

平成21年6月19日現在

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2007～2008

課題番号：19500668

研究課題名（和文） 咀嚼嚥下障害者食の加工調理方法の違いによる抗酸化成分の評価

研究課題名（英文） Evaluation for antioxidative ability on difference of processing and cooking method for chewing and swallowing handicapped persons.

研究代表者

北尾 悟 (KITAO SATOSHI)

大阪樟蔭女子大学・学芸学部・教授

研究者番号：40150081

研究成果の概要：抗酸化・ラジカル捕捉能に着目し、ゲルゾル境界線の食品に抗酸化能を付与あるいは増強する加工調理手段を確立することとした。ラジカル捕捉能の評価はアゾ化合物と化学発光を組み合わせた系を用い、寒天・リンゴのすりおろし・大根・長いも・カラギーナン・ローカストビーンガム・ゼラチンによるとろみを付与した調理加工品を試作し評価した。その結果、食材と増粘剤との組み合わせにもよるが、概して増粘剤が存在するほうが、捕捉能が維持されることが判明した。このことは、スクロースとアスコルビン酸とのモデル系においても確認できた。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	1,400,000	420,000	1,820,000
2008年度	1,100,000	330,000	1,430,000
年度			
年度			
年度			
総計	2,500,000	750,000	3,250,000

研究分野：生活科学

科研費の分科・細目：食生活学

キーワード：抗酸化、ラジカル捕捉、咀嚼・嚥下、増粘剤、スクロース、アスコルビン酸、カテキン類

1. 研究開始当初の背景

(1) 厚生労働省の「2015年の高齢者介護」～高齢者の尊厳を支えるケアの確立に向けて～によれば、居宅・施設を含めて介護サービスの利用者は、2003年1月には260万人を超えたとされている。これらの要介護高齢者は、食事などの介助を必要とされている。

(2) 食事において高齢者は身体的機能の衰えから咀嚼や嚥下機能低下により健常者と同じメニューを取れないことが生じる。そこで、飲み込みやすいテクスチャーを付与した食品や調理品の開発が盛んとなり、寒天やゼ

リーを中心とした商品が市場に導入されてきている。

(3) 介護食の質の向上には、従来のテクスチャーの改良だけではなく、食品の機能にも注意を払わねばならない。その食品の機能のなかで、生体調節機能と言われている第三次機能が近年、富みに注目されている。

(4) 第三次機能に注目することにより、免疫系・内分泌系や神経系などを調節することが疾病予防や健康維持に寄与するとされつつある。特に、抗酸化作用・ラジカル捕捉活性は、ガン・動脈硬化などの生活習慣病や老

化などを引き起こすとされている生体内酸化反応やラジカル連鎖反応の抑制を測る指標となり、これらの作用や活性を抑制できれば、疾病予防や健康維持につながるとされている。

2. 研究の目的

高齢社会が到来し、様々な生活における障害者が増加している。その一つとして、咀嚼嚥下障害者の食生活の質が挙げられる。その食事の質を高めるために食事の栄養価向上が望まれ、本研究では抗酸化・ラジカル捕捉能に着目し、ゲル・ゾル境界線の食品に抗酸化能を付与あるいは増強する加工調理手段を確立することとした。

野菜・果実の本来有している抗酸化能を生かした調理方法や加工方法を確立することにより、高いQOLを営めない高齢者などの国民に生体調節機能を高めた食事や食品を提供することで、身体的にも精神的にも豊かな生活をこれらの国民にもたすことが最終的な狙いである。

3. 研究の方法

(1) ラジカル捕捉活性測定法の確立

アゾ化合物をラジカル発生剤に用い、加温と酸素付与により発生したペルオキシラジカルをルミノール化学発光 (CL) による発光度の増減にて評価した (図1)。アゾ化合物には、水溶性のAAPHならびに脂溶性のAMVNを用い、測定法を各々、AAPH-CL法、AMVN-CL法とした。

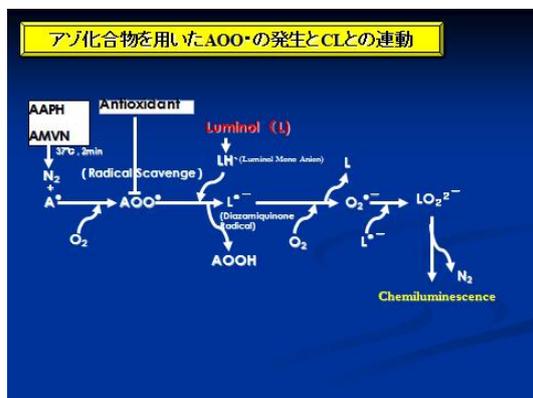


図1 アゾ化合物を用いたペルオキシラジカルの発生と化学発光との連動

これらの方法を用いて、5種類のカテキン類、(+)-catechin (C), (-)-epicatechin (EC), (-)-epicatechin gallate (ECg), (-)-epigallocatechin (EGC), および (-)-epigallocatechin gallate (EGCg)、ならびに、カレーライスを試作して調理過程における評価を行った。

(2) 増粘剤を用いた調理加工品の評価

寒天・リンゴのすりおろし・大根・長いも

による調理加工品、ならびに、糖類系ではカラギーナン・ローカストビーンガム、そしてタンパク質系ではゼラチンを主成分とした増粘剤 (商品名、アイビス株式会社製・クールアガー、EG クールアガー、ゼラチン RR、ニューシルバー) を用いた4種類の調理加工品 (おから入りチーズケーキ・きな粉豆腐ゼリー・かぼちゃプリン・ヒジキ煮ゼリー) の評価を行った。併せて、咀嚼嚥下障害者用食としての基準を満たすか否かを検討するため、山電製クリーブメーターを用いてテクスチャーの検討も行った。

(3) スクロースによるアスコルビン酸保護効果

スクロース濃度 (0, 30, 60%)、加熱時間 (0, 10, 20 分) を組み合わせ、AAPH-CL法によるラジカル捕捉活性とヒドラジン法によるアスコルビン酸の定量を、HPLC を用いて行った。

4. 研究成果

(1) ラジカル捕捉活性測定法の確立

実際の調理加工品を用いて検討する前に、各種カテキン化合物を用いて AAPH-CL 法および AMVN-CL 法の確立を行った。この2つの方法は用いるアゾ化合物が違うこと以外に、AMVN-CL 法では溶解性を増すために界面活性剤として SDS を選択し、活性測定最適濃度を 0.5 M と決定した。

その結果、AAPH-CL 法では、EGCg が最も活性が強く、水溶性抗酸化ビタミンの代表であるアスコルビン酸の2倍以上であった。一方、AMVN-CL 法では、EC が最も活性が強く、脂溶性抗酸化ビタミンの代表である α -トコフェロールの3倍以上の値を示した。EGCg は EC の 1/30 しか活性を示さなかった (図2)。このように、水溶性・脂溶性の環境下では活性の強弱に差があり、各々の調理加工の環境を考慮した上で適切な抗酸化剤の使用が望まれる。また、どのような抗酸化あるいはラジカル捕捉活性の測定系で評価するか、目的に応じて選択する必要があることが判明した。

表 4. AAPH-CL法とAMVN-CL法におけるRSCの評価

化合物	RSC for AAPH	RSC for AMVN	Total RSC*
(+)-C	1.53 (41.0) [†]	2.19 (59.0)	3.71
(-)-EC	0.96 (23.8)	3.08 (76.2)	4.04
(-)-ECg	0.81 (24.0)	2.56 (76.0)	3.37
(-)-EGC	0.40 (80.0)	0.10 (20.0)	0.50
(-)-EGCg	2.38 (96.0)	0.10 (4.0)	2.48

* Total RSC is the value expressed the addition of RSC value for AAPH to that for AMVN.
[†] Each value in parenthesis is the percent of RSC for each azo radical against total RSC.

図2 AAPH-CL法とAMVN-CL法によるカテキ

ン類のラジカル捕捉活性

次に、カレーライスを調理加工品に用い、調理過程における抗酸化の変化を検討した。その結果、両測定法ともラジカル捕捉活性の変化を追跡することが可能であった。特に、野菜や肉を含む具を加熱することにより、水溶性・脂溶性を問わずラジカル捕捉活性が増加した。この理由として、加熱により特に野菜の細胞壁が軟化し細胞内部の抗酸化成分が漏出しやすくなったことが考えられる。図3と図4より、各調理加工工程においてラジカル捕捉活性を追及することにより、より適切な調理ならびに加工方法を検討することが可能となった。

結果 1-1
AAPH-CL法 ~L-アスコルビン酸相当量に基づく計算値~

表 5. AAPH-CL法におけるカレーの調理過程におけるラジカル捕捉活性
~L-アスコルビン酸相当量に基づく計算値~

調理過程	IC ₅₀ (%)	RSC** (L-アスコルビン酸相当量、 $\times 10^{-7}$)	1食あたりの重量 (g)	1食あたりの抗酸化能
①具 (未加熱)	0.0737	13.38	305	4,081
②具 (加熱)	0.0289	35.21	220	7,746
③カレー (未加熱)	0.0209	47.18	150	7,077
④カレー [②+③] (加熱)	0.0143	68.95	310	21,375
⑤炊飯米	0.1277	7.72	200	1,544
⑥カレーライス [④+⑤]	0.0294	42.14	510	21,911
L-ascorbic acid	$\times 10.986 \times 10^{-6}$	1.00		

*1 IC₅₀ of L-ascorbic acid = 0.056 μ mol = 0.936×10^{-6} (%)
IC₅₀ value of L-ascorbic acid
** RSC = IC₅₀ value of each cooking process

図3 AAPH-CL法によるカレーライス調理工程におけるラジカル捕捉活性の変化

結果 2-1
AMVN-CL法 ~ α -Toc相当量に基づく計算値~

表 7. AMVN-CL法におけるカレーの調理過程におけるラジカル捕捉活性
~ α -トコフェロール相当量に基づく計算値~

調理過程	IC ₅₀ (%)	RSC** (α -Toc相当量、 $\times 10^{-7}$)	1食あたりの重量 (g)	1食あたりの抗酸化能
①具 (未加熱)	0.1459	30.40	305	9,272
②具 (加熱)	0.0382	116.13	220	25,549
③カレー (未加熱)	0.0291	152.44	150	22,800
④カレー [②+③] (加熱)	0.0606	73.20	310	22,692
⑤炊飯米	0.1273	34.85	200	6,970
⑥カレーライス [④+⑤]	0.0945	46.94	510	23,939
α -Tocopherol	$\times 14.436 \times 10^{-6}$	1.00		

*1 IC₅₀ of α -Tocopherol = 0.103 μ mol = 4.436×10^{-6} (%)
IC₅₀ value of α -Tocopherol
** RSC = IC₅₀ value of each cooking process

図4 AMVN-CL法によるカレーライス調理工程におけるラジカル捕捉活性の変化

(2) 増粘剤を用いた調理加工品の評価
咀嚼嚥下者用の検討として、寒天・リンゴのすりおろし・大根・長いもによるトロミを付与した調理加工品を選んだ。この中で特に寒天やスクロースなどの糖類を共存させ加熱したところ、調理加工品（お茶寒天・リンゴのシロップ煮）のラジカル捕捉活性が有意に増加したことを見出した。リンゴのシロップ煮だけ結果（図5）を示す。

りんごのシロップ煮の結果

調理工程	IC ₅₀ (%)	1/IC ₅₀	1食あたりの重量 (g)	1食あたりの抗酸化能
①シロップ	0.5291	1.89	42	79.38
②りんご	0.0262	38.24	36	1376.67
③りんごのシロップ煮	0.0090	111.11	39	4333.33

(n=3)

図5 りんごのシロップ煮の調理工程におけるラジカル捕捉活性の変化

また、糖類でもカラギーナンやローカストビーンガム、そしてタンパク質系のゼラチンを主成分としたトロミ増粘剤を用い、調理加工品（おから入りチーズケーキ・きな粉豆腐ゼリー・かぼちゃプリン・ヒジキ煮ゼリー）を検討を行った。その結果、おから入りチーズケーキにおいて全ての増粘剤を用いても添加時に抗酸化は増強された。他の調理加工品においては顕著な傾向が見られなかった（図6）。

調理加工品	増粘剤			
	ゼラチンRR	ニューシルバー	クールアガー	EGクールアガー
おから入りチーズケーキ	↑	↑	↑	↑
きなこ豆腐ゼリー	↑	↓	↑	↓
かぼちゃプリン	↓	↑	↓	↑
ひじき煮ゼリー	↓	↓	↓	↑

図6 各調理加工品における増粘剤処理によるラジカル捕捉活性の変化

併せて物性の結果（図7）も示す。

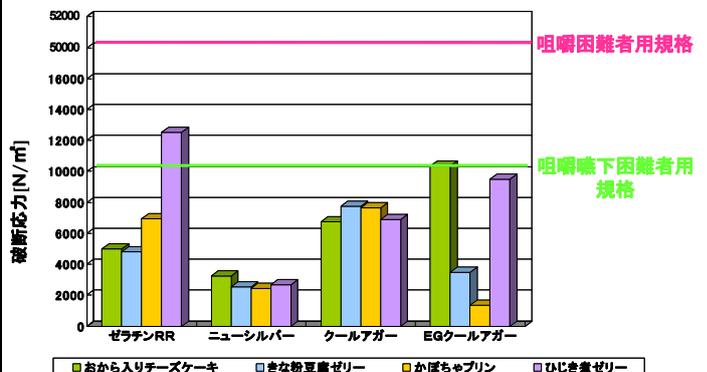


図7 各調理加工品の増粘剤添加に及ぼす破断応力

いずれの調理加工品も咀嚼困難者用食品の基準は満たしていた。

(3) スクロースによるアスコルビン酸保護効果

りんごのシロップ煮の結果に基づき、スクロースとアスコルビン酸による単純なモデル系を構築し、スクロースによるアスコルビン酸保護効果を検討した。その結果、スクロースは加熱によるアスコルビン酸のラジカル捕捉活性(図8)と量(図9)の減少を抑制することが判明した。その効果は、相乗的かつ濃度依存的であった。このことよりスクロースは加熱により影響を受けやすい食品成分に対して保護効果を有することが示され、今後、トロミと甘味を付与した咀嚼嚥下障害者食の献立づくりに大いに参考になることが期待される。現在、他の糖質による保護効果の検証を行っている。今後、タンパク質素材であるゼラチン系の増粘剤による効果も検証する予定である。

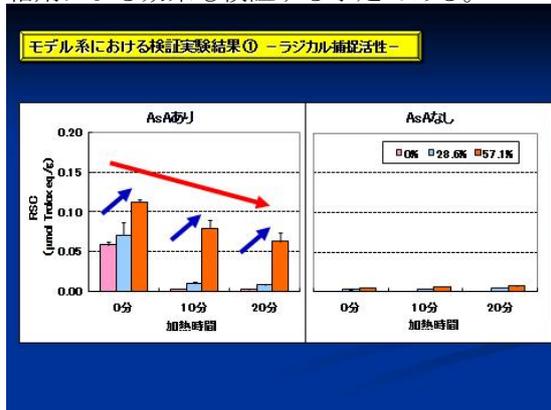


図8 スクロースによるアスコルビン酸のラジカル捕捉活性保護効果

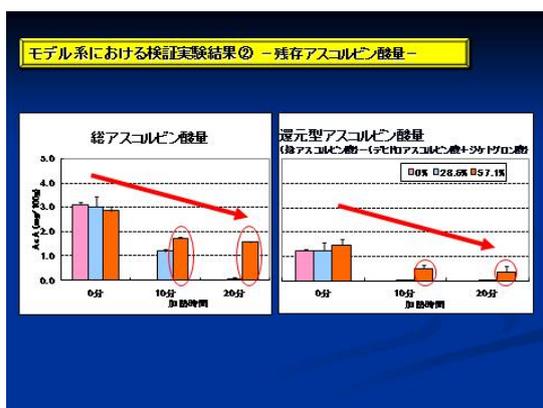


図9 スクロースによるアスコルビン酸残存の効果

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[学会発表] (計 7件)

(1) 竹本尚未、長谷川喜朗、北尾 悟、前田俊道、安藤真美、原田和樹、田村良行:「化学発光と蛍光発光に基づくペルオキシラジカル捕捉活性測定能の相関性」、日本農芸化学会 2009 年度大会、2009 年 3 月 29 日、マリンメッセ福岡

(2) 北尾 悟:「カンカニクジュヨウ抽出物の抗酸化評価」、第 2 回国際カンカニポジウム、2008 年 11 月 27 日、近畿大学

(3) 北尾 悟、長谷川朋子、森川敏生、二宮清文、吉川雅之、橋本直哉、坂本一民、吉岡正人、村岡 修:「Antioxidative and whitening effects of *Cistanche tubulosa* extract as a cosmeceutical ingredient」、25th IFSCC Congress、2008 年 10 月 8 日、バルセロナ・スペイン

(4) 北尾 悟、初谷奈保子、安藤真美:「スクロースによる抗酸化能保護効果」、日本調理科学会平成 20 年度大会、2008 年 8 月 30 日、椋山女学園

(5) 北尾 悟:「ルミノール化学発光を用いた各種ラジカル捕捉活性測定法の確立」、レドックス生命科学第 170 委員会第 19 回研究会、2008 年 8 月 1 日、御殿場高原ホテル

(6) 長谷川朋子、北尾 悟、安藤真美、前田俊道、原田和樹、葛谷恒彦、田村良行:「アズ化合物と化学発光を組み合わせたラジカル捕捉活性測定法を用いた調理加工品の抗酸化能の総合評価」、日本調理科学会平成 19 年度大会、2007 年 8 月 31 日、お茶の水女子大学

(7) 長谷川朋子、北尾 悟、安藤真美、前田俊道、原田和樹、葛谷恒彦、田村良行:「アズ化合物と化学発光を組み合わせたラジカル捕捉活性測定法の確立」、日本調理科学会近畿支部研究発表会、2007 年 7 月 7 日、京都ノートルダム女子大学

[図書] (計 1 件)

(1) 安藤真美、原田和樹、前田俊道、北尾 悟、永塚規衣、長尾慶子、田村良行: Transworld Research Network、「Antioxidative activity of seafood and sauce seasonings measured using the chemiluminescence method」、2008 年、393 - 412

6. 研究組織

(1) 研究代表者

北尾 悟 (KITAO SATOSHI)

大阪樟蔭女子大学・学芸学部・教授

研究者番号: 40150081