

令和 4 年 6 月 16 日現在

機関番号：34511

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2021

課題番号：18K02197

研究課題名(和文)低温スチームングによる野菜類の加熱調理条件と食味および栄養成分の関連について

研究課題名(英文) Effects of cooking condition by low-temperature steaming for taste and nutrient composition of vegetables.

研究代表者

後藤 昌弘 (GOTO, Masahiro)

神戸女子大学・家政学部・教授

研究者番号：20244775

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：60～80℃のスチームコンベクションオーブンで低温スチームング加熱をコマツナ、ブロッコリー、ミズナ、キャベツ、大和まなに対して行い、アスコルビン酸(ASA)含量の変化を調査した。いずれの野菜でも60℃加熱ではASAは減少した。70℃、80℃での変化は種により異なり、ミズナ、キャベツでは、有意な減少や増加は認められなかった。大和まなでは、80℃5分で減少し、その後はほぼ同じレベルであったが、葉身部では加熱15分で加熱前よりは低い値が10分より高い値となった。コマツナでは内葉で加熱5分で微増し、その後は減少した。ブロッコリーでは花蕾、花茎とも加熱5分で急増し、その後も加熱前よりも高い値であった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

低温スチームング加熱による野菜の栄養成分の変化に対する調査はほとんどない。とくに、加熱温度と時間でアスコルビン酸含量が変化する現象についての調査は初めての試みであり、調理科学や栄養学的にも意義がある。また、アスコルビン酸含量は60℃加熱では減少するが、70℃や80℃加熱では減少が少ない、もしくはブロッコリーのように短時間で増加する現象を見いだしたことは、栄養価の高い状態で野菜を摂食できる可能性があり栄養を考える上で有効な手法となる可能性がある。

研究成果の概要(英文)：Low-temperature steaming heating using steam convection oven at 60 to 80℃ was conducted on Komatsuna (*Brassica rapa* var. *perviridis*), broccoli, Mizuna (*Brassica rapa* subsp. *japonica*), cabbage, and Yamato-mana (*Brassica rapa* L. *Oleifera* Group), and changes in ascorbic acid (ASA) content were investigated. In all vegetables, ASA decreased at 60℃. Changes at 70℃ and 80℃ varied by species, and no significant decrease or increase was observed in Mizuna, cabbage, and Yamato-mana. In Yamato-mana, ASA decreased at 80℃ for 5 min and remained almost at the same level thereafter, while in the leaf blade, ASA was lower at 15 min than before heating, but higher than at 10 min. In the case of Komatsuna, the inner leaves showed a slight increase at 5 min of heating, followed by a decrease. In broccoli, both flower buds and stems increased rapidly at 5 min of heating and remained higher than before heating.

研究分野：調理科学

キーワード：低温スチームング アスコルビン酸 加熱温度 加熱時間 アブラナ科野菜

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

低温加熱がおいしさや品質に大きく影響することが認識されてきている。蒸し加熱においては100の蒸気を熱源とすることから、数十度程度の温度を一定に維持することは容易ではなかった。しかしながら、スチームコンベクションオープンが普及することにより、蒸気による加熱が100以下でも比較的容易にできるようになった。低温スチーミング調理は、従来の調理加熱よりも低い温度での加熱が様々な食品の風味や栄養を向上させる効果があるとして、注目されている。しかしながら、豆類や肉類に関する研究報告が多く、野菜類はわずかしかない。

申請者らは、これまでに、真空調理法やスチームコンベクションオープン加熱による煮物調理に関して野菜類の栄養成分や塩分の変化などについて調査し、報告を行ってきた。この中で、前述の低温スチーミング加熱にも興味を持ち、低温スチーミング加熱を蒸気発生量と温度調整能力に差があると言われるマルチスチーマーやスチームコンベクションオープンのスチームモードを用いて種々の温度で行い、加熱中の温度変化ならびにブロッコリーとパプリカの栄養成分の変化を比較するなどの報告を行っている。その中で、ブロッコリーではアスコルビン酸含量が、80~100 加熱において5~15分程度の短時間で加熱前よりも著しく増加することを見いだした。この加熱によるアスコルビン酸の増加は、現在まで行ったアスパラガス、パプリカ等の野菜類では見られず、アブラナ科野菜であるブロッコリーに特異的な現象であると考えられた。

2. 研究の目的

本研究では、まず、低温スチーミング加熱をブロッコリー、パプリカ以外の野菜類についても実施し、アスコルビン酸の他に遊離糖、遊離アミノ酸など食味に関係すると考えられる成分、ならびに加熱温度や加熱時間と食味の変化や物性の変化との関係について調査を行う。また、申請備品を用いて抗酸化能におよぼす、加熱温度や時間の影響についての調査を実施する。これらの結果から、低温スチーミングした野菜類の調理素材としての適性について明らかにする。

さらに、ブロッコリーについては、アスコルビン酸含量の変化を加熱温度、加熱時間、加熱部位などを変えて調査すると同時に、加熱前および加熱中のブロッコリーから粗酵素液を抽出し、アスコルビン酸分解の初発段階を触媒すると考えられるアスコルビン酸酸化酵素活性およびアスコルビン酸合成に關与するL-ガラクトノラクトン-1,4-デヒドロゲナーゼ活性の測定を行い、分解抑制、合成どちらの系によりアスコルビン酸含量が増加するかを明らかにすることをめざす。

3. 研究の方法

- 1) コマツナ(兵庫県産)、ミズナ(福岡県産)、キャベツ(群馬県産)、ブロッコリー(兵庫県産)は神戸市内の仲卸業者から、大和まな(奈良県産)は奈良県内の小売業者から購入し、スチームコンベクションオープン(ニチワ電機、SCOS-4RS)またはを用いて加熱温度(60, 70, 80)、時間(0分、5分、10分、15分)を変えて加熱する。この間の庫内温度と品温の変化は熱電対温度計をつけたデータロガー(オムロン製RX-20)で記録する。
- 2) 加熱前および加熱中のアスコルビン酸含量の変化の測定は、RQフレックスおよびアスコルビン酸テスト(メルク)または、液体クロマトグラフ(日立Chromaster, UV-VIS検出器, カラム; Shodex NH2P-50 4E)を用いた。
- 3) 品質に関する成分分析として各温度、時間の試料について、アルコール抽出を行い、溶液中の遊離糖含量、遊離アミノ酸含量は分光光度計(日立, U-5100)を用いて測定する。
- 4) 各加熱温度、加熱時間による色調の変化を色彩色差計(コニカミノルタ, CM-600d)により測定する。また、物性の変化はクリープメーター(山電RE2-3305B)を用いて測定する。

4. 研究成果

(1) 各種アブラナ科野菜の低温スチーミング加熱によるアスコルビン酸含量の変化
ミズナ

表1 低温スチーミング加熱に伴うミズナのアスコルビン酸含量の変化				
(mg/100gF.W.)				
加熱温度・時間	0分	5分	10分	15分
60	55.7 ^a ± 0.6	19.4 ^b ± 2.2	23.8 ^b ± 5.0	28.7 ^{ab} ± 6.2
70	55.7 ^a ± 0.6	58.4 ^a ± 0.6	40.3 ^b ± 8.5	49.9 ^{ab} ± 4.9
80	55.7 ^a ± 0.6	52.3 ^a ± 5.9	38.4 ^b ± 5.3	40.3 ^{ab} ± 5.6
*同一温度内の異なるアルファベット間に5%の危険率で有意差あり				

60 加熱では、加熱に伴う減少が著しく、加熱5分で有意に減少した。70、80 加熱でも減少傾向であったが、その割合は60 加熱よりも低かった(表1)。

キャベツ

表2 低温スチーミング加熱に伴うキャベツ葉身のアスコルビン酸含量の変化

		(mg/100gF.W.)			
加熱温度・時間	0分	5分	10分	15分	
70	25.8 ^a ± 3.7	19.2 ^a ± 4.6	19.4 ^a ± 1.9	21.0 ^a ± 5.4	
80	25.8 ^{ab} ± 3.7	22.4 ^a ± 2.1	32.6 ^b ± 4.3	25.5 ^{ab} ± 1.7	
*同一温度内の異なるアルファベット間に5%の危険率で有意差あり					

表3 低温スチーミング加熱に伴うキャベツ葉柄のアスコルビン酸含量の変化

		(mg/100gF.W.)			
加熱温度・時間	0分	5分	10分	15分	
70	22.2 ^a ± 0.8	28.5 ^a ± 4.0	42.0 ^b ± 1.8	29.4 ^a ± 5.4	
80	22.2 ^a ± 0.8	28.4 ^a ± 4.1	22.6 ^a ± 1.4	23.7 ^a ± 2.0	
*同一温度内の異なるアルファベット間に5%の危険率で有意差あり					

60 加熱では葉身、葉柄とも著しく減少し、RQ フレックスの測定限界値の 10mg 以下となった。葉身では 70 加熱で有意な減少は認められなかった。80 加熱では、加熱 10 分で 5 分よりも有意に高くなったが、0 分とは有意差は認められなかった(表 2)。葉柄では 70 加熱 10 分で 5 分よりも有意に増加し、15 分では 10 分よりも減少したが、0 分との有意差は認められなかった。80 加熱では、いずれの時間においても有意な差は認められなかった(表 3)。

大和まな

表4 低温スチーミング加熱による大和まな外葉身のアスコルビン酸含量の変化

		(mg/100gF.W.)			
加熱温度・時間	0分	5分	10分	15分	
60	73.0 ^a ± 1.6	11.8 ^b ± 4.1	4.1 ^b ± 2.5	56.9 ^c ± 9.2	
80	73.9 ^a ± 3.9	32.4 ^b ± 2.2	38.7 ^b ± 2.2	53.6 ^c ± 7.0	
*同一加熱温度内の異なるアルファベット間に5%の危険率で有意差あり					

表5 低温スチーミング加熱による大和まな外葉柄のアスコルビン酸含量の変化

		(mg/100gF.W.)			
加熱温度・時間	0分	5分	10分	15分	
60	28.7 ^a ± 2.4	5.0 ^b ± 1.4	6.6 ^b ± 2.0	18.6 ^c ± 2.0	
80	35.4 ^a ± 2.2	22.2 ^b ± 0.1	25.7 ^c ± 1.4	29.5 ^d ± 1.6	
*同一加熱温度内の異なるアルファベット間に5%の危険率で有意差あり					

表6 低温スチーミング加熱による大和まな内葉身のアスコルビン酸含量の変化

		(mg/100gF.W.)			
加熱温度・時間	0分	5分	10分	15分	
60	71.0 ^a ± 4.2	12.8 ^b ± 4.2	1.5 ^c ± 0.7	6.8 ^{bc} ± 4.5	
80	81.0 ^a ± 5.1	49.8 ^{bc} ± 3.7	42.9 ^b ± 0.1	54.1 ^c ± 2.5	
*同一加熱温度内の異なるアルファベット間に5%の危険率で有意差あり					

表7 低温スチーミング加熱による大和まな内葉柄のアスコルビン酸含量の変化

		(mg/100gF.W.)			
加熱温度・時間	0分	5分	10分	15分	
60	28.1 ^a ± 2.0	1.4 ^b ± 0.7	2.5 ^b ± 1.2	3.0 ^a ± 0.8	
80	32.1 ^a ± 3.2	23.6 ^b ± 1.2	21.0 ^b ± 1.5	30.9 ^a ± 1.5	
*同一加熱温度内の異なるアルファベット間に5%の危険率で有意差あり					

大和まな については、60 と 80 で調査を行った。60 加熱の葉身は外葉、内葉とも加熱 5~10 分で急減し、15 分ではやや増加したが、加熱前のレベルにはならなかった(表 4, 6)。葉柄でも同様の傾向であった(表 5, 6)。80 加熱でも加熱 5~10 分で減少し、15 分では 10 分よりも有意に増加した。

。

(2) 低温スチーミング加熱におけるコマツナの部位によるアスコルビン酸含量のちがいは外葉と内葉

(mg/100gFW)				
加熱温度・時間	0分	5分	10分	15分
60	17.8 ^a ± 2.6	7.2 ^a ± 1.4	5.1 ^b ± 0.3	9.9 ^c ± 1.1
70	17.8 ^a ± 2.6	17.8 ^a ± 3.8	20.9 ^a ± 0.5	17.5 ^a ± 0.7
80	17.8 ^a ± 2.6	20.1 ^a ± 1.2	16.3 ^a ± 0.1	16.9 ^a ± 0.8
* 同一加熱温度内の異なるアルファベット間に5%の危険率で有意差あり				

(mg/100gFW)				
加熱温度・時間	0分	5分	10分	15分
60	6.3 ^a ± 0.7	1.5 ^b ± 0.1	2.8 ^c ± 0.7	3.7 ^c ± 0.1
70	6.3 ^a ± 0.7	11.7 ^b ± 0.3	9.3 ^c ± 0.3	7.1 ^a ± 0.3
80	6.3 ^a ± 0.7	10.9 ^b ± 0.3	9.1 ^c ± 0.3	9.1 ^c ± 0.8
* 同一加熱温度内の異なるアルファベット間に5%の危険率で有意差あり				

外側から3-4枚を外葉，それより内側を内葉として比較すると外葉でアスコルビン酸含量が高かった。60 加熱では，外葉，内葉とも加熱5分で急減し，その後も低いレベルであった。70 加熱，80 加熱の外葉では有意な増減は認められなかったが，内葉は加熱5分で有意に増加し，その後は減少傾向であった（表8，9）。

葉身と葉柄

表10 低温スチーミング加熱によるコマツナ外葉，葉身部のアスコルビン酸含量の変化					表12 低温スチーミング加熱によるコマツナ内葉，葉身部のアスコルビン酸含量の変化				
(mg/100gFW)					(mg/100gFW)				
加熱温度・時間	0分	5分	10分	15分	加熱温度・時間	0分	5分	10分	15分
60	21.4 ^a ± 2.7	17.5 ^{ab} ± 3.5	14.1 ^b ± 0.8	15.3 ^{ab} ± 1.7	60	10.2 ^a ± 8.2	8.4 ^a ± 2.0	19.8 ^b ± 4.8	21.2 ^a ± 1.3
70	21.4 ^a ± 2.7	30.8 ^{ab} ± 10.9	39.5 ^b ± 1.0	32.7 ^{ab} ± 2.4	70	10.2 ^a ± 8.2	63.5 ^b ± 5.1	47.2 ^c ± 2.3	33.8 ^d ± 0.8
80	21.4 ^a ± 2.7	32.3 ^b ± 1.0	28.1 ^b ± 2.0	30.1 ^b ± 3.2	80	10.2 ^a ± 8.2	58.5 ^b ± 2.3	47.9 ^{bc} ± 2.4	44.8 ^c ± 5.3
* 同一加熱温度内の異なるアルファベット間に5%の危険率で有意差あり					* 同一加熱温度内の異なるアルファベット間に5%の危険率で有意差あり				

表11 低温スチーミング加熱によるコマツナ外葉，葉柄部のアスコルビン酸含量の変化					表13 低温スチーミング加熱によるコマツナ内葉，葉柄部のアスコルビン酸含量の変化				
(mg/100gFW)					(mg/100gFW)				
加熱温度・時間	0分	5分	10分	15分	加熱温度・時間	0分	5分	10分	15分
60	19.8 ^a ± 2.3	4.3 ^b ± 0.7	2.6 ^b ± 0.3	16.2 ^c ± 2.4	60	23.3 ^a ± 1.6	2.9 ^b ± 0.9	2.3 ^b ± 0.5	7.6 ^c ± 0.7
70	19.8 ^a ± 2.3	26.7 ^b ± 1.6	28.2 ^b ± 2.2	24.1 ^{ab} ± 0.2	70	23.3 ^a ± 1.6	28.5 ^b ± 3.0	24.1 ^{ab} ± 1.0	23.2 ^a ± 1.1
80	19.8 ^a ± 2.3	31.0 ^b ± 2.7	28.1 ^b ± 2.1	26.1 ^b ± 0.6	80	23.3 ^a ± 1.6	25.1 ^b ± 1.6	24.0 ^b ± 1.5	26.7 ^a ± 1.1
* 同一加熱温度内の異なるアルファベット間に5%の危険率で有意差あり					* 同一加熱温度内の異なるアルファベット間に5%の危険率で有意差あり				

コマツナの外葉と内葉をさらに葉身部と葉柄部に分けて比較した（表10～13）。60 加熱では，外葉の葉身部は低下傾向，内葉では5分で減少の後，増加傾向であった。葉柄部では加熱5分以降減少した。70，80 加熱では，外葉，内葉とも葉柄部，葉身部とも加熱に伴い増加傾向であった。

(3) 低温スチーミング加熱におけるブロッコリーの花蕾部および花茎部におけるアスコルビン酸含量のちがい

(mg/100gFW)				
加熱温度・時間	0分	5分	10分	15分
70	25.8 ^a ± 6.5	49.6 ^b ± 2.0	41.0 ^{bc} ± 2.6	39.1 ^c ± 2.5
80	25.8 ^a ± 6.5	89.0 ^b ± 2.0	72.7 ^c ± 2.1	62.6 ^c ± 3.3
* 同一加熱温度内の異なるアルファベット間に5%の危険率で有意差あり				

(mg/100gFW)				
加熱温度・時間	0分	5分	10分	15分
70	76.4 ^a ± 5.7	89.8 ^b ± 2.1	83.0 ^{ab} ± 1.7	90.7 ^b ± 0.6
80	76.4 ^a ± 5.7	121.4 ^b ± 12.9	95.7 ^a ± 6.4	90.8 ^a ± 6.5
* 同一加熱温度内の異なるアルファベット間に5%の危険率で有意差あり				

ブロッコリーでは，花蕾よりも花茎においてアスコルビン酸含量が高かった（表14，15）。70，80 加熱ではいずれの部位でも5分以降増加し，その後も高い値であった。また，増加の割合は70 よりも80 加熱で大きかった。

これらの結果から，供試したアブラナ科の野菜においては60 加熱でアスコルビン酸含量の減少が大きく，70 や80 加熱での減少が小さいことが明らかとなった。これらの結果から，アスコルビン酸分解に関わる酵素の働きに温度によるちがいの可能性が示唆された。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計4件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 後藤昌弘, 岩田恵美子
2. 発表標題 低温スチーミング加熱がブロッコリーのアスコルビン酸におよぼす影響
3. 学会等名 日本調理科学会2021年度大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 後藤昌弘, 岩田恵美子
2. 発表標題 コマツナの低温スチーミング加熱がアスコルビン酸代謝におよぼす影響
3. 学会等名 日本家政学会第72回大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 岩田恵美子, 後藤昌弘
2. 発表標題 低温スチーミング加熱が『大和まな』のアスコルビン酸含量の変化におよぼす影響
3. 学会等名 日本調理科学会2022年度大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 後藤昌弘, 岩田恵美子
2. 発表標題 低温スチーミングの加熱温度によるコマツナのアスコルビン酸含量の変化
3. 学会等名 日本調理科学会2019年度大会
4. 発表年 2019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 分担 者	岩田 恵美子 (IWATA Emiko) (00289034)	畿央大学・健康科学部・准教授 (34605)	

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
---------	---------