
8.1	942	Ethanol	64-17-5	45	402 ± 336	a	7775 ± 974	b	15649 ± 4488	c	0.001
15.1	1358	1-Hexanol	111-27-3	56	29 ± 7		27 ± 7		26 ± 10		0.901
14.5	1322	Acetoin	513-86-0	45	8 ± 1	a	70 ± 12	ab	132 ± 54	b	0.009

†平均値±標準偏差

‡分散分析

各項目における果糖含有量(a, b, c)は、有意差($p < 0.05$)を示す。

考察

本研究の結果より、キャベツの真空調理において、食酢10%を添加することにより pHが4.2に低下し、硫黄臭を呈するジメチルジスルフィドの生成が抑制され、官能的に硫黄化合物のにおいが少なくなることが明らかになった。高畑は⁷⁾、キャベツの搾汁にクエン酸を添加して加熱した場合、pH4.5以下で硫黄化合物の生成が抑制され、官能的に硫黄様の加熱臭が減少したと報告しており、今回の実験結果と一致した。

キャベツ特有の辛味成分であるアリルイソチオシアネート⁸⁾のピーク強度が、食酢10%を添加することにより高くなったが、官能的には「辛みを感じさせるにおい」「辛味の有無」で食酢0%と10%の間に差があるとは評価されなかった。

外観では、食酢0%に比べて食酢10%は、色彩値のa値は緑から赤方向に変化し、官能評価で褐変が有り緑色のあざやかさが減ったと評価された。これはpH低下によりクロロフィルからマグネシウムイオンが脱離したフェオフィチンが生成され緑色が退色したものと考えられた⁹⁾。

官能評価で、食酢添加量が多くなるほどかたいと評価されたが、これはpHが4.0に近づいたことでペクチンのβ-脱離による分解が抑制されたため¹⁰⁾と推察された。

以上の結果より、キャベツの真空調理での硫黄化合物による不快臭抑制には、食酢の添加が効果的であることが示された。食酢の添加により、褐変が起り緑色のあざやかさは失われるが、軟化が抑制されシャキシャキした食感が保持されることから、これらの特性を理解した上で、食酢を添加した場合の真空調理に適したメニューに応用していくことが望まれる。

引用文献

- 1) 河内公恵、大中佳子、山口真由 (2020)、真空調理食品の風味の変化に関する研究、鎌倉女子大学学術研究所報、20、1-8
- 2) 高畑浩之 (2001)、酸添加によるキャベツの加熱臭の抑制と加工品への応用、群馬県農業試

験場研究報告第7号、49-56

- 3) 松本伸子監修(2018)、調理のためのベーシックデータ 第5版、女子栄養大学出版部、東京 pp.46-47
- 4) 殿塚婦美子編集(2012)改訂新版大量調理 第4版、学建書院、東京 p.103
- 5) 厚生労働省(2016)、別添2標準作業書 原材料等の保管管理マニュアル、大量調理施設衛生管理マニュアル、p.12
- 6) 為後彰宏(1998)、真空包装と真空調理、専門料理全書 改訂新調理技術、辻学園調理・製菓専門学校、pp.41-42、p.48
- 7) 脇雅世(1989)、真空調理法、日本調理科学会誌、22、190-195
- 8) 長谷川香料株式会社(2013)、香料の科学、株式会社講談社、東京 p92
- 9) 吉田優子、植田志摩子(1992)、クロロフィルの色調に及ぼす加熱とpHの影響、帯広大谷短期大学紀要、29、7-10
- 10) 淵上倫子(2007)、野菜の加熱とペクチン質、日本調理科学会誌、40、1-9

要旨

食酢0%、5%、10%を添加して、キャベツの真空調理を行い、官能特性と香気成分を比較した。その結果、食酢0%に比べ、食酢10%を添加すると、硫黄臭を呈するジメチルジスルフィドの生成が抑止され、官能的にも硫黄化合物のにおいが少なくなることが明らかになった。食酢の添加により、褐変がすすみ、緑色のあざやかさが失われた。また、加熱中の軟化が抑制された。

(2021年9月10日受稿)