

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 3 年 6 月 15 日現在

機関番号：14503

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2020

課題番号：18K02239

研究課題名(和文) 野菜の蒸し調理における嗜好特性と栄養成分保持特性の検証

研究課題名(英文) Palatability and nutrient retention of steamed vegetables

研究代表者

岸田 恵津(KISHIDA, Etsu)

兵庫教育大学・学校教育研究科・教授

研究者番号：70214773

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,300,000円

研究成果の概要(和文)：蒸し野菜の甘味に着目した嗜好特性と加熱温度の相違がアスコルビン酸(AA)量に及ぼす影響を検証した。キャベツとカブでは蒸し調理後の糖含量は非加熱と有意差がなかったが、官能評価では、蒸し調理試料の甘さの評点が非加熱よりも有意に高く、テクスチャーの変化が甘味に影響していることが示唆された。甘さと総合評価に正の相関があり、甘いと好ましいと評価されることが示された。キャベツを100℃/70分 で蒸し調理してAA量を調べると、100℃よりも70℃の残存率が低くなった。電子レンジ加熱後に70℃蒸しを行うとAA量の減少が抑制され、AA酸化関連酵素が蒸しキャベツのAA残存率に影響している可能性が考えられた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

野菜の蒸し調理の特性を明らかにするために、キャベツとカブを用いて、野菜を蒸すと甘味が増し、嗜好性が向上するのか、また、蒸し温度によるアスコルビン酸(ビタミンC)への影響を検証した。結果、蒸し調理により糖含量に変化はないものの、テクスチャーの変化により甘味が増強して嗜好性が向上すること、またキャベツでは、ゆで調理よりもビタミンCの損失が少なく、蒸し調理はヘルシー志向に合致する調理法であることを示した。本研究より、現代の食生活に合った野菜の蒸し調理を提案することができ、また、新たに中学校家庭科に加わった野菜の蒸し調理に関する教材のデータを得心したことより、教育への還元が期待される。

研究成果の概要(英文)：The sweetness and palatability of steamed turnips and cabbages were evaluated using a physicochemical analysis and sensory evaluation. Concerning the total amount of sugars in vegetables, no significant difference was observed in steamed ones when compared with uncooked ones. In sensory evaluation, the scores for the sweetness and palatability of steamed turnips were significantly higher than for uncooked turnips. A positive correlation was noted between the sweetness and palatability of turnips cooked with any cooking method, indicating that sweet turnips are considered palatable.

Effect of steaming temperatures was examined using cabbage. The AA retention rate after cooking at 70°C for 10 min was significantly lower than that after steaming at 100°C. The decline in AA content was inhibited when the cabbage was heated in a microwave before steaming at 70°C. These results suggested that AA retention was affected by AA oxidase.

研究分野：食生活学，調理科学，食育

キーワード：蒸し調理 嗜好特性 甘味 官能評価 アスコルビン酸 キャベツ カブ

1. 研究開始当初の背景

野菜の摂取量は目標量に達しておらず、摂取量増加を図るには、野菜をおいしく調理することが重要である。野菜を加熱すると甘く感じ、蒸し調理は水溶性成分の溶出が少ないことから、蒸し調理には嗜好的・栄養的メリットが期待できる。近年、蒸し器だけでなく種々の調理器により蒸し調理が多様になり、蒸し調理の人気は高い。また、平成29年告示の中学校家庭科の学習指導要領には「蒸す」という調理方法が新たに加わり、学校教育においても注目されている。

野菜の蒸し調理と嗜好特性、特に生得的に好まれる甘味に関して、デンプン含有量の少ない野菜において検証されている報告は数少ない¹⁾。著者らは、蒸し調理の教材としても扱いやすいキャベツに着目してテクスチャー特性及び糖量と官能評価との関連を検討し、蒸し加熱したキャベツでは官能評価による甘味の評価が高くなることを報告した²⁾。また、栄養成分に関して、蒸し温度の違いとビタミンなどの量的変動についても明確ではなかった。

そこで、野菜の蒸し調理の特性に関するさらなる知見を得るために、キャベツとカブを取り上げ、蒸すと甘味が増強し、嗜好性が向上するのか、また栄養成分は保持されるのかという問いに取り組むこととした。

2. 研究の目的

上記の問いに対して本研究の目的を次の2点とした。

① 蒸し調理した野菜の甘味や食感の変化を理化学評価と官能評価により解析し、嗜好特性を検証すること。

② 蒸し調理がビタミンC(アスコルビン酸)に及ぼす影響を調べ、栄養成分保持特性を検証すること。

3. 研究の方法

(1) 蒸し調理におけるカブの甘味と嗜好特性

① 小カブ(以下「カブ」)を10 mm × 35 mm × 10 mmの拍子切りにして試料切片を調製し、蒸し調理、ゆで調理、電子レンジ調理を行った。

② 理化学評価 クリープメーターを用いた物性測定と糖(ショ糖、ブドウ糖、果糖)の定量分析を行った。

③ 官能評価 女子大学生17名を対象として、4種類(非加熱、蒸し調理4分、電子レンジ調理1分30秒、ゆで調理4分)の試料カブを提供した。5段階評点法で、評価項目を硬さ、甘さ、ジューシーさ、総合評価とした。

(2) 調理方法別にみるキャベツの嗜好特性

キャベツの中葉より試料キャベツ片(10 mm × 50 mm)を調製した。蒸し調理の時間を4分、8分、12分とし、また、ゆで調理(2分、4分)及び電子レンジ調理(600W, 30秒)と比較しながら、理化学評価(物性測定、糖の分析)と官能評価により、調理方法別に嗜好特性を検証した。

官能評価は女子大学生22名を対象に、非加熱(生)試料を基準(0)にして両極7段階採点法で行った。

(3) 蒸し調理における加熱温度の違いがキャベツのアスコルビン酸量に及ぼす影響

キャベツを外葉、中葉、内葉に分けて試料キャベツ片を調製し、100℃及び70℃蒸し調理における加熱温度の相違がアスコルビン酸(AA)量に及ぼす影響を検証した。AAの定量はHPLCポストカラム誘導体法で行い、AAとデヒドロアスコルビン酸(DHAA)を分別定量した。

4. 研究成果

(1) 蒸し調理におけるカブの甘味と嗜好特性

蒸し調理におけるカブの嗜好特性について、糖に着目した甘味という観点から、ゆで調理及び電子レンジ調理と比較しながら、理化学評価と官能評価により検証した。結果の概要を表1に示した。

① 蒸し調理、電子レンジ調理、及びゆで調理によりカブは軟化した。調理後試料カブの糖総量(ショ糖、ブドウ糖、果糖の合計値)は、蒸し調理では非加熱と有意差が認められなかったが、電子レンジ調理では有意に多く、ゆで調理では有意に少なかった。

② 官能評価により、蒸し調理したカブは、非加熱試料よりも軟らかさ、甘さ、ジューシーさが有意に増し、総合評価で有意に好ましいと評価された。電子レンジ調理試料も蒸し調理と同等に甘いと評価された。

③ 蒸し調理後の糖総量は変化せず、甘味の増加と糖含量は対応しなかった。蒸し調理したカブを加圧して得られた滲出液中の糖総量は、非加熱のカブよりも有意に多く検出された。このことより、蒸し調理では、糖が溶出することなく組織が軟化し、加圧して滲出する液に含まれる糖によって甘さとジューシーさが増すと考えられた。一方、電子レンジ調理によって甘く感じられるのは、水分が蒸発し、含有糖濃度が上昇することによることが示唆された。

④ 相関分析より、蒸し調理試料の総合評価は、甘さ及びジューシーさと正の相関が認められた。また、いずれの加熱調理でも、甘さと総合評価に正の相関があり、甘いと好ましいと評価されることが示唆された。

表1 カブ試料の理化学評価と官能評価

	非加熱	蒸し調理 (4分)	電子レンジ 調理 (1分30秒)	ゆで調理 (4分)
最大荷重 (N)	18.2 ± 0.9 ^a	3.5 ± 0.4 ^b	3.4 ± 0.6 ^b	3.3 ± 0.6 ^b
糖量(g/100g) ¹⁾	2.80 ± 0.13 ^b	2.68 ± 0.06 ^b	3.09 ± 0.11 ^a	2.40 ± 0.01 ^c
官能評価 ²⁾				
硬さ	4 (3, 4) ^a	1 (1, 1) ^c	2 (1.5, 2) ^b	1 (1, 1) ^{bc}
甘さ	2 (2, 3) ^b	4 (3, 4) ^a	4 (3, 4) ^a	3 (2, 4) ^{ab}
ジューシーさ	3 (2, 3.5) ^c	5 (4.5, 5) ^a	4 (4, 4) ^{bc}	4 (4, 5) ^{ab}
総合評価	3 (2, 3.5) ^b	4 (3, 4.5) ^a	4 (3, 4) ^{ab}	3 (2, 4) ^{ab}

1) 糖量はショ糖、ブドウ糖と果糖の合計値。調理後の試料 100g あたり。

2) 5段階評点法 (1~5点), 値は中央値 (25パーセンタイル値, 75パーセンタイル値), n=17
各項目 (同じ行内) において異なる文字間で有意差あり (p<0.05)

(2) 調理方法別にみるキャベツの嗜好特性

蒸し調理の時間を変え、また、ゆで調理及び電子レンジ調理と比較しながら、理化学評価と官能評価により、調理方法別に嗜好特性を検証した。蒸し調理とゆで調理に関する結果の概要を表2に示す。

- ① 最大荷重値(かたさ)は、蒸し調理とゆで調理では加熱時間に伴い生試料よりも低下したが、電子レンジ調理では生と有意差がなかった。
- ② 糖含量は蒸し調理試料では生と比較して増減がなかったが、ゆで調理では時間経過に伴い減少し、電子レンジ調理後の試料は重量が減少し糖含量は増加した。
- ③ 官能評価では、蒸し調理試料の甘味の評点中央値は正の値で基準(生)よりも甘いと評価されたが、甘味と総合評価は調理時間の異なる試料間で有意差がなかった。ゆで調理2分の試料は、4分よりも甘味と総合評価が有意に高値であった。電子レンジ調理試料は、蒸し8分と同程度に甘いと評価された。

相関分析より、蒸し調理では甘味とジューシーさが、ゆで調理では甘味が、電子レンジ調理では甘味とジューシーさが総合評価に関与しており、3つの調理方法に共通して加熱キャベツの好ましさに甘味が関与することが示唆された。

表2 キャベツ試料の理化学評価と官能評価

	蒸し調理			ゆで調理	
	4分	8分	12分	2分	4分
最大荷重 (N)	23.0 ± 2.8 ^a	9.0 ± 1.8 ^b	10.1 ± 2.7 ^b	34.5 ± 2.1*	20.0 ± 2.4
糖量(g/100g) ¹⁾	2.66 ± 0.74	3.34 ± 0.37	2.76 ± 0.42	2.16 ± 0.26*	1.50 ± 0.33
官能評価 ²⁾					
かたさ	-0.4 (-0.5, -0.1) ^a	-1.0 (-1.3, -0.7) ^b	-1.5 (-2.0, -0.9) ^b	-1.0 (-1.0, -0.5)*	-1.4 (-2.0, -1.0)
ジューシーさ	0.6 (0.3, 1.1)	1.0 (0.6, 1.1)	1.3 (0.4, 2.0)	1.0 (0.4, 1.5)	0.5 (-0.8, 1.2)
甘味	1.0 (0.5, 1.6)	1.0 (0.6, 1.6)	1.7 (1.0, 2.2)	1.0 (0.5, 1.3)*	0.5 (-0.5, 1.0)
総合評価	1.6 (0.4, 2.0)	1.1 (0.3, 1.6)	1.0 (0.3, 1.5)	1.0 (0.4, 1.5)*	-0.5 (-1.0, 0.9)

1) 糖量はショ糖、ブドウ糖と果糖の合計値。調理後の試料 100g あたり。

2) 非加熱(生)試料を基準(0)にした両極7段階採点法 (-3~3), 値は中央値 (25パーセンタイル値, 75パーセンタイル値)

・蒸し調理 同じ行内において異なる文字間で有意差あり (p<0.05), n=22

・ゆで調理 *, p<0.05 (2分 vs 4分), n=27

(3) 蒸し調理における加熱温度の違いがキャベツのアスコルビン酸量に及ぼす影響

キャベツの部位や加熱時間・温度による含有AA量の変動などを詳細に検討がなかったため、キャベツを外葉、中葉、内葉に分けて試料を調製し、100℃及び70℃蒸し調理における加熱温度の相違がアスコルビン酸(AA)量に及ぼす影響を検討した。

- ① AA含有量は部位によって異なり、外葉、中葉、内葉の順に多く含まれていた。
- ② 蒸し調理と電子レンジ調理した結果、いずれの葉部においても電子レンジ調理でのAA残存量が最も高く、次いで100℃、70℃であった。(Table 3)

Table 3 Ascorbic acid content of cabbage after heat treatment

Part		Heat treatment			
		None (Fresh)	100°C, 10 min	70°C, 20 min	Microwave, 30 sec
Outer leaf	AA	41.1 ± 4.6 ^{a, A}	36.3 ± 1.6 ^a	25.5 ± 0.4 ^b	37.8 ± 0.9 ^a
	DHAA	2.1 ± 1.9	2.2 ± 1.1	1.9 ± 0.5	3.3 ± 0.9
Middle leaf	AA	33.7 ± 1.9 ^{a, B}	23.8 ± 1.2 ^c	19.3 ± 0.8 ^d	27.2 ± 1.5 ^b
	DHAA	2.0 ± 1.7	1.6 ± 0.6	2.2 ± 0.6	3.1 ± 0.6
Inner leaf	AA	32.6 ± 1.5 ^{a, B}	23.0 ± 1.0 ^c	20.5 ± 0.4 ^d	29.1 ± 0.4 ^b
	DHAA	2.2 ± 1.9	2.2 ± 0.3	1.9 ± 0.5	2.8 ± 0.9

AA, Ascorbic acid; DHAA, Dehydroascorbic acid

Values (mg/100 g of fresh sample) are mean ± SD (n=3).

Different small letters within a line indicate significant difference at p<0.05.

Different capital letters in non-heating (fresh) samples indicate significant difference at p<0.05.

③ 中葉について100°C蒸しと70°C蒸しにおけるAA量の経時変化を調べると、10分後の残存率は70°C蒸しで有意に低く、20分後も70°C蒸しの方が低い傾向にあった。

④ 蒸し時間を10分にして温度を変えると、AA残存率は100°Cで81.1%、70°Cで59.2%、50°Cで91.2%であり、70°C蒸しの減少量が最も多かった。

⑤ 電子レンジ加熱後に70°C蒸しを行うと、AA量の減少が抑制され (Table 4)、電子レンジ加熱で変化した物質が70°C蒸しキャベツのAA残存率に影響している可能性が考えられた。

Table 4 Remaining percentage of ascorbic acid after heat treatment

Treatment	Remaining percentage of AA
None	100 ± 9.6 ^a
Microwave, 30 sec (A)	94.3 ± 6.2 ^{ab}
100°C, 10 min	83.5 ± 8.9 ^{bc}
70°C, 10 min (B)	49.3 ± 5.3 ^d
A → B ¹⁾	77.0 ± 3.8 ^c

The AA content without heat treatment (None) was taken as 100%.

Values are mean ± SD (n=4). Different letters indicate significant difference at p<0.05.

¹⁾ A → B: The cabbage sample was treated by microwave for 30 seconds, and then treated by steam-heating at 70°C for 10 minutes.

(4) 今後の課題と展望

(1) (2) では、甘味を呈する成分として糖に着目して定量したが、甘味に関わる成分は糖だけでなく、アミノ酸などが存在する。また、辛み成分であるアリルイソチオシアネートも存在することから、甘いという感覚が糖だけによるものかについては今後の検討課題である。

このような課題はあるものの、ゆで調理及び電子レンジ調理といった複数の調理方法による比較を通して、蒸し調理における甘味と嗜好特性を示し、蒸し調理に関する有用な資料を得た。

(3) に関して、一般的に、蒸す調理では水溶性成分の流出が少ないため、蒸すことによる含有栄養素の損失は少ないと考えられている。本研究から、蒸し温度によっては硬化が起き²⁾、AA含有量が、70°C蒸しでは非加熱や100°C蒸しよりも有意に低値になることが明らかになり、それがキャベツに含まれるAA酸化関連酵素の影響である可能性が考えられた。今後、蒸し調理におけるAAの保持・損失に関するさらなる知見を得るためには、キャベツに含まれるAA酸化関連酵素の特徴を検討することが課題となる。

<引用文献>

- 堀江秀樹, 平本理恵 (2009), ニンジンの蒸し加熱による甘味強化, 日本調理科学会誌, 42, 194-197
- 井奥加奈他 (2017) 蒸し加熱におけるキャベツの破断特性と官能評価, 食生活研究, 37, 308-317

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 岸田恵津, 西窪玲衣, 井奥加奈	4. 巻 51
2. 論文標題 蒸し調理における加熱温度の違いがキャベツのアスコルビン酸量に及ぼす影響	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 日本調理科学会誌	6. 最初と最後の頁 1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 山本真子, 井奥加奈, 岸田恵津	4. 巻 54
2. 論文標題 蒸し調理におけるカブの甘味と嗜好特性	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 日本調理科学会誌	6. 最初と最後の頁 49-55
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 0件/うち国際学会 0件）

1. 発表者名 井奥加奈, 青木文香, 毛利哲, 岸田恵津
2. 発表標題 赤パブリカのオープン加熱における甘味関連成分の変動
3. 学会等名 日本調理科学会2019年度大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山本真子, 岸田恵津, 井奥加奈
2. 発表標題 野菜の蒸し調理における嗜好特性 - カブとキャベツの甘味について-
3. 学会等名 日本調理科学会平成30年度大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 井奥 加奈、川越 星来、山本 真子、岸田 恵津
2. 発表標題 質問紙調査による関西在住の消費者における野菜の消費意識と調理方法の比較
3. 学会等名 日本調理科学会平成30年度大会
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	井奥 加奈 (Ioku Kana) (40243282)	大阪教育大学・教育学部・教授 (14403)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関