

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25 年 4 月 24 日現在

機関番号：16102

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2010～2012

課題番号：22500855

研究課題名（和文） 食前と食後に重点をおいた食物教材の開発

研究課題名（英文） The development of teaching materials for nutrients before and after a meal

研究代表者

前田 英雄（MAEDA HIDEO）

鳴門教育大学・大学院学校教育研究科・教授

研究者番号：90094044

研究成果の概要（和文）：

本研究では、食前や食後に栄養素を理解することができるように食品中のミネラルのうち磁気性をもつ鉄とビタミンCの理解を深め、可視化する教材開発を行った。食品中の鉄の有無を検証するため23種類の食品を灰化しネオジウム磁石との付着度合いを観察した。ビタミンCについては、酸っぱいというイメージをもっているためビタミンCのナトリウム塩やカルシウム塩を用いる官能検査や野菜や果物切片を用いてスタンプ法によるビタミンCの検出実験を行った。

研究成果の概要（英文）：

It is necessary to develop the teaching materials for the visualization of the nutrients. In this study, the teaching materials were developed for the visualization for mineral iron and ascorbic acid (vitamin C). For iron in the food, it was observed the adhesion degree of 23 kinds of food ashes with neodymium magnets. For vitamin C, it was performed the sensory test using sodium salt and calcium salt of vitamin C and stamping test of the cut end of vegetables and a fruits using a dyed paper with 2,6-dichlorophenol indophenol.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	600,000	180,000	780,000
2011年度	500,000	150,000	650,000
2012年度	300,000	90,000	390,000
年度			
年度			
総計	1,400,000	420,000	1,820,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：科学教育・教育工学，科学高等教育

キーワード：無機質，鉄分，ネオジウム磁石，授業実践，ビタミンC，可視化，インドフェノール，アンケート調査

1. 研究開始当初の背景

我が国の食をとりまく環境として、特にあ

げられるのが、食糧自給率の低下（40%）、生活習慣病（糖尿病，高脂血症，高血圧，心臓

血管疾患等)の増加,食生活の自立の低下であり,食教育や栄養教育の教授方法について検討した。

本研究では,これまでの「いかに食べるか,どのように食べるか」から「食前において食物中の栄養素を可視化することにより食事の機能や栄養素の役割の理解を助け,食後の生活実践にどのように児童が生かしていくかを中心に教材を開発した。特に食前に食物中に含まれている栄養素の中でミネラル中の鉄やビタミンCを可視化する教材開発を行った。

2. 研究の目的

平成24年度より全面的に新学習指導要領の実施が行われた。特に小学校ではこれまで中学校の内容であった栄養素について五大栄養素と食品の体内での主な働きを中心に扱うことように改訂が行われた。また,中学校では1年前の平成23年度から学習指導用要領の改訂で栄養素の種類と働きを知り,中学生に必要な栄養の特徴について考えることと謳われている。食前の教育として,食品そのものは子どもが比較的理解しやすいが,食品の中に含まれる栄養素については,それを概念的に捉えており,また,目で見えることができないため多くの教育現場で理解させるのが難しい内容である。本研究では五大栄養素の中でも無機質の栄養素とビタミンCについて焦点をあてて研究を行った。無機質ではその中でも鉄をとりあげ,鉄の不燃性と強磁性に着目しネオジウム磁石に付着する性質を利用した教材開発を研究した。また,ビタミンの中でもビタミンCは日常生活においてレモン何個分のビタミンCという表現が用いられるが,実際にはビタミンCを多く含むものが,必ずしも酸味を感じる食品ではない場合が多い。そこで,ビタミンCとその

塩化合物であるビタミンCのナトリウム塩やビタミンCのカルシウム塩を比較し,舌で感じる酸味と食品のビタミンCの含有量との違いとその科学的な裏付けを伴った実験を行った。また,小学生を対象にした視覚的にビタミンCの含有量が分かり,ビタミンCの理解を一層深められる教材の開発を実施した。

3. 研究の方法

(1)鉄の可視化を試みるために下記に示した5つの実験を行った

実験1:食品成分表を参考に鉄分を多く含む食品を23種類(長ひじき,カットわかめ,青のり,煮干(肝臓),花かつお,鶏レバー,切り干し大根,凍り豆腐,冷凍枝豆,小松菜,ほうれん草,いりごま,大豆,パセリ,バジル(自家製),タイム,コショウ,アーモンド,煎茶,紅茶,きくらげ,バジル(市販),ココア(ピュア))を選び,鉄の性質が現れやすいよう灰化した。

実験2:実験1で作成した灰を用いてネオジウム磁石との付着実験を行った。

実験3:食品を灰化せずに鉄分が含まれていることを示す方法として,青のりのメッシュの大きさによりネオジウム磁石との付着性を検討した。

実験4:Fe分析用試験紙(和光純薬(株)Fe-Cテストワコー)による鉄分(鉄,二価鉄)の測定:実験1で得られた灰を0.4N塩酸1mlと混合し,遠心分離した。得られた上清をFe分析用試験紙(鉄,二価鉄)に滴下し,試験紙の色を観察することにより含まれる鉄の濃度を簡易測定した。

実験5:実験4で得られた上清から分光光度計を用いて鉄濃度を測定した。分光光度計で鉄の濃度を測定後,食品100gあたりの鉄量を求めた。

(2) 食品の酸味とビタミンCの含有量に関して下記の4つの実験(実験6～実験8)と意識調査を行った。

実験6: 検知閾値と認知閾値を調べる官能検査

ビタミンCおよびその塩化合物、グルタミン酸およびグルタミン酸ナトリウムのモル濃度を7段階に設定して検知閾値と認知閾値を検査した。

実験7: インドフェノール法によるビタミンCの定量実験

ビタミンCおよび各塩溶液を5%酢酸で溶解した。これを0.01%インドフェノール溶液で滴定し、ピンク色に着色した点を終点とした。

実験8: pHメーターによるビタミンCの水素イオン濃度の測定

ビタミンCおよびその塩化合物、グルタミン酸およびグルタミン酸ナトリウム溶液の各900 μ M溶液の水素イオン濃度の測定を行った。

実験9: スタンプ法による野菜や果物のビタミンCの簡易検出

0.1% 2,6-ジクロロフェノールインドフェノール溶液を染みこませたろ紙を乾燥し、それを用いて19種類の食品の切断面や飲料水を滴下させてビタミンCの簡易検出ができ、視覚的に理解出来る実験を行った。検出方法としてはキッチンペーパーの上に検出紙を置き、食品の切断面を押し当て3秒数えた。青い検出紙が白色に変化するとビタミンCが検出されたということになる。

意識調査: 大学生を対象にしたビタミンCの意識調査

アンケート内容は、教員養成課程の大学生(17名)にビタミンCの理解度と子どもへのビタミンCの説明をするために下記の6項目(ビタミンCに抱くイメージカラーを「ビタ

ミンCといえど何色を想像するか)、ビタミンC含有量が多い食品を「どの食品にビタミンCは多く含まれていると思うか)、ビタミンCの栄養素的な働きを「ビタミンCの栄養素の働きは何だと思うか)、3色食品群でのビタミンCの役割「ビタミンCの役割を3択(エネルギーになる・体をつくる・体の調子を整える)、ビタミンCを含む食品の酸味の違い: ビタミンCを多く含む食品での「酸っぱい」、 「酸っぱくない」の違いは何か、子ども(小学生)に対するビタミンCの説明「ビタミンCってどんなもの?」と聞かれたらどのように説明するか)を質問した。(記述)

4. 研究成果

(1) 無機質(鉄)の教材開発

実験1: 食品の灰化

図1は燃焼の様子と食品と灰のかさの違いを観察した結果である。上側が大豆の燃焼の様子で、下側は青のりの燃焼前と燃焼後のかさの違いである。炭水化物や脂質、たんぱく質などの有機物がほとんど燃えて二酸化炭素と水に分解されるため、不燃性の無機質が得られた。

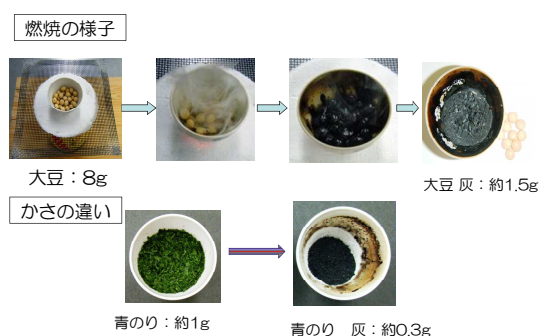


図1 大豆の燃焼の様子と灰化後のかさの状態

実験2の結果

図2は実験1で調整した23種類の灰の一部(青のり、ほうれん草、バジル(自家製:

大学圃場で栽培および市販：エジプト産）、ココア粉末）を用いてネオジウム磁石との付着実験を行った。ネオジウム磁石の静電気を除去後、灰との付着状況を観察した。かっこ【】の数字は、食品成分表に示された食品100gあたりの鉄量（mg）を示している。青のりとほうれん草を比較すると食品成分表の値と同様にほうれん草より青のりの灰に鉄分が多いことが明らかである。また、市販のココアは磁石と付着する鉄分が多く、食品成分表よりも見た目には多く付着した。

ネオジウム磁石との反応の様子



図2 ネオジウム磁石との反応の様子

実験3の結果

図3はふるい後のパセリのサイズとネオジウム磁石への付着度を観察した。600 μ m以上の大きさのパセリはほとんど磁石に付着しなかった。しかし、600 μ m-400 μ mから300 μ m-200 μ mとメッシュが小さくなるにつれて磁石の表面を覆うように多く付着した。

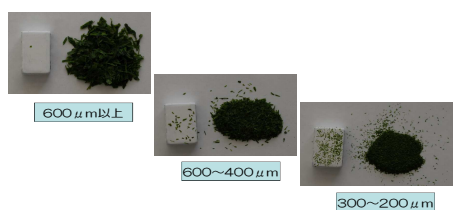


図3 ふるい後のパセリのサイズとネオジウム磁石との反応の様子

実験4の結果

実験4の鉄分析用試験紙による結果から食品の中でも長ひじき、青のり、煮干し、鶏レバー、炒りごま、大豆、タイム、市販バジル、ココアには鉄が多く含まれていることが示唆された。

実験5の結果

実験4で得られた上清を鉄測定用のキットにより分光光度計で測定した分析結果から食品成分表の数値に近似値を示した灰も多くあるが、その差が大きな灰もある。特にココアは、ネオジウム磁石にも多く付着して反応性もよく、鉄濃度も高い値を示しているが、食品成分表値との乖離が大きく異なった原因は不明であった。

(2) 無機質（鉄）の可視化に対する授業実践

①教科書分析

小学校では無機質の取り扱いはカルシウムのみであった。中学校の教科書では、東京書籍では鉄は血液をつくるもとであるとか、鉄が不足すると貧血になるとの記載があった。また、開隆堂では鉄は体内に酸素を運ぶ血液の重要な成分であり、不足すると貧血になるとの記載があった。また、高等学校の「家庭基礎」での鉄に関する内容では、血色素（ヘモグロビン）、筋肉の構成成分、ビタミンCにより吸収が促進される、タンニンによる吸収阻害および鉄を含む食品等が記載されていた。

②中学校における授業実践

徳島県のA中学校で2011年11月-12月に総合的な学習の時間の家庭科選択者（中学校2年生女子12名）を対象に3回の授業実践（計8時間）を行い、題材として「わたしたちの食生活 栄養素の働きを知ろう」を設定した。

1回目の「鉄について知ろう」の学習においては、中学生の鉄の推奨量が（12～14歳）で男子が11.5mg/日、女子が13.5mg/日と鉄

以外の栄養素の必要量が男子より多いあるいは同量であるが、この鉄に関しては女子の摂取量が多いことを示し、鉄を含む食材として動物性食品の例（レバー（豚・鶏・牛）、ひき肉、あさり、いわし等）や植物性食品の例（ひじき、小松菜、パセリ、ココア等）を学習した。この学習では実験1の食品を灰化したものを見せ、ネオジウム磁石による付着実験を行い、付着したものが鉄分であることを学習し、生徒の栄養素への興味を視覚的に刺激した。2回目の「調理実習の計画をたてよう」の学習では、各メニューの中に含まれる鉄分量についても食品成分表を用いて計算（ハンバーグ 2.4mg, ひじきのサラダ 2.7mg, コンソメスープ 1.1mg, ココアもち 0.9mg）させ、また、1食分に含まれる鉄摂取量（7.1mg）と一日の中学生女子の必要量（13.5mg）を比較させた。3回目の「鉄分たっぷり料理を作ろう」の学習では、鉄を多く含む食品を用いた調理（関心・意欲・態度）と調理器具を正しく使用し、調理ができる（技能）を目標とした。この授業実践から灰は小さく細かいため、一斉授業では提示しにくい実物投影機などの使用による見せ方の工夫が必要である。さらに学習指導要領など鉄の取扱い内容が少ないため授業内での位置づけを考慮しなければならないし、メイン教材にするには限界があり補助教材としての有効性が考えられた。

③高等学校における授業実践

兵庫県のB 高等学校1年生8クラス計318名(男子168名,女子150名)を対象とした「家庭基礎」の授業の中で、鉄分の可視化に関する実験を取り入れた実践を各クラス1時間行った。この授業実践の成果は、学会で発表する予定である。(平成25年度日本家庭科教育学会, 弘前大学, 平成25年6月30日発表予定)。

④食品の酸味とビタミンCの含有量に関する4つの実験結果

実験6の結果：官能検査(ビタミンCとグルタミン酸)

検知閾値についてビタミンCの3種類で比較してみると、ビタミンCはモル濃度 $562\mu\text{M}$ で約94%の人が検知閾に達している。それに比べて、同じモル濃度でビタミンCナトリウムでは約52%、ビタミンCカルシウムでは約58%の人しか検知閾に達していない。一方、グルタミン酸はモル濃度 $1125\mu\text{M}$ で100%の人が検知閾に達しているが、同じモル濃度でグルタミン酸ナトリウムでは約82%人しか、検知閾に達していないことが示された。

次に、認知閾値についてビタミンCの3種類で比較した。ビタミンCはモル濃度 $1125\mu\text{M}$ で約70%の人が認知閾に達している。ビタミンCナトリウムではモル濃度 9mM で約47%の人が認知閾に達した。ビタミンCカルシウムでは、モル濃度 9mM で約41%の人が認知閾に達した。

グルタミン酸2種類で比較してみると、グルタミン酸ではモル濃度 $1125\mu\text{M}$ で約76%の人が認知閾に達している。グルタミン酸ナトリウムでは、モル濃度 9mM で約82%の人が認知閾に達した。

実験7の結果：インドフェノール法によるビタミンCの定量

ビタミンCおよびその塩化合物の結果からビタミンCとビタミンCナトリウムとは、2,6-ジクロロフェノールインドフェノールの滴定量に大差はなかった。

実験8の結果：pHメーターによる水素イオンの測定

$900\mu\text{M}$ の各溶液を調整し、pH値を測定した結果、ビタミンC溶液ではpH 3.9、ビタミンCのナトリウム塩ではpH 5.52、カルシウム塩ではpH 5.04を示した。また、グルタミン酸はpH 3.88およびグルタミン酸ナトリウムではpH 5.16であった。

実験9の結果：ビタミンCの簡易検出(スタンプ検出)

インドフェノールで染色した検出紙と野菜や果物との反応結果を図4に示した。じゃがいもでは、検出紙との反応は弱い但全体的に反応して白くなった。特に果皮と中心部分がよく反応した。ピーマンでは、果肉の部分が強く反応して白くなった。赤パプリカでは、果肉の部分が特に強く反応して白くなった。ニンジンでは、検出紙との反応は弱い但、果皮の部分が反応して白くなった。レモンでは、果肉の部分が反応して白くなった。ビタミンウォーター（ビタミンC含有量200mg/dl）では、白色の反応を示した。アセロラ（ビタミンC含有量35mg/dl）では、中心部が白色の反応で、その周りがピンク色の反応を示した。



図4 スタンプ検出による野菜と飲料水中のビタミンC

(日本食品成分表に記載されているビタミンCの量は食品100gあるいは飲料水100ml当たりそれぞれパプリカ：170mg、レモン：100mg、ピーマン76mg、じゃがいも：35mg、にんじん：4mg、オロナミンC：220mg、ビタミンウォーター：200mg、アセロラドリンク：35mgである)

以上のことから、食品の酸味とビタミンCの含有量との関係は、ビタミンCの塩化合物に着目して考えると濃度の違いや、構造式の違いや、水素イオン濃度の違いなどによって酸味が左右されているのではないかと推察された。しかし、それらのことだけが原因ではなく食品中の他の栄養素の働きやクエン酸などの他の酸味の働きが影響していることも考えられる。どのような要因によって酸味が左右されているのか、また食品中に今回使用したビタミンCの塩化合物の存在の有無について確認することが課題として残った。また、教材開発においては、今回は小学校での授業実践まで至らなかったため、実際に子どもがビタミンCに対して理解を深められる教材として有効であるかどうか今後の課題として残った。

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2件)

①食品に含まれる鉄分の可視化に関する教材開発と授業実践日本家庭科教育学会(東京学芸大学, 平成24年6月30日), 発表者: 前田英雄

②子どもの適応と健康を守る予防教育開発の研究～子どもの生活習慣と生体リズム～日本家政学会中国四国支部大会(山口県立大学, 平成22年10月10日), 発表者: 前田英雄

6. 研究組織

(1) 研究代表者

前田 英雄 (MAEDA HIDEO)
鳴門教育大学・大学院学校教育研究科・教授
研究者番号：90094044

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし