

健康維持と美味しさを求めるアクティブシニアのための食品開発

食品・環境科 主任研究員 横山 智 栄
食品・環境科 主任研究員 玉 屋 圭
食品・環境科 主任研究員 松 本 周 三

長崎県では全国平均より高い推移で高齢化が進行しており、高齢者向けに健康機能性を有する食品開発が望まれている。ごま豆腐は、原材料にごま由来のセサミンなど機能性成分を多く有する食品であるが、賞味期限の延伸を目的としてレトルト処理すると食感や色などの品質が変化することが課題となっていた。そこで本年度は、レトルトごま豆腐の品質に影響を及ぼす要因について検討した。その結果、加熱時間の長さ、pHおよびごま配合量によって、レトルトごま豆腐の品質の変化をコントロールできることが分かった。また、和テイストのスイーツとして、抹茶ごま豆腐の開発にも取り組んだ。レトルト抹茶ごま豆腐は強熱により抹茶の色が褐変してしまうことから、変色の抑制方法について検討した結果、塩化マグネシウムに抑制効果のあることが分かった。

1. 緒 言

日本人の平均寿命と健康寿命との間には約10年の差があるといわれている^[1]。高齢者が自立した生活を送るためには、健康寿命を延ばすことが重要であり、阻害要因である生活習慣病の予防に取り組む必要がある。

長崎県は高齢化率が全国平均より高く^[2]、高齢化の進行している地域である。高齢者人口のうちの約8割は「アクティブシニア」と呼ばれている元気な高齢者である。この層の市場開拓は食品産業界の課題であり、県内食品製造企業からもアクティブシニア向けの食品開発が強く求められている。

アクティブシニアが健康増進を図るために栄養成分を手軽に摂取する方法として、補助的な食事であるおやつに着目した。栄養機能性を付与したおやつを活用することにより、栄養バランスを整えることができ、生活習慣病の予防へとつながる。長崎県で作られているごま豆腐は甘く、お菓子として食べることも多い。ごま豆腐は抗酸化作用のあるセサミンを多く含むことから機能性おやつにもなり得るが、保存できる期間が冷蔵で4日～10日と短い。保存性の短い食品を長期常温保存可能にするためには、レトルト処理が有効である。しかし、ごま豆腐をレトルト処理すると食感が変化することが課題となっていた。本研究では、この課題を解決するため、レトルト処理条件や原材料の配合割合について検討した。また、和テイストのスイーツは高齢者層にも人気があるが、抹茶ごま豆腐をレトルト処理すると、強熱の影響で抹茶が褐変してしまうことから、変色の抑制方法について検討した。

2. 実験方法

2.1 材料および試薬

甘藷デンプン、ねりごま、グラニュー糖及び抹茶粉末には市販品を使用した。クエン酸（無水）、リン酸水素二ナトリウム（無水）、塩化マグネシウム、L(+)-アスコルビン酸及びレシチン（大豆由来）には特級または一級を使用した。デキストリンは松谷化学工業（株）製非還元分岐デキストリン（DE 7.5 直鎖状を含む）（パインデックス#1）を使用した。水としては純水製造装置（日本ミリポア製 Elix Advantage 3）で生成した純水を用いた。

pH3～pH9の緩衝液は、0.1mol/Lクエン酸と0.2mol/Lリン酸水素二ナトリウムを適宜混ぜ合わせ調製した。

2.2 レトルト処理条件の検討

2.2.1 ごま豆腐の調製

ごま豆腐を以下の配合により調製した。：甘藷デンプン70g、ねりごま70g、グラニュー糖35g、純水700gを加熱攪拌し、粘性が上昇してからさらに5分間加熱攪拌した。100mLポリプロピレン容器に100gずつ分注したものをレトルト用透明パウチに1個ずつ入れ、室温下で放冷した。

2.2.2 レトルト処理

2.2.1で調製した試料を真空度約30kPa、シール時間25秒で真空パックした。レトルト処理にはレトルト殺菌装置（CB-40（株）サムソン製）を用いた。殺菌温度は110℃、115℃及び120℃とし、F値4以上を目標とし

て行った。

2.2.3 破断応力測定

クリープメーター (RE2-33005C(株山電製)) を用いて破断応力を測定した。測定条件として、プランジャーはφ16×H250 mmの円柱型を使用し、データ取り込み間隔 0.1sec、測定歪率 70%、測定速度 1mm/sec とした。

解析をクリープメーター用自動解析ソフトウェア (破断強度解析 Windows ver.1(株山電製)) にて行い、破断応力 (Pa) を求めた。1 試料あたり 3 点測定し、その平均値を求めた。

2.2.4 色調変化の測定

測色計 (CR-13 コニカミノルタ製) を用いて L*a*b* を測定した。1 試料あたり 3 点測定し、その平均値を求めた。

2.3 材料配合割合の影響

配合割合は以下のとおりである。(1) 糖添加量の影響では、甘藷デンプン 10g、ねりごま 10g、純水 100g に対して、グラニュー糖を 0、2.5、5、7.5、10g とした。また、(2) ねりごま添加量の影響では、甘藷デンプン 10g、グラニュー糖 5g、純水 100g、ねりごまを 0、5、10、15、20g とした。調製方法は 2.2 に準じたが、粘性上昇後の加熱攪拌時間は 2 分とした。レトルト処理後、破断応力を測定した。以降のレトルト処理条件は全て 120℃ 15 分とした。

2.4 pH の影響

以下の配合により pH3 ~ pH9 のごま豆腐を調製した。: 甘藷デンプン 10g、ねりごま 10g、グラニュー糖 5g、各 pH の緩衝液 100g レトルト処理後、破断応力及び色を測定した。

2.5 抹茶ごま豆腐の開発

2.5.1 pH の影響

以下の配合により pH3 ~ pH9 の抹茶ごま豆腐を調製した。: 甘藷デンプン 20g、ねりごま 20g、グラニュー糖 10g、抹茶 1g、各 pH の緩衝液 200g レトルト処理後、破断応力及び色を測定した。

2.5.2 添加物による変色抑制効果の検討

ごま豆腐の前記配合、すなわち甘藷デンプン 10g、ねりごま 10g、グラニュー糖 5g、抹茶 0.5g、純水

100g に対して、塩化マグネシウム (無水) (1 g) を添加、塩化マグネシウム (無水) と L(+)- アスコルビン酸 (0.065g) を添加、デキストリン (0.5 g) を添加及びデキストリン (0.5g) とレシチン (大豆由来) (0.26g) を添加したごま豆腐を試作した。レトルト処理後、色を測定した。

3. 結果および考察

3.1 レトルト処理条件の検討

F 値はレトルト処理 110℃ 66 分で 4.0、115℃ 30 分で 4.3、120℃ 15 分で 4.7 であった。各処理条件による破断応力と色 a* 値 (赤み) を表 1 に示す。温度によって破断応力に大きな差は見られなかったが、加熱時間が長いほど a* 値は高くなり赤みが増した。加熱によるメイラード反応やカラメル反応が関与し、褐変したためであると考えられる。硬さと a* 値が未処理区と近い条件について検討した結果、以降のレトルト処理は 120℃ 15 分で行うこととした。

表 1 レトルト処理温度の破断応力及び色への影響

試験区	破断応力 (kPa)	a*
未処理	9.6	1.3
110℃-66 分	9.0	2.7
115℃-30 分	8.0	2.3
120℃-15 分	11	2.2

3.2 材料配合割合の影響

糖及びごま配合率の違いによる破断応力の結果を表 2 に示す。糖配合率の違いによって破断応力に大きな差はみられなかった。一方、ごま配合率 14.8% では、対照より破断応力が半分になっており、配合率の増加に伴い破断応力が低下する傾向がみられた。

ごま豆腐は澱粉の網目構造の中にごま由来のたんぱく質や脂質が存在する相分離モデルと推定されている^[3]。使用したねりごまには 61.0% の脂質及び 18.5% のたんぱく質が含まれており、これらがゲルの微細な繊維状構造に影響を与えているものと推察された。

表 2-a 糖配合割合の違いによる破断応力への影響

糖配合率 (%)	破断応力 (kPa)
対照 (配合なし)	9.9
4.0	10
5.9	10
7.7	12

表2-b ごま配合割合の違いによる破断応力への影響

ごま配合率 (%)	破断応力 (kPa)
対照 (配合なし)	14
8.0	11
11.5	9.7
14.8	7.4

3.3 pHの影響

pH3～9に調整したごま豆腐の破断応力及び色 (a* 値、b* 値) の結果を表3に示した。pH5ではpH3より硬さが1.8倍高い。pH6のときにa*値は最小となり赤味が弱くなったが、pHが小さくなるほどb*値が大きくなり黄味の強くなる傾向がみられた。

表3 pHによる破断応力及び色への影響

pH	破断応力 (kPa)	a*	b*
3	6.6	4.3	16.3
4	9.9	3.8	16.5
5	12	3.0	14.0
6	11	2.2	11.8
7	8.0	2.6	10.3
8	7.4	4.5	11.3
9	6.7	3.8	11.9

3.4 抹茶ごま豆腐の開発

3.4.1 pHの影響

pH3～9に調整した抹茶ごま豆腐の色 a* 値の変化についての結果を図1に示す。全てのpHにおいて、レトルト処理により a* 値がマイナス (緑) 側からプラス (赤) 側に転じ、pHが高いほど赤味が強くなった。

高温で加熱されることで、抹茶に含まれるクロロフィルがフェオフォルバイドへ変化し、赤褐色となったものと考えられる。

3.4.2 添加物による変色抑制効果

添加物を入れた抹茶ごま豆腐におけるレトルト処理後の a* 値の結果を図2に示す。a* 値は、レトルト処理前は全てマイナス (緑) であったが、処理後は塩化マグネシウム添加区及びデキストリン添加区のみマイナス (緑) 側の値を示した。

塩化マグネシウムの添加により、クロロフィルからのマグネシウムの離脱を防ぐことで、クロロフィルの分解が抑制されたものと思われる。

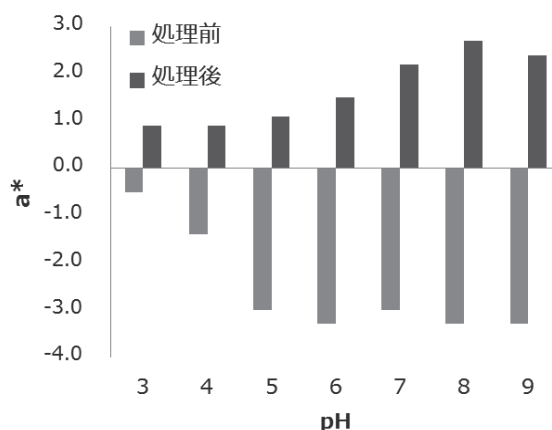
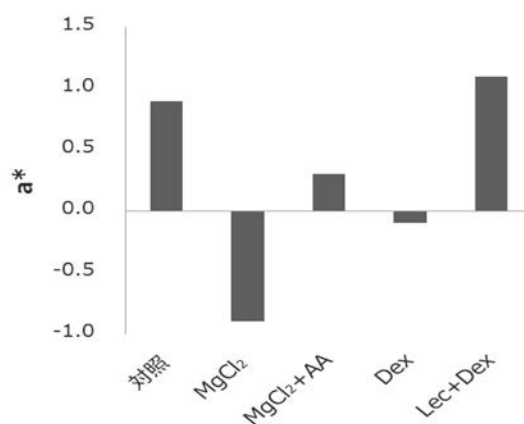


図1 pHによる色の変化



MgCl₂: 塩化マグネシウム、AA: アスコルビン酸、Dex: デキストリン、Lec: レシチン

図2 添加物による色の変化

4. 結言

レトルト処理におけるごま豆腐の褐色化は加熱時間の長さ依存することが分かった。ごまの量やpHによってレトルトごま豆腐の硬さや色をコントロールできることが分かった。レトルト抹茶ごま豆腐の褐色化には、抹茶の成分であるクロロフィル分子の配位子であるマグネシウムが、熱により離脱するためであると推察された。これを抑制する方法として、これまでの報告^[4・5]で有効とされる塩化マグネシウムやデキストリンの添加がごま豆腐の変色抑制にも有効であることが分かった。

参考文献

- [1] 平成27年版高齢社会白書(概要版), (2016).
- [2] 国立社会保障・人口問題研究所「日本の地域別将来推計人口」(平成25(2013)年3月推計), (2013).
- [3] 佐藤恵美子ほか: 食科工, 42,737-747, (1995).

- [4] 久下喬ほか：澱粉科学, 21, 151 (1974).
- [5] 中莖秀夫ほか：愛知県産業技術研究所報告, 5, 146-147 (2006).