

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 7 日現在

機関番号：32670

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26350105

研究課題名(和文) 栄養面に配慮した食物アレルギー対応食品のデザインとその社会実装性の評価

研究課題名(英文) Design of a nutritious allergen-free food and evaluation of its potential for acceptance

研究代表者

藤井 恵子 (FUJII, KEIKO)

日本女子大学・家政学部・准教授

研究者番号：20186480

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：本研究において、食物アレルギー(FA)患児の食生活を調査することにより、加工食品の選択肢が狭く、特に外食や旅行でのQOLの低下についての実態が浮き彫りになった。FA児が安心して食べられる間食や食事に利用できる食品として、鶏卵、牛乳、小麦不使用の米粉マフィンを調製した。トレハロースを利用することにより米粉マフィンの物性が改善され、老化を抑制することができた。保存方法としては冷凍保存が有効であることが示された。人参パウダー、紫芋パウダーの添加によりさらにマフィンの物性が改善し、栄養面での付加価値も加えることができた。食べやすさの面からもFA児に受け入れられるのではないかと考えられた。

研究成果の概要(英文)：We investigated the diets of food allergic children (FA children) in this study. Because choices of processed foods are significantly limited, their QOL (quality of life) is low, especially in terms of dining out and traveling. Thus we tried to produce a rice muffin without egg, milk and wheat as a meal for FA children. The texture of the rice muffin was improved by adding trehalose. Freezing was effective for preservation of the muffin. The physical and nutritional qualities of the rice muffin were improved by addition of carrot powder and purple sweet potato powder. These results indicated that a rice muffin with added vegetable powder could be an easily accepted meal choice for FA children.

研究分野：調理科学

キーワード：食物アレルギー アレルギー対応食品 グルテンフリー 米粉 マフィン 豆乳 野菜パウダー 物性

1. 研究開始当初の背景

食物アレルギーをもつ子どもたち(以下 FA 児)の食生活においては、家庭内外とも QOL が低いことが報告されている。小児の食物アレルギーの原因食物の上位である鶏卵、牛乳、小麦は通常の食生活で食卓にのぼる頻度、加工食品への使用頻度が高く、鶏卵、牛乳、小麦の FA 児が安心して食べられるものを手に入れることが難しいことは容易に想像できる。

2. 研究の目的

これまでに食物アレルギーによる QOL の低下についての報告は行われているが、食物アレルギーに対応した食品として FA 児がどのようなものを望んでいるかを調査した報告はない。そこで、FA 児の主要原因食物である鶏卵、牛乳、小麦を除去している患者がどのような食品を求めているかなどの調査を行い、その実態を明らかにし、さらに、鶏卵、牛乳、小麦のアレルギーに対応した主食や間食に利用できる食品を開発することを目的とした。

3. 研究の方法

(1) 食物アレルギー児の食生活における実態調査

調査は、国立病院機構相模原病院小児科に通院する食物アレルギー患者のうち鶏卵、牛乳、小麦のいずれかを除去している FA 児 102 名および東京都内の小学校に通う児童 235 名およびその保護者を対象として、調査票を用いて行った。回答の方法は、留置調査法とした。検定は、²検定、Mann-Whitney の U 検定、Fisher の正確確率検定を用いた。

(2) 食物アレルギーに対応した食品の開発

マフィンの材料は、米粉、無調整豆乳、グラニュー糖、ベーキングパウダー、米油を用いた。物性改善目的、および栄養強化目的で調製したマフィンの材料としては、黒糖、トレハロース、小松菜パウダー、人参パウダー、紫芋パウダーを使用した。

- 米粉マフィンの老化を抑制するためにグラニュー糖の濃度がマフィンの特性に与える影響を検討した。
- グラニュー糖の最適配合割合を他の糖に置換した場合に、マフィン生地およびマフィンの物性に与える影響を検討した。他の糖として、黒糖およびトレハロースを選択した。
- 米粉マフィンに栄養面で付加価値を付けるため、b で最適と判断されたマフィンに、

小松菜のパウダー、人参パウダー、紫芋パウダーを添加した。

測定項目および統計解析

米粉の粉体特性として、成分、水分含量、澱粉損傷度、吸水性、糊化特性を測定し、電子顕微鏡観察を行った。マフィン生地の特性として、みかけの粘度、動的粘弾性を測定した。マフィンの特性として、比容積、水分含量、破断特性、テクスチャー特性、色度、老化特性を測定し、官能評価を行った。統計解析には、医療統計解析ソフト Graph Pad Prism 6 日本語版を用いた。マフィンの生地、物性は一元配置分散分析法、t 検定、官能評価は Wilcoxon の符号付順位検定、t 検定で解析した。

4. 研究成果

(1) 食物アレルギー児の食生活における実態調査

調査に協力してくれた FA 群は 105 名、コントロール群は 232 名で、平均年齢は、FA 群が 7.8 歳、コントロール群が 8.9 歳で、調査票記入者は主に子どもの母親であった。

「子どもがふだん間食として食べているもの」は、FA 群では、せんべいが 30.8% で最も多く、次いでスナック菓子が 16.3%、ゼリーが 7.7% で上位にあがり、コントロール群ではビスケットが 17.0% で最も多く、果物が 12.9%、アイスクリームが 10.3% であった。

子どもの食生活で「加工食品の購入について困っているか」は、「非常にそう思う」、「少しそう思う」と回答したのが FA 群では 69.5% であったのに対し、コントロール群では 26.7% であり、両群間に有意な差が認められ (Fig.1)、食物アレルギーがあることにより、保護者らは加工食品の購入に関して苦労している様子を察することができた。

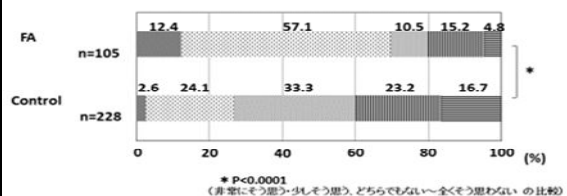


Fig.1 加工食品の購入について困っているか

■ 非常にそう思う ■ 少しそう思う ■ どちらでもない
■ あまりそう思わない ■ 全くそう思わない

「外食、旅行について困っているか」についても FA 群はコントロール群に比べて有意に「非常にそう思う」、「少しそう思う」の回答割合が高く、外食は 49.5% が (Fig.2)、旅行

は66.7%が「非常にそう思う」と回答した。

FA群では、家庭内外の食事の場面で食品選択などに制限があり、FA児およびFA児の家族のQOLが低下していることが明らかとなった。

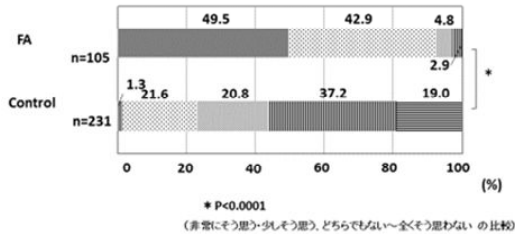


Fig.2 外食について困っているか

■ 非常にそう思う ■ 少しそう思う ■ どちらでもない
■ あまりそう思わない ■ 全くそう思わない

また、「子どもの栄養が充分にとれていると思うか」については、「非常に不安」、「少し不安」と回答したのがFA群では74.2%であったのに対し、コントロール群では53.7%であり、両群間に有意な差がみられた。FA群では除去食物があることによる子供の栄養状態を不安に思っていることが明らかとなった。

FA群では食物アレルギーに配慮された食品に満足していない割合は20.2%であった。満足していない理由として、「価格が高い」、「種類が少ない」、「美味しくない」などがあがった。「食物アレルギーに配慮された食品に期待すること」は、FA群で、「種類の充実」、「価格を安くしてほしい」、「おいしさ」、「原材料表示のわかりやすさ」、「誰もが食べられるもの」、「販売方法のわかりやすさ」が上位にあがり、満足していない理由がそのまま期待する項目となっていた(Fig.3)。

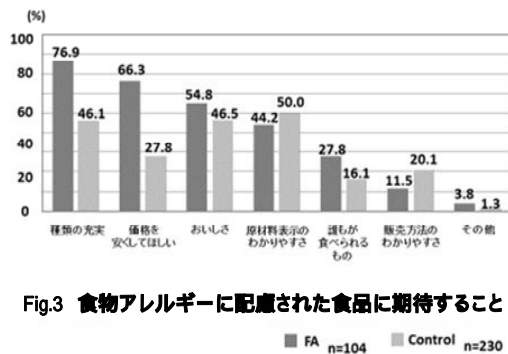


Fig.3 食物アレルギーに配慮された食品に期待すること

FA群で、「食物アレルギーに配慮された食品で市販を望むもの」として、「菓子パン」、「アイスクリーム」、「ドーナツ」、「ビスケット・クッキー」が上位を占め、弁当に利用できる食品やケーキなど回答は多岐に渡った(Fig.4)。これらのことから、現在の市場に出回っている食物アレルギー対応食品の種

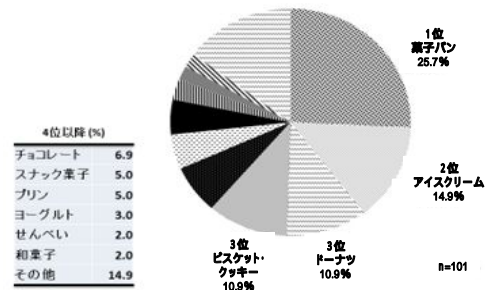


Fig.4 食物アレルギーに配慮された食品で市販を望むもの [FA群]

類や価格、美味しさに満足しておらず、食物アレルギーがあっても食べられる菓子パンなどの洋菓子類の充実を望んでいることが明らかとなった。

また、FA児の保護者らは、子どもの栄養状態に関して不安を感じていた。先行研究において特に牛乳アレルギー児のカルシウム不足については報告がされており、本研究でも同様の結果となった。

本調査の結果より、鶏卵、牛乳、小麦のFA児が安心して美味しく手軽に食べることができ、カルシウムなどの栄養摂取不足への配慮がされ、食物アレルギーのない子どもたちと共に楽しむことができ、食事や間食に利用可能なアレルギーに対応した食品の必要性が明らかとなった。

(2) 食物アレルギーに対応した食品の開発

食物アレルギー対応食品の実態調査の結果を踏まえ、鶏卵、牛乳、小麦を使用しない米粉マフィンを開発し、その物性、嗜好性及び保存性を明らかにすることを目的とした。

1) 米粉の粉体特性

米粉の粉体特性については、たんぱく質含量は6.4%、でんぷん含量は77.8%、アミロース含量は15%、アミロペクチン含量は85%、水分含量は13.1%、澱粉損傷度は2.3%であった。また粒径は、平均粒径は34.3 μm、体積基準平均径は45.5 μm、最小粒径は0.6 μm、最大粒径は251.8 μmであった。糊化特性においては、糊化開始温度が69.8、最高粘度が2.3Pa・sであった。先行研究では、中アミロース米で、澱粉損傷度が少なく、63 μm以下の粒径割合が多い米粉が製パン性に優れていると報告されており、今回使用した米粉がマフィンの調製に向いていると考えられた。

2) マフィンの特性に及ぼす糖濃度の影響

マフィンの特性

マフィンの比容積は、グラニュー糖濃度

0%が最も低く、16%のマフィンの比容積が最大となった。マフィンの破断応力については、初期弾性率、25%、40%、75%圧縮時応力いずれもグラニュー糖濃度 16%のマフィンが他のマフィンに比べて有意に小さい値を示し、軟らかいマフィンとなった(Fig.5)。

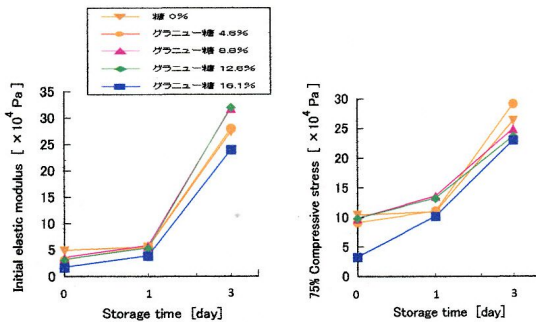


Fig.5 生地破断特性における糖濃度の影響

マフィンの特性に及ぼす糖の種類の影響

a. 糖の種類の影響

マフィン生地に対してグラニュー糖濃度が 16%の場合にマフィンの比容積が最も高くなり、軟らかく調製でき、マフィンの外観も美しく仕上がった。従って、FA 児にとってグラニュー糖濃度 16%のマフィンが食べやすいのではないかと考えた。しかし、保存日数の増加に伴い、マフィンが硬くなるため、グラニュー糖を他の糖に置換することでマフィンの老化を抑制できないかと考え、黒糖およびトレハロースの効果を検討することとした。

b. マフィン生地の特性

黒糖マフィンの生地は、ずり速度が低いときはグラニュー糖濃度 16%(以下グラニュー糖とする)のマフィン生地よりも粘度が高かったが、ずり速度が高くなるにつれてグラニュー糖の生地より粘度が低くなる傾向を示した。一方、トレハロースのマフィン生地は、ずり速度の大きさに関係なくグラニュー糖のマフィン生地よりも、粘度が低くなり、さらさらとした生地であった。黒糖の生地は、貯蔵弾性率 G' 、損失弾性率 G'' とともに他の 2 種のマフィン生地よりも高くなり、これは黒糖にはミネラルなどが多く含まれているためではないかと考えられた。一方、トレハロースの生地は、他の 2 種のマフィン生地よりも貯蔵弾性率 G' 、損失弾性率 G'' とともに低くなった。また、温度上昇に伴い損失正接 $\tan(\delta)$ が 1 より小さくなり、固体的になったのは黒糖生地が最も速く、トレハロースのマフィン生地が最も遅く、糊化開始温度が高くなった (Fig.6)。

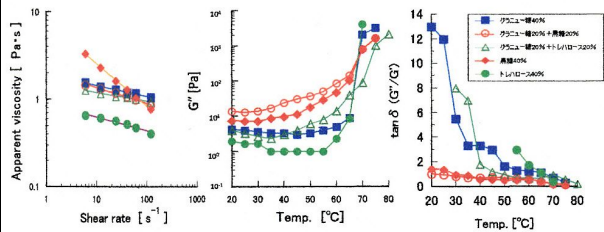


Fig.6 生地の流動特性における糖の種類の影響

c. マフィンの特性

マフィンの比容積、水分含量、硬さは、保存 3 日目になると、トレハロースが 2.8×10^5 Pa、グラニュー糖が 4.7×10^5 Pa、黒糖が 3.1×10^5 Pa となり、トレハロースのマフィンは他の 2 種のマフィンに比べて有意に軟らかかった。色度は、各マフィンにおいて保存による大きな変化は見られなかった。

糖置換の影響

トレハロースを使用したマフィンの物性は硬化抑制の観点から非常に良好であった。一方、黒糖マフィンは、グラニュー糖マフィンと物性が似ていた。

マフィンの甘さを考慮し、グラニュー糖の 50%を黒糖に置換したマフィンおよびグラニュー糖の 50%をトレハロースに置換したマフィン(甘味度を考慮して米粉 100g に対してトレハロース 44g で調製。グラニュー糖濃度 7.6%、トレハロース濃度 16.8%)を調製することとした。また家庭での利用しやすさを考慮して冷凍保存の影響も検討することとした。

a. マフィン生地の特性

グラニュー糖 + 黒糖、グラニュー糖 + トレハロースの生地は、いずれも、グラニュー糖の生地の粘度に近い値となった。黒糖を含む生地は、貯蔵弾性率 G' 、損失弾性率 G'' とともに黒糖を含まないマフィン生地よりも高くなり、黒糖生地の粘度への影響が大きいことが明らかとなった。また、トレハロースの生地は、他の 2 種の糖を添加したマフィン生地よりも、糊化開始温度が高くなったが、グラニュー糖 + トレハロースの生地は、トレハロースの生地よりもグラニュー糖の生地の粘度に近くなった。グラニュー糖 + 黒糖のマフィン生地の損失正接 $\tan(\delta)$ は、20 で 1 より小さく、加熱前から粘性要素よりも弾性要素が大きいことが示された。グラニュー糖 + トレハロースのマフィン生地の \tan が 1 より小さくなったのは 50 付近であった。黒糖が添加されるとマフィン生地は硬く、糊

化開始温度が低くなり、トレハロースが添加されるとマフィン生地が軟らかくなり、糊化開始温度が高くなるという特徴が明らかとなった(Fig.6)。

b. マフィンの特性

糖置換マフィンの比容積に有意な差はなかった。水分含量の変化率は、常温保存では保存3日目でグラニュー糖添加が最も低く、0.8%となったが、冷凍保存でも同マフィンの保存60日目で0.9%であった。また、硬さは、焼成日ではグラニュー糖+黒糖のマフィンが他の2種に比べて有意に高値となり、常温保存3日目はグラニュー糖+トレハロースのマフィンが他の2種に比べて有意に低値となった。冷凍保存により、破断特性、テクスチャー特性に大きな変化はなく、冷凍保存の有効性が示された(Fig.7)。

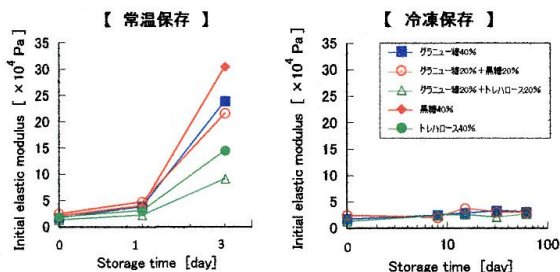


Fig.7 マフィンの保存性における糖の種類の影響

c. 官能評価

グラニュー糖マフィンおよびグラニュー糖+トレハロースのマフィンの官能評価を行った。グラニュー糖マフィンに比べて、グラニュー糖+トレハロースのマフィンは、分析型の項目では、‘もちもちしている’、‘しっとりしている’と評価され、嗜好型の項目では、香り、および総合評価で有意に‘好ましい’という結果になった。きめ、やわらかさ、甘さ、後味については有意差は認められなかった。

3) マフィンの特性に及ぼす野菜パウダー添加の影響

グラニュー糖+トレハロースのマフィン生地に野菜パウダーを添加することで栄養面の付加価値をつけることを検討した。小松菜パウダーは予備実験の結果より青臭さが強く、単独での利用は難しかったため、米粉100%に対して小松菜5%、人参15%を混合した。人参パウダー単独は20%添加した。紫芋は予備実験よりでんぷん質が強く、硬くなりやすかったため10%の添加とした。

a. マフィン生地の特性

野菜パウダーを添加したマフィン生地は、無添加の生地と比べ、25℃で貯蔵弾性率G'、損失弾性率G''ともに高く、温度の上昇に伴う変化は小さく、粘弾性の温度依存性は小さいことが示された(Fig.8)。

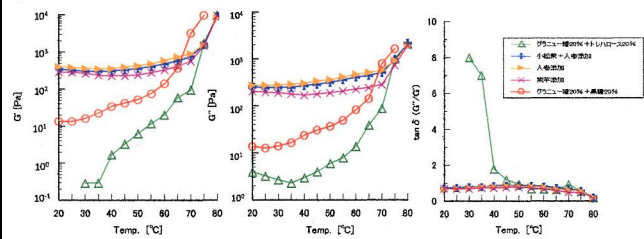


Fig.8 マフィンの生地の粘弾性における野菜パウダー添加の影響

b. マフィンの特性

マフィンの比容積は人参添加マフィンが $1.75 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{kg}$ で最も大きく、グラニュー糖+トレハロースおよび小松菜+人参添加マフィンが $1.67 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{kg}$ 、紫芋添加マフィンが $1.61 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{kg}$ で、グラニュー糖+トレハロースマフィンと人参添加マフィン間に有意な差がみられた。人参に含まれる食物繊維が影響した可能性が示唆された。一方、破断特性およびテクスチャー特性の結果では、硬さの値が小さかったのは、グラニュー糖+トレハロースのマフィンで、常温保存による硬さの変化率は野菜パウダー添加マフィンが低かった(Fig.9)。冷凍保存による変化はそれほど見られなかった。

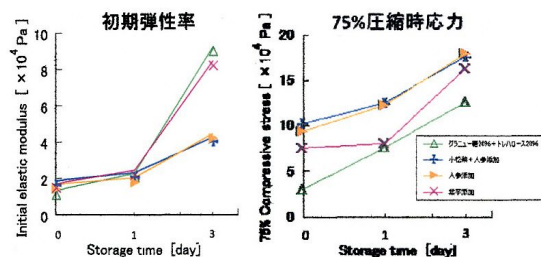


Fig.9 マフィンの破断特性における野菜パウダー添加の影響

c. 官能評価

グラニュー糖+トレハロースのマフィンを基準として、人参添加マフィン、紫芋添加マフィンの官能評価を行った。人参添加マフィンは、基準のマフィンに比べて、‘もちもちしていない’と評価されたが、総合評価で‘好ましい’という評価となった。紫芋添加マフィンは、きめ、やわらかさ、しっとり感において優れており、香り、総合評価で高評価となった(Fig.10,11)。

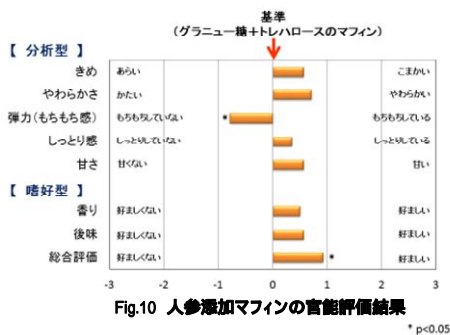


Fig.10 人参添加マフィンの官能評価結果 * p<0.05

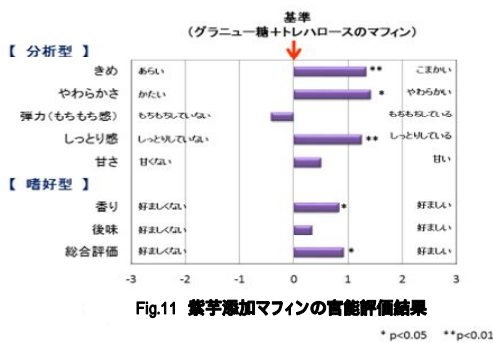


Fig.11 紫芋添加マフィンの官能評価結果 * p<0.05 ** p<0.01

(3) 結論

FA 児が食べられる食品として鶏卵、牛乳、小麦不使用の米粉マフィンを調製した結果、安全性のみでなく、美味しく、栄養面に配慮したマフィンを調製することができた。

グラニュー糖とトレハロースを併用して調製したマフィンは、老化抑制効果が大きくなった。冷凍保存はマフィンの焼成日の物性に近い状態を維持することができた。カルシウム付加を目的に添加した小松菜パウダー添加マフィンは独特の香りが強く、問題が残ったが、人参パウダー添加マフィンは、物性の改善や老化抑制の効果を期待でき、人参パウダー無添加のマフィンに比べてマフィン 1 個あたりのカルシウムが 16.7 mg と約 3 倍量になり、官能評価でも高評価で、実用化に向けて期待できる結果となった。紫芋パウダー添加マフィンは、焼成日において、人参添加マフィンに比べて硬くなりにくい傾向が見られ、官能評価でも評価が高く、実用化を前向きに検討できる結果であった。人参パウダーおよび紫芋パウダーを添加したマフィンは、食べやすさの面からも FA 児に受け入れられるのではないかと考えられた。

(4) 総括

本研究において、FA 児の食生活の実態を調査することにより、FA 児の食に関する様々な場面での QOL の低下が浮き彫りになった。FA 児の保護者らは、菓子パン、アイスクリーム、ドーナツなどの食品が市販されることを望んでいたことから、FA 児が安心して、間食

や食事に利用できる食品として、米粉を利用したマフィンの開発を目的として調製を行った。トレハロースを利用することにより米粉マフィンの物性が改善され、老化を抑制することができた。さらに野菜パウダーを添加することによってマフィンの物性を改善することができ、栄養面での付加価値も加えることができ、実用化を検討できそうなマフィンを調製することができた。本研究の成果を活かして、FA 児の QOL 向上に貢献できる食品の開発を今後も考えていきたい。

5. 主な発表論文等

[学会発表](計 4 件)

Michiko Tsuji, Keiko Fujii, Development of a Novel Fermented Food Made with Germinated Soybean Flour and Rheological Properties during Dough Fermentation, International Federation for Home Economics XXIII World Congress 2016, 2016 年 8 月 3 日、韓国

林 典子、辻 美智子、藤井 恵子、食物アレルギーに対応した米粉マフィンの開発、第 62 回日本栄養改善学会、2015 年 9 月 25 日、福岡

林 典子、辻 美智子、藤井 恵子、食物アレルギー児の食生活の実態と食嗜好、第 10 回日本給食経営管理学会、2014 年 11 月 30 日、京都

林 典子、辻 美智子、藤井 恵子、食物アレルギー児の食生活における食品選択上の問題点に関する実態調査、第 61 回日本栄養改善学会、2014 年 8 月 21 日、神奈川

6. 研究組織

(1) 研究代表者

藤井 恵子 (FUJII, Keiko)

日本女子大学・家政学部食物学科・准教授
研究者番号：20186480

(2) 研究分担者

海老澤 元宏 (EBISAWA, Motohiro)

独立行政法人国立病院機構(相模原病院臨床研究センター)・アレルギー性疾患研究部・アレルギー性疾患研究部長
研究者番号：30338876

藤井 智幸 (FUJII, Tomoyuki)

東北大学・(連合)農学研究科(研究院)・教授
研究者番号：40228953