

機関番号：33923
 研究種目：基盤研究(C)
 研究期間：2008～2010
 課題番号：20500728
 研究課題名(和文)生活習慣病予防を目標とした完熟ゴマおよび登熟過程ゴマの調理加工の設計
 研究課題名(英文) Design of processing and cooking about ripe sesame seeds and ripening process sesame seeds that aimed at lifestyle-related diseases prevention
 研究代表者
 長島 万弓 (NAGASHIMA MAYUMI)
 名古屋経済大学・人間生活科学部・教授
 研究者番号：80261105

研究成果の概要(和文)：

生活習慣病予防に役立つゴマ加工品の創製を目標に、基礎データとして①機能性成分含量はゴマの種類により大きな差がある、②機能性成分高含有種ゴマの未熟種子にも利用の可能性がある、③低温粉碎ゴマは酸化安定性がよく材料として適する、④ゴマ表皮水抽出物の抗酸化性は機能性向上に寄与できることを明らかとした。また具体例として市販ゴマプリン中のゴマ量を明らかにし、基礎データの活用によって機能性と嗜好性を高めたゴマプリンの製造が可能であることを示した。

研究成果の概要(英文)：

We experimented aiming at the creation of a useful sesame processed food for the lifestyle-related diseases prevention that had the functionality and the preference. As a result, the following four points were clarified as the basic data. 1. Content of functional ingredients has a big difference depending on the kind of sesame seeds. 2. The immature seeds of functionality element high content kind sesame seeds have possibility as the material of the processed food. 3. The oxidative stability of the low temperature crushing sesame seeds is good. Therefore this is suitable as a material of the sesame processed food. 4. The water extract of sesame seed coat has antioxidative activity.

In addition, the amount of sesame seed used for sesame pudding on the market was clarified. It was shown that manufacturing the sesame processed food that improved the functionality and the preference was possible by the use of the obtained basic data.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	2,300,000	690,000	2,990,000
2009年度	500,000	150,000	650,000
2010年度	400,000	120,000	520,000
年度			
年度			
総計	3,200,000	960,000	4,160,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：生活科学・食生活学

キーワード：健康と食生活、完熟ゴマ、登熟過程ゴマ、セサミン、セサモリン、ゴマ表皮水抽出物、機能性ゴマ加工食品

1. 研究開始当初の背景

(1) 生活習慣病の増加と健康志向の食生活におけるゴマ食品

戦後の日本の食生活は世界的にも類をみない速さで変化し、その多様化は日本人の健康に大きく影響をおよぼしている。また、食習慣を含めた生活習慣が原因で進行すると考えられる生活習慣病の蔓延は、人々の健康志向を高める結果となり、それにともない健康に寄与できる食品の研究開発とその利用法に関する正しい情報提供の必要性も高まってきている。本研究で試料とするゴマは、古来より健康食品として食され、その完熟種子成分の機能性に関する科学的究明は進み、さらには完熟種子を発芽、発酵させたときの成分分析や、登熟過程における成分の研究も進められてきた。そのようなゴマを使った加工品が市場には増加し、おいしさは元より、健康によさそうだと理由から購入する消費者も少なからずいることが調査で明らかになった。しかし、それらを実際に摂取する形(加工品)での機能性成分含量や機能性評価を総合的にまとめたものはなく、またどのようなゴマをどのように調理・加工すれば機能性を最も効率的に引き出すことができるのかは明らかにされていない。

(2) ゴマ含有成分の機能性研究

ゴマ完熟種子の成分についてはその種類、機能性が調べられ、特にゴマリグナンの約8割を占めるセサミン、セサモリンについての生理機能については多くの報告がある。セサミンでは、抗LDL酸化、脂質過酸化抑制、抗癌、抗老化、肝機能の増強、ビタミンE増強のほか、 β -酸化系酵素の遺伝子発現を促進させることによる肝臓脂肪酸酸化活性の上昇や脂肪酸合成酵素の活性化とmRNA量を低下させることによる脂肪酸合成の抑制など、脂質代謝調節に関する報告などがある。セサモリンについても脂肪酸酸化上昇と脂肪酸合成の活性化およびmRNA量の低下の報告がされている。また、セサミン、セサモリン以外の微量な脂溶性リグナンや配糖体を含むリグナンフェノールの存在も確認されており、その機能性についても報告されている。

また、われわれ研究グループはこれまでにゴマの水洗廃液中からリグナンフェノールであるピノレスノール、ラリシレシノール、ヒドロキシマタイレシノール、アロヒドロキシマタイレシノールの4種を単離、同定し、それぞれ *in vitro* で、過酸化脂質生成抑制効果や DPPH ラジカル消去活性および SOD 様活性を有することを報告してきた。また、登熟過程におけるゴマ種子中の成分について

も研究を進め、そのうち一つの成分の推定構造と既知ゴマリグナンの含有量変化について報告しているが、それら機能性成分を効率よく摂取できるゴマ食品の創製や、調理法の確立までにはまだ至っていない。

2. 研究の目的

(1) ゴマ加工品を製造する為の基礎データ

① 系統の異なるゴマに含まれるセサミン、セサモリン量

機能性加工食品製造に適するゴマとして、機能性成分であるセサミン、セサモリン含量が多いことを一つの基準とし、どのような系統のゴマにどの程度これらリグナン成分が含まれるのかを調べる。

② 高リグナン含有種「ごまぞう」の登熟過程における成分変化および機能性

白ゴマの登熟過程における成分変化との比較を行うとともに、登熟過程のどの段階のゴマが、高機能性ゴマ加工品の原料として利用できるのかを検討する。

③ 加工品製造に有効な低温粉碎された微粉末ゴマの酸化安定性

ゴマは油を多く含むことから播りすぎて粒度が小さくなるとペースト状になり、物性が変わってしまうため、粉末のまま粒子を細かくすることに成功している低温粉碎ゴマは、他の食材との混合しやすさという点で有効であると考えられる。この低温粉碎ゴマは、これまでの播りゴマとは播り工程が異なるため、その基礎データが少ないのが現状である。そこで今回はこの低温粉碎ゴマの酸化安定性について検討する。

④ ゴマ表皮水抽出物の機能性

ゴマはその半分が脂質であることから、大量に食べるとエネルギー摂取の過剰につながる可能性もある。セサミン、セサモリンは脂溶性のリグナンであり、ゴマの機能性を生かすためにはゴマそのものの摂取量を増加させる必要があり、摂取エネルギーも増加する。しかし、ゴマ表皮水抽出物には水に溶けるリグナンフェノールが存在し、それら化合物が過酸化脂質生成抑制効果、DPPH ラジカル消去活性および SOD 様活性を有することを報告してきた。今回、ゴマ加工品(ゴマプリン)を製造するに当たり、エネルギーを上げずに機能性を高める方法として、水抽出物を添加することを試み、この水抽出物の抗酸化性について検討した。

(2)市販ゴマ加工品（ゴマプリン）中のゴマ量およびゴマ含量に関する消費者の意識について

① 市販ゴマプリンに使用されているゴマ量の推定

市販の7種類のゴマプリンについて、どの程度ゴマが使用されているか、セサミン含量から推定する。

② 官能検査による市販ゴマプリン中のゴマ量の感覚および嗜好性について

官能検査により感じるゴマプリン中のゴマ量と実際の測定値の差から、加工品中のゴマ量の感覚に影響する要因について検討する。また、どのようなプリンが好まれるか、嗜好に影響する要因についても検討する。

③ 嗜好性と機能性を高めたゴマプリンの製造について

ゴマプリンの嗜好性と機能性を高めることに対する、材料とするゴマの形状による影響を検討する。特に、ゴマ表皮水抽出物（凍結乾燥品）の利用がゴマプリンに及ぼす影響について検討する。

3. 研究の方法

(1) ゴマ加工品を製造する為の基礎データ

① 系統の異なるゴマに含まれるセサミン、セサモリン量の定量

黒ゴマ 10 系統、白ゴマ 11 系統、金ゴマ 5 系統、野生種 2 種類の計 28 種類（富山大学：増田恭二郎教授から譲渡）について、それぞれ 100mg 測りとり、1 ml のメタノールで振盪抽出 30 分間後、遠心分離し、上澄みを試料液とした。HPLC 分析において、標品のセサミン、セサモリンを用いて検量線を作成し、試料液の分析を行った。

② 高リグナン含有種「ごまぞう」の登熟過程における成分変化および機能性測定

研究分担者（H22 年から研究連携者）である田代教授により栽培され、開花 5 日目から 50 日間、5 日おきに採取された「ごまぞう」の種子を登熟過程ゴマ試料として用いた。開花後の日数の異なる種子をそれぞれ 100mg 乳鉢ですりつぶし、1ml の 50% 酢酸エチル-メタノール溶液で抽出し、遠心分離後の上澄みを HPLC 用試料液とした。セサミン、セサモリンに関しては、標品から検量線を作成して定量を行い、未知のピークに関してはそのピークエリアの変化で成分量の変化とみなした。

また、5 日目から 30 日目にかけて急激に減

少した化合物のピークが、白ゴマの登熟過程において同様の現象を見せた化合物のピークと一致したことから、この化合物は *p*-クマル酸配糖体であると判断し、この物質の抗酸化能として SOD 様活性 (Kit) と OXY 吸着テストを行った。後者の測定には本助成で購入した機器(フリーラジカル分析装置)を用いた。

③ 加工品製造に有効な低温粉碎された微粉末ゴマの酸化安定性

炒りゴマの粒のまま、低温粉碎ゴマ、1 分間播りゴマ、30 分間播りゴマ（ペースト状）の 4 種と、比較のために生ゴマの粒のままと低温粉碎ゴマ 2 種および市販のゴマ油とキャノーラ油を試料とし、秤量ビンにそれぞれの試料(8 種類)を 3g ずつ秤量し (3 連)、70℃ の恒温槽で保存した。これを 5 日毎に取り出し、デシケーター内で 1 時間放冷したのち秤量し、自動酸化による重量変化を観察した。また、同じ 8 種類のサンプルを 30g ずつ 100ml のビーカーに入れ、恒温 (70℃) で保存し、30 日目にそれぞれのサンプルを *n*-Hexane で抽出して、油を得た。この油については本助成で購入した POV 過氧化物価測定器を用いて POV を測定した。ただし、ゴマ油は褐色であるため、この測定器の規定の油量での測定が不可能であり、それぞれ規定の 1/5 量を用いて測定をしたので、得られた値は参考値として示す。

④ ゴマ表皮水抽出物の機能性

白炒りゴマ、黒炒りゴマ、黒生ゴマの表皮水抽出物を凍結乾燥して粉末状態の試料とし、一定濃度に希釈した試料液を用いて DPPH ラジカル消去活性および SOD 様活性を測定した。

(2)市販ゴマ加工品（ゴマプリン）中のゴマ量およびゴマ含量に関する消費者の意識について

① 市販ゴマプリンに使用されているゴマ量の推定方法

ゴマ使用量の明らかな手作り黒ゴマプリンに含まれるセサミン量を指標として、市販ゴマプリン 5 種類それぞれに含まれるセサミン量からゴマ量を推定した。すなわち凍結乾燥したゴマプリンの酢酸エチル抽出物を用いて試料液を調製し、HPLC によりセサミンを定量し、ゴマ量へ換算した。

② 官能検査による市販ゴマプリン中のゴマ量の感覚および嗜好性について

官能検査はパネルを女性 7 名、手作り黒ゴマプリンと市販の黒ゴマプリン 3 種類の計 4 種類を試料とし、「色」「香」「甘味」「食感」「見た目」「こく」「総合」の 7 項目について

5点評価するとともに、ゴマ含量が多いと感じる順位づけと好みの順位づけをおこなった。クレーマーの検定およびケンドールの一致制検定で有意差を確認した。

③ 嗜好性と機能性を高めたゴマプリンの製造について

手作り黒ゴマプリンにおいて、ゴマ量を多く感じる要因と好みの要因を調べるため、(a)ゴマペーストと挿りゴマの配分の違いによる影響、(b)挿りゴマの挿り条件の違いによる影響、(c)色の違いによる影響、(d)ゴマ表皮水抽出物を添加した時の影響について検討した。官能検査のパネルは女性6名~12名で、それぞれ「色」「香」「甘味」「食感」「見た目」「苦味」などの項目に対する評点と、ゴマ含量が多いと感じる順位づけおよび総合評価の順位づけをおこなった。ケンドールの一致制に関する検定および、各試料間の差についてはNewell&MacFarlaneの検定表を用いて有意差を確認した。

4. 研究成果

(1) ゴマ加工品を製造する為の基礎データ

① 系統の異なるゴマに含まれるセサミン、セサモリン量について
全28種のゴマのセサミン、セサモリン含量の結果を図1に示す。

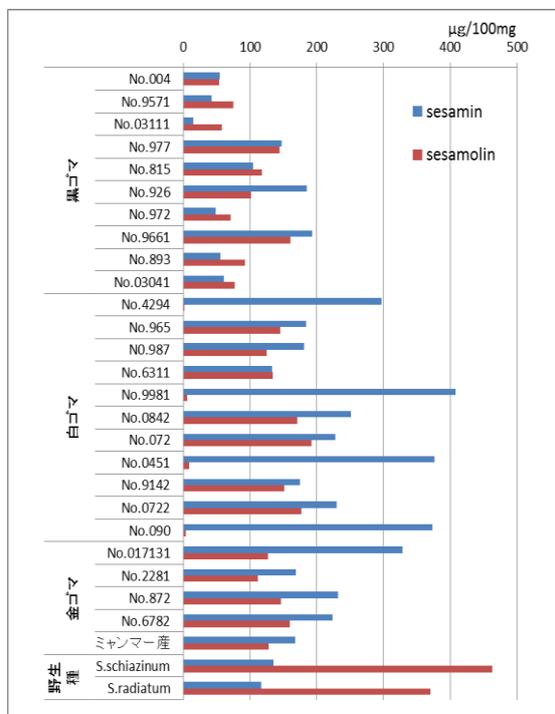


図1 系統別ゴマに含まれるセサミンおよびセサモリン量 (µg/生種子100mg)

白ゴマと金ゴマにセサミン含量の高い系統が多くみられ、特に白ゴマではセサモリンをほとんど含まずセサミンを豊富に含む系統が4種類存在した。また、野生種では2種類ともセサモリン含量が高く、セサミンの3倍以上の含量は他の系統には見られない結果であった。機能性の高いゴマ加工品の製造を目指すには、栽培するゴマの系統に含まれる機能性成分量とおいしさを明らかにすることが重要であり、今回は機能性リグナン含量に関する基礎資料を得ることができた。

② 高リグナン含有種「ごまぞう」の登熟過程における成分変化および機能性

開花後5日目から30日目にかけて急激な減少を見せた Rt. 2.3 のピーク面積の変化(青線)と、反対に30日目まで増加を続け、その後維持したセサミン(赤線)、セサモリン(緑線)の変化を図2に示す。Rt. 2.3 のピークは、*p*-クマル酸配糖体と同定でき、この化合物の急激な減少とともにセサミン、セサモリンが増加していく挙動は、以前に行った白ゴマの登熟過程における成分変化と類似していた。しかし、35日目以降に白ゴマでは減少するセサミン含量が、ごまぞうでは56日目においても保持されていた。

p-クマル酸配糖体の抗酸化力を測定したところ、OXY吸着テストでは同濃度の Trolox と比較すると2/5程度の活性であったが、SOD様活性においては同程度の活性を示した。

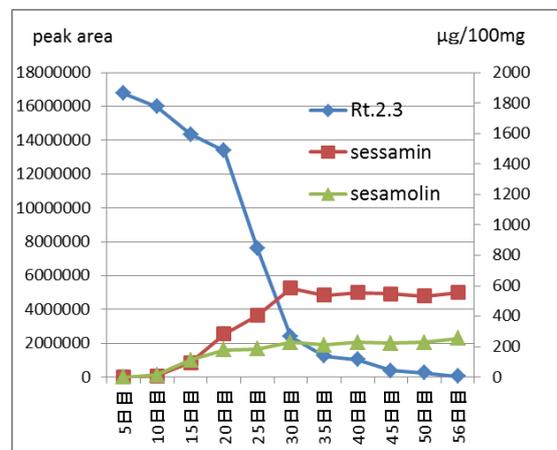


図2 Rt. 2.3 のピーク面積とセサミン、セサモリンの含量の変化

開花後35日~45日目の完熟種子には、セサミン、セサモリンが十分に合成されており、完熟種子の利用ではこれらリグナン類の機能性の効果が期待できる。しかし一方では、完熟種子には脂質の蓄積も完了し、全体の約50%が油の高エネルギー食品であるともいえる。それを考えると、*p*-クマル酸配糖体の抗酸化力はそれほど高くなかったものの、開花後5日~10日目あたりまでは脂質の蓄積は

ほとんどなく、機能性のある低エネルギー食品であるともいえる。ただし、その状態の種子は粒も小さく、採取も難しい。また、嗜好面での検討が行われていないため、これがすぐに新しいゴマ加工品創製につながるかどうかは疑問であるが、このような新しい観点も今後は必要になるであろう。

③ 加工品製造に有効な低温粉碎された微粉末ゴマの酸化安定性

キャノーラ油は70°C恒温保存中、5日目からの重量増加と15日目を最高に20日目からの漸減傾向を示し、自動酸化が進んだことによる過酸化脂質の蓄積とその限度が示された。市販のゴマ油は30日間重量に変化は見られず、この結果もこれまでに行われてきた重量法による油の酸化安定性実験結果と一致した。生のゴマは、粒も低温粉碎ゴマも、まず水分の分だけ約4%重量が減少し、その後は重量変化が見られなかった。炒りゴマもいずれのゴマもその水分約1%分だけ減少した後、重量変化が見られなかったが、1分播りゴマだけが25日目以降重量増加がみられた。

また70°C保存30日目の市販キャノーラ油、市販ゴマ油と6種類のゴマから抽出した油についてPOVを測定したところ、図3に示すような結果が得られた。数値は参考値であるが、

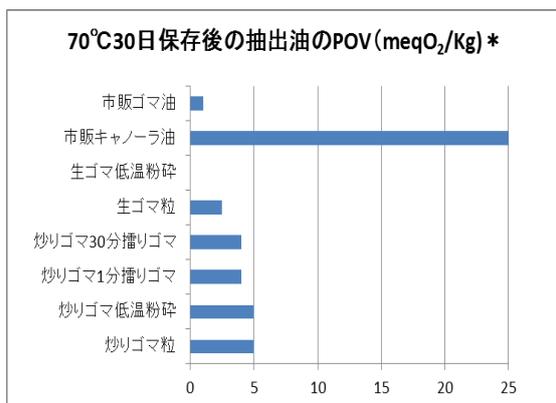


図3 70°C30日保存後の抽出油のPOV

市販キャノーラ油は測定限度を振り切るほどPOVの値が高く、酸化が進んでいるのが確認できた。他の油に関しては、いずれも大きな差はなく、ゴマ油はどのような状態で保存しても酸化安定性が高いことが推測できた。特に微粉末になり酸素との接触面積が大きくなった低温粉碎ゴマにおいても、1分播りゴマや30分播りゴマと同程度の酸化安定性がみられたことから、ゴマ加工品の材料として適格であることが示唆された。

④ ゴマ表皮水抽出物の機能性

白炒りゴマ、黒炒りゴマ、黒生ゴマの表皮水抽出物を試料として、DPPHラジカル消去活

性を測定したところ、5mg/mlの濃度ではいずれも200μMのTroloxと同等かそれ以上の強い活性を示した。ゴマプリンへの添加量としてはこの濃度は苦味が強すぎる結果となったが、1mg/mlの濃度でも100μMのTroloxと同等の活性を示した。また、SOD様活性においては1mg/mlで10mMのtroloxと同等の活性がみられ、この濃度であれば、嗜好的にも問題なく、機能性を高めることができることが分かった。

(2) 市販ゴマ加工品（ゴマプリン）中のゴマ量およびゴマ含量に関する消費者の意識について

① 市販ゴマプリンに使用されているゴマ量の推定

市販ゴマプリン7種に使用されていた推定ゴマ量は、プリン100gあたりで2g~8gと商品によって差があった。市販ゴマプリン7種のうち5種(B)~(F)が黒ゴマプリンであり、手作り黒ゴマプリン(A)を含める6種について、100gあたりおよび1カップあたりの推定ゴマ量の結果を図4に示した。ゴマの機能性を生かすためのゴマ摂取量は約10g/日といわれているが（日本ゴマ科学会による見解）、この量を黒ゴマプリン1カップで満たせるものは市販品では(D)のみであった。この結果から、健康のためにプリンを食べるという発想は少ないものの、一般に健康イメージのある食品に関しては、その含有量などの情報を発信していく必要があることが示唆された。

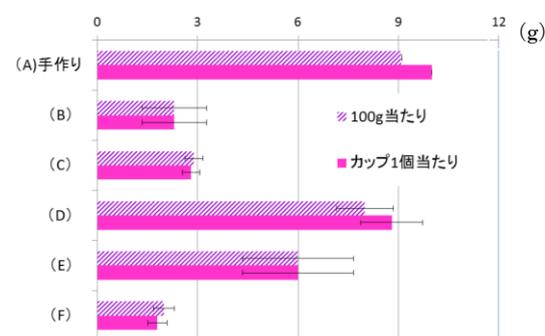


図4 手作りおよび市販の黒ゴマプリンに使用されている推定ゴマ量

② 官能検査による市販ゴマプリン中のゴマ量の感覚および嗜好性について

推定ゴマ含量を明らかにした市販の黒ゴマプリン5種類のうち、官能検査するだけの量を確保できた3種(①の(B)(C)(D))と手作り黒ゴマプリン(A)の4種類で、「色」「香」「甘味」「食感」「見た目」「こく」「総合」の7項目について5点評価した結果を図5に示した。

市販黒ゴマプリンの(D)は、色が最も黒く、コクがあり、(A)や(C)のように粒粒が見えないことから見た目の評価も高く、総合的に最も高い評価が得られた。しかし、好みの順位付けでは(D)を1位にするパネルもいたが、最も1位が多かったのは(A)であり、クレーマーの検定においても(A)は5%の危険率で有意に好まれることがわかった。食べてみてゴマが多く使用されていると感じる順位付けでは、推定ゴマ量の順位(①の結果からA>D>C>B)と全く同じ結果が得られた。特に(B)についてはクレーマーの検定から5%の危険率で有意に少ないと評価されていた。

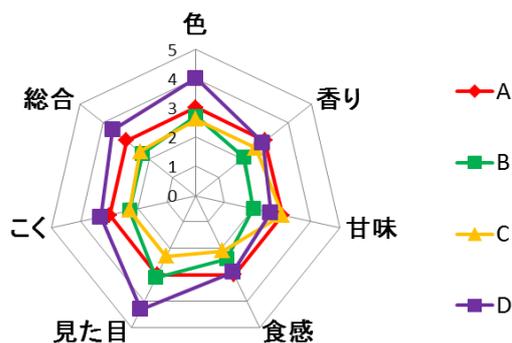


図5 4種類の黒ゴマプリンに対する官能検査の結果

ゴマ量の判断には、「食感(粒粒感)」「色の濃さ」「こく」「香」の影響が大きく、好みの要因としては「食感」「こく」「香」のほかに「甘味」や副材料として用いられている乳製品の香りや味が関連していることが示唆された。市販品では材料がそれぞれ異なり、ゴマ量だけから嗜好性との相関を見るのは困難であった。

③ 嗜好性と機能性を高めたゴマプリンの製造について

同じ材料を用いて、ゴマの形状のみを変化させて作った黒ゴマプリンによる官能検査から、(a)ゴマペーストと播りゴマの配分の違いによる影響、(b)播りゴマの播り条件の違いによる影響、(c)色の違いによる影響、(d)ゴマ表皮水抽出物を添加した時の影響について検討した。(a)(b)に関しては、ペーストだけよりも播りゴマを添加したほうが、またすり状態は荒いほうがゴマ含有量を多く感じる結果となるが、食感としては滑らかなほうが好まれ、播りゴマを添加することで付与される苦味も影響して総合的にはペーストと細かく播ったゴマの混合プリンが高い評価を得た。(c)(d)に関しては、色が濃いほどゴマ含有量は多く感じられ、ゴマ表皮水抽出物を添加すると、色も濃くなり苦味も増すことからゴマ含有量は多く感じられ

る結果となった。嗜好性としては、苦みを好む者にとってはゴマ表皮水抽出物を添加したものが好まれたが、添加しないものとの間に有意な差は見られなかった。ゴマ表皮水抽出物にはリグナンフェノール類も含まれ、結果(1)の④にもあるように抗酸化効果が認められるため、これを添加して黒ゴマプリンを作ることは嗜好性と機能性を高める結果となることが示唆された。

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1件)

- ・長島万弓 市販黒ゴマプリンのゴマ含量と嗜好性について、日本調理科学会、2010年8月28日、中村学園大学(福岡県)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

長島 万弓 (NAGASHIMA MAYUMI)
名古屋経済大学・人間生活科学部・教授
研究者番号：80261105

(2) 研究分担者

田代 亨 (TASHIRO TORU)
千葉大学大学院・園芸学研究科・教授
研究者番号：00109315
(H21→H22:連携研究者)

(3) 連携研究者

なし