

中鎖脂肪 (MCT) および長鎖脂肪 (LCT) を使用した焼き菓子の物性と内部組織構造

Physical Properties and Internal Structures of Baked Products Prepared with Medium-chain Triacylglycerols (MCT) and Long-chain Triacylglycerols (LCT)

花崎 憲子*1[§] 上中登紀子*2 大喜多祥子*3 倉賀野妙子*4 和田 淑子*5
Noriko Hanasaki Tokiko Uenaka Sachiko Ohkita Taeko Kuragano Yoshiko Wada

A comparison was conducted between biscuits made with MCT (MCT-biscuits) and LCT (LCT-biscuits) regarding the physical properties of the dough and baked products, change in form during baking, and internal organization scanned through an electron microscope. Although MCT had lower viscosity than LCT, the dough of the MCT-biscuits showed higher maximum stress and maximum energy. The upward expansion of the MCT-biscuits was not as great as the LCT-biscuits in the early baking stage. The baked MCT-biscuits were smaller and proved higher in fracture parameters. The upward expansion is thought to have been due to gluten, and it is therefore suggested that there was a difference in quality between the glutes formed in MCT and LCT. The membrane produced by gluten inside the LCT-biscuits, was probably formed around bubbles. The MCT-biscuits showed tighter internal organization. It is concluded that MCT influenced the quality of gluten during preparation of the dough, and that the gluten was difficult to extend during baking, MCT therefore helping to produce smaller and harder biscuits.

キーワード : 中鎖脂肪 medium-chain triacylglycerols ; 長鎖脂肪 long-chain triacylglycerols ; ビスケット biscuits ; 内部構造 inner structures ; 走査型電子顕微鏡 scanning electron microscope ; 物性 physical properties

緒 言

菓子は嗜好品として安らぎや満足感を与え、ストレスを緩和するなどの特長を持つが、ビスケットなどの焼き菓子には食感形成のため油脂が多く配合されるため高エネルギーになりやすく、油脂の種類によっては血液性状への悪影響も懸念される。その点、中鎖脂肪は通常の固形脂に多い長鎖脂肪とは消化・吸収および代謝が異なるため、長期間摂取後の体脂肪蓄積を抑制する¹⁾、食後の血中脂質の上昇を抑制する²⁻⁴⁾などの生理機能があり、生活習慣病対策の面で有用な油脂とされている⁵⁾。

著者らは、食事計画の中に生活習慣病の予防・治療を目的として取り込むことができる菓子の提案を目的に、中鎖脂肪 (以後、MCT) を配合したビスケットを試験食として調製し、摂食後の血液成分の動向を長鎖脂肪 (以後、

LCT) ビスケットの場合と比較して、前者に高脂血症のリスク低下の可能性、および血糖値の上昇を抑制する効果があること⁶⁾、また、MCTと機能性糖質甘味料とを併用したビスケットにおいても、GI (グリセミック・インデックス^{7,8)}、食後血糖値上昇の程度を数値化した指数) 低下機能がある⁹⁾など、MCTビスケットの生理機能性について報告してきた。

MCTの製菓への利用拡大を図るためには、従来の油脂の代替油脂として用いる際の、調理加工上での諸性質を明らかにする必要があるが、焼き菓子に用いる際の加工特性に関する資料・文献はほとんど見られない。著者らがMCTビスケットの生理機能を検討する過程で、MCTを用いたビスケットは焼成時に膨化が抑えられたり、硬くて砕けにくい食感を発現するなど、品質の面で改良すべき点があったが、MCTと他材料との作用機構を含めた調理加工上の特性を明らかにするに至らなかった。

本報は、ビスケットなど低水分系の小麦粉製品にMCTを用いる際の、特に食感の硬さ・もろさに影響を与える因子についての基礎知見を得る目的で、MCTと同じ液状油の長鎖脂肪である菜種油を対照とし、生地ならびに焼成品の物性と内部組織構造を調べるとともに、生地焼成プロセスにおける形状の変化を観察した。その結果、焼き菓子の物性形成や食感発現に対するMCTの関与について、若干の知見を得たので報告する。

*1 武庫川女子大学短期大学部
(Mukogawa Women's University Junior College Division)

*2 武庫川女子大学
(Mukogawa Women's University)

*3 大阪大谷大学短期大学部
(Osaka Ohtani College)

*4 甲南女子大学
(Konan Women's University)

*5 関東学院大学名誉教授
(Kanto Gakuin University)

[§] 連絡先 武庫川女子大学短期大学部
〒663-8558 西宮市池開町 6-46
TEL 0798(45)9746 FAX 0798(45)9746

実験方法

1. ビスケットの調製

(1) 生地材料および材料配合

材料は小麦粉 (薄力粉, 日清製粉製バイオレット), ベーキングパウダー (明治屋製), 砂糖 (上白糖, 三井製糖製), 水, 卵黄 (市販新鮮鶏卵) および油脂とした。油脂は, MCT ビスケットにはマクトンオイル (日本油脂製), LCT ビスケットには菜種油 (日本油脂製) を用いた。

両油脂の脂肪酸組成は表1のとおりである。MCT は中鎖脂肪酸 (C_8, C_{10}) が 84.5% を占める無色透明の液状油であり, 同じく液状油の菜種油は長鎖脂肪酸 ($C_{18-1}, C_{18-2}, C_{18-3}$) が 93.1% を占める¹⁰⁾。生地材料の配合は既報⁹⁾ に準じて表2のとおりとした。液状油をビスケットに用いると, 固形脂に比べてビスケット内部の組織を多孔質構造にするので脆化しやすいが, ソフト性に欠けガリガリした食感になる傾向がある¹¹⁾。この現象は, 液状油が生地中で薄膜状に伸展せず, 油滴状態で凝集することが一因とされており¹¹⁾, 生地中での液状油の均一分散を促すために, 乳化剤として卵黄を用いた¹²⁾。油脂と水の配合比は, 予備実験で5条件 (3:1, 2:1, 1:1, 1:2, 1:3) に設定したが, 3:1 は成形と焼成は可能であるが油っぽく, 1:3 は粘性が強く成形が困難であったため, 本実験では 2:1, 1:1,

表1. ビスケットの油脂として用いた MCT と LCT の脂肪酸組成

脂 肪 酸		MCT*	LCT**
中 鎖	C_8	72.1	—
	C_{10}	12.4	—
長 鎖	C_{12}	0.1	—
	C_{14}	0.2	—
	C_{16}	6.3	3.8
	C_{16-1}	—	0.2
	C_{18}	0.7	1.5
	C_{18-1}	6.6	61.0
	C_{18-2}	1.6	21.2
	C_{18-3}	—	10.9
	$C_{20}+C_{20-1}$	—	1.2
	$C_{22}+C_{22-1}$	—	0.2

* 日本油脂研究所による表示より

** 文献10) p.189より

表2. ビスケットの材料配合

材 料	油脂:水		
	2:1	1:1	1:2
小麦粉	100.0	100.0	100.0
ベーキングパウダー	2.0	2.0	2.0
砂糖	50.0	50.0	50.0
油脂	32.0	24.0	16.0
水	16.0	24.0	32.0
卵黄	3.0	3.0	3.0

1:2 の3条件とした。

(2) 調製方法

生地の調製は既報⁹⁾ に準じ, 室温 (25°C) において小麦粉, ベーキングパウダーをふるい合わせ, 砂糖, 次に室温に調整した油脂, 次に卵黄と水の混合液を順次加えてその都度ホイッパーで均一に分散させ, その後, 指先でまとめ, 手のひらで60回こねて均質な生地とした。実際のクッキー調製は一枚のプレートで焼成できる量 (表2の材料配合の1/2) で行なった。油脂:水の配合比が1:1, 1:2は, 生地がやわらかく型抜きが困難なため, -19°Cの冷凍庫で型抜きできる硬さまでの一定時間 (MCT・1:1は15分, MCT・1:2は1時間, LCT・1:1は30分, LCT・1:2は1時間30分) 冷やした。その後, 厚さ5mm, 直径3.24cmの円形に型抜きした。焼成はガスオープン21-304A (大阪ガス製) にて170°C5分, 続いて150°Cでの焼成時間は生地中心部まで焼き上がるまでとし, 2:1は8分, 1:1は9分, 1:2は10分で行なった。

2. 材料油脂の粘度測定

油脂の粘度測定は, 粘度計 TVE-33L (東機産業製) を用い, コーンローター (1°34'×R24), サンプル量1.1ml, 試験温度20°C・25°C・30°Cにて行なった。

3. 生地の物性測定

調製直後の生地をステンレス製シャーレ (内径40mm, 深さ14.5mm) に23.0g測り入れ, 表面を平らに整えた。物性測定は, レオナー RE-3305 (山電製) で行なった。プランジャーは直径20mmアクリル樹脂製, 最大荷重200N, 圧縮速度1mm/sec, 圧縮歪率70%とした。定速圧縮時の応力-歪曲線から, 圧縮歪率60%の時点における応力, およびエネルギーを読み取り, みかけの最大圧縮応力, およびみかけの最大圧縮エネルギーとした。

4. 焼成プロセスにおける形状観察

焼成の際, ビスケット生地の近傍にステンレス製定規を立て, オープン外から15~60秒ごとにデジタルカメラで撮影した画像から, 直径および中央部の厚さを求めた。

5. ビスケットの性状測定

焼成したビスケットの重量・直径・厚さ・膨化率・上面の色・油じみ量の測定は, 既報⁹⁾ と同様の方法で行なった。油じみ量は, {(ろ紙への油脂吸着量/焼成後のビスケット重量)×100(%)} である。なお, 定速圧縮破断試験は, レオナー RE-3305 (山電製) で行なった。プランジャーは接触面積30mm²のくさび型, 最大荷重200N, 圧縮速度1mm/sec, 圧縮歪率90%とした。

6. 電子顕微鏡による組織観察

ビスケットの生地および焼成品の内部組織構造の観察は, 次のように行なった。生地試料 (凍結乾燥後), および焼成品を切断し, エチルエーテルに2時間, アセトンに20分浸漬して脱脂し溶媒を留去した後, Au-Pbを蒸着し, 走査型電子顕微鏡 (日立製 S-530) を用い, 倍率は200倍

とした。

7. 統計解析方法

生地物の物性、ビスケットの形状・油じみ量・物性の測定値は、平均値±標準偏差であらわした。統計処理にはSPSS Ver.17.0を用い、有意確率が0.05未満の場合に有意差があると判定した。MCTとLCT間の検定は、「油脂：水」の配合比が等しい条件間につき、対応のないt検定により行なった。「油脂：水」の配合比間の分散分析は、生地物の物性に関してはチューキーのHSDにて判定し、その他に関してはクラスカル・ウォリスの検定により、有意確率が0.05未満の場合に多重比較をウィルコクソンの順位和検定によって行ない、ボンフェローニの不等式による修正により判定した。

実験結果および考察

1. 油脂の粘度

MCTは菜種油と同様にさらりとした流動性を示したので、粘度計により両油脂のレオロジー特性を比較した。図1に粘度曲線を示したが、いずれの油脂もずり速度に依存しないニュートン性であった。粘度は表3に示すとおりMCTがLCTに比べ小さく、生地調製時の温度に相当する25℃の値は、LCTが57.68 mPa·sであるのに対し、MCTは25.61 mPa·sであった。なお、温度依存性には大差がなかったが、MCTの方が若干低かった。

2. 生地物の物性

定速圧縮試験で得られた生地物の応力-歪曲線を図2に、物性値を表4に示した。図2から、両油脂とも油脂量が

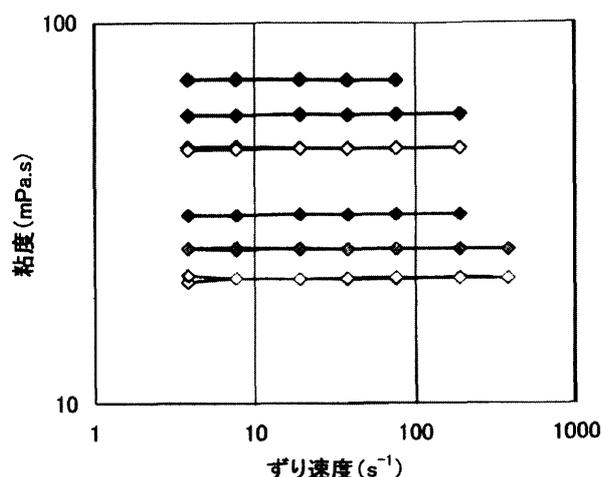


図1. ビスケットの材料として用いた油脂の粘度曲線

表3. ビスケットの材料として用いた油脂の粘度 (mPa·s)

油脂	20℃	25℃	30℃
MCT	31.58	25.61	21.49
LCT	70.93	57.68	47.13

回転数：20 rpm

多く加水量が少ない生地ほど、圧縮時の曲線の傾きが大きく、硬くて変形しにくい物性となった。加水量の多い1：2の試料ではMCTとLCTの生地物の差が見られなかったが、油脂量が多い2：1の試料では油脂間に差があり、MCT生地の曲線の立ち上がりの傾きが大きい。表4のみかけの最大圧縮応力において、油脂量の多い2：1の場合、MCT生地 $7.01 \times 10^4 \text{ N/m}^2$ 、LCT生地 $5.21 \times 10^4 \text{ N/m}^2$ 、1：1の場合、MCT生地 $2.49 \times 10^4 \text{ N/m}^2$ 、LCT生地 $2.04 \times 10^4 \text{ N/m}^2$ と有意にMCT生地の値が大であった ($p < 0.01$)。みかけの最大圧縮エネルギーにおいても同様に、MCT生地の値が大であった ($p < 0.01$)。これは油脂：水が2：1、1：1においてMCT生地がLCT生地より硬いことを示している。これらの結果から、生地調製の段階でMCTは生地を硬くて伸展しにくい状態にする何らかの影響を及ぼすことが推察された。なお、加水量が多い1：2の場合は、生地物の成形時にMCT生地はLCT生地に比べ粘着性が少なく、まとまりやすかった。生地物性に影響する要因には、油脂の粘度が考えられるが、粘度は前述のとおりMCTの方が小さいため、MCT生地が硬くて伸展しにくい原因は油脂の粘度以外の因子によると推察され、糖

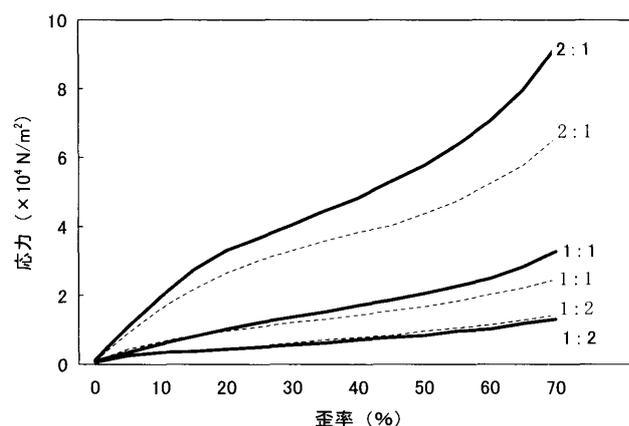


図2. ビスケット生地物の応力-歪曲線
— MCT ビスケット - - - LCT ビスケット
数字は油脂：水の配合比

表4. ビスケット生地物の定速圧縮時の物性値

油脂	油脂：水	みかけの最大 圧縮応力 ($\times 10^4 \text{ N/m}^2$)	みかけの最大 圧縮エネルギー ($\times 10^4 \text{ J/m}^3$)
MCT	2：1	7.01 ± 0.22^b	2.37 ± 0.05^b
	1：1	2.49 ± 0.06^b	0.83 ± 0.02^b
	1：2	1.02 ± 0.10	0.36 ± 0.01
LCT	2：1	5.21 ± 0.22	1.85 ± 0.06
	1：1	2.04 ± 0.06	0.72 ± 0.01
	1：2	1.12 ± 0.08	0.38 ± 0.02

n=4 平均値±標準偏差

^b：同一配合比のLCTとの間に有意差あり ($p < 0.01$)

レオナー RE-3305 (山電製)

プランジャー：20 mm 円柱型, 1 mm/sec

最大荷重：200 N 圧縮歪率：60%

中鎖脂肪 (MCT) および長鎖脂肪 (LCT) を使用した焼き菓子の物性と内部組織構造

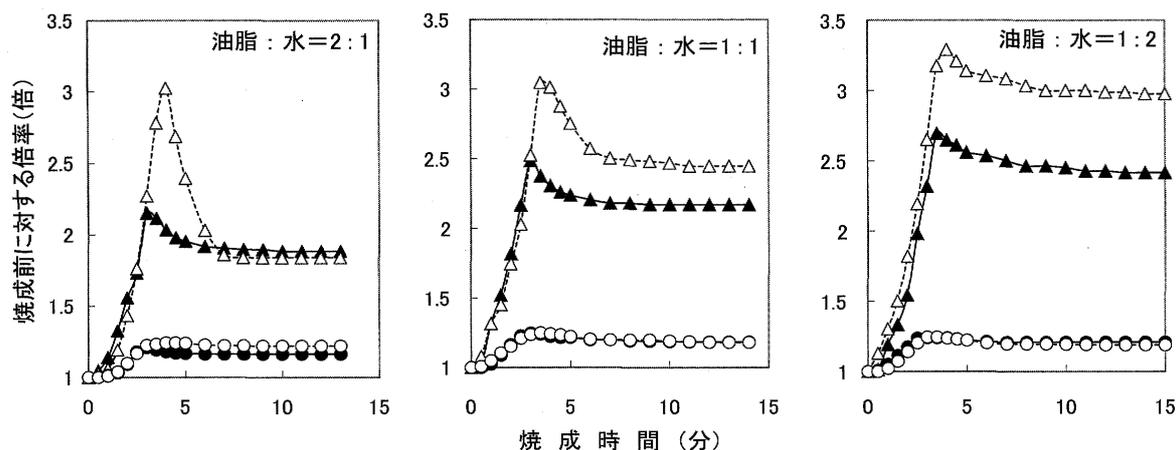


図3. ビスケット焼成時の厚さと直径の経時変化

▲ : MCT ビスケットの厚さ △ : LCT ビスケットの厚さ
● : MCT ビスケットの直径 ○ : LCT ビスケットの直径

の溶解性や小麦粉成分との関連が想定される。両生地の糖の種類と配合量は等しいことから、生地の伸展性の相違は小麦粉成分との相互作用が両油脂において異なることを示唆するものである。豊崎らは、MCT、あるいはLCTを含む油脂、およびバターを用いたパン生地から抽出したグルテンを比較し、MCT生地では、グルテンの粘着性が高く、やわらかく、表面微細構造が粗いとしている¹³⁾。また、バターの生地との比較では、発酵の促進、および発酵後に抽出したグルテンの分子量に差異を認めるとともに、グルテン形成に関わるグリアジンとグルテニンとの相互作用に対する影響がMCTとバターで異なることを示唆している¹⁴⁾。ビスケット生地では水分含量、混捏程度などがパン生地とは顕著に異なるため、グルテンへの影響については詳細な検討が今後の課題であるが、ビスケット生地においても両油脂がグルテンにおよぼす影響に差異があることを上記の生地物性は示していると考えられる。

3. 焼成プロセスにおける形状変化

ビスケット焼成中の厚さおよび直径の経時変化について、焼成前の値に対する増加倍率を算出し、図3に油脂：水の配合比別に示した。図のとおり、焼成初期に垂直方向への膨張が生じているが、いずれの油脂の場合も垂直方向への膨張は加水量が増すほど大となった。LCT生地はほぼ3分30秒~4分にかけて最大約3~3.3倍と大きく膨張しているが、MCT生地はほぼ3分~3分30秒にかけて最大約2.2~2.7倍の膨張にとどまり、両油脂の垂直方向への膨張度は大きく異なった。垂直方向への膨張を支えるのは主に生地調製時に形成された吸水グルテンと考えている¹⁵⁾。ビスケットなど低水分系生地では、少ない水を小麦粉たんぱく質が糖と競り合って、先ず糖の溶解に水が使用され、小麦粉たんぱく質の吸水が抑えられている¹⁶⁾が、水の比率を増すとたんぱく質の吸水量が増し、吸水したグルテンは生地の垂直方向への膨張をより促し、ビスケットの

厚さを増大させたと考えられる。垂直方向への膨張度の違いは形成されたグルテンの性質が両油脂で大きく異なることを示唆している。最大膨張の後には、油脂量が少なく加水量の多い生地ほど厚さが維持されており、この現象も、加熱変性したグルテン構造に支えられていると考えられる。

焼成による横方向への流動化も、垂直方向への膨張と同時に焼成の極めて初期に起きており、MCT生地はLCT生地比べて若干流動化が小さい傾向にあるが、その差は垂直方向への膨張度ほど顕著ではない。焼成初期に起きる生地の横広がり現象は糖の溶解に基づく粘性低下が主要因と考えている¹⁷⁾、その面に対する働きは両油脂で差異が少ないと推察する。

4. 焼成ビスケットの性状・組織構造

(1) ビスケットの形状

焼成したビスケットの厚さ・直径・スプレッド（直径/厚さ）、およびみかけの膨化率（{ビスケットの体積/焼成前の生地の体積}×100）を表5に示した。油脂：水の配合比について比較すると、いずれの油脂の場合も、加水量が多いほど、厚さが大きく、直径が大きく、スプレッドが小さく、みかけの膨化率が大きかった。次に、油脂：水の配合比が等しい場合について、MCTとLCTのビスケットを比較すると、例えば厚さでは、油脂：水が2：1の場合、MCTビスケットは0.85 cm、LCTビスケットは0.88 cmであり、MCTの方がLCTに比べ有意に小さかった（ $p < 0.05$ ）。厚さについて、1：1、1：2の場合、および直径、みかけの膨化率について2：1、1：1、1：2の全ての配合比とも、MCTビスケットの数値はLCTビスケットの数値に比べ有意に小さかった。

焼き色については、油脂量の多い2：1の場合にMCTの特徴が見られ、LCTビスケットはL値（明度）が 67.60 ± 1.96 （ $n=50$ ）であったのに対し、MCTビスケットは 63.10 ± 2.97 （ $n=50$ ）で、両値間には有意差が認め

表5. 焼成ビスケットの形状

油脂	油脂：水	厚さ (cm)	直径 (cm)	スプレッド (直径/厚さ)	みかけの 膨化率(%)
MCT	2：1	0.85±0.07 ^a	3.74±0.08 ^b	4.42±0.41	228±19 ^b
	1：1	1.05±0.07 ^a	3.84±0.08 ^a	3.67±0.26	294±21 ^b
	1：2	1.15±0.08 ^b	3.88±0.07 ^b	3.39±0.25 ^b	329±23 ^b
LCT	2：1	0.88±0.04	3.85±0.06	4.35±0.22	249±15
	1：1	1.09±0.08	3.88±0.08	3.59±0.22	311±30
	1：2	1.26±0.07	3.93±0.07	3.14±0.15	370±28

n=40 平均値±標準偏差

^a：同一配合比のLCTとの間に有意差あり (p<0.05)^b：同一配合比のLCTとの間に有意差あり (p<0.01)

**：「油脂：水」が異なる条件間に有意差あり (p<0.01)

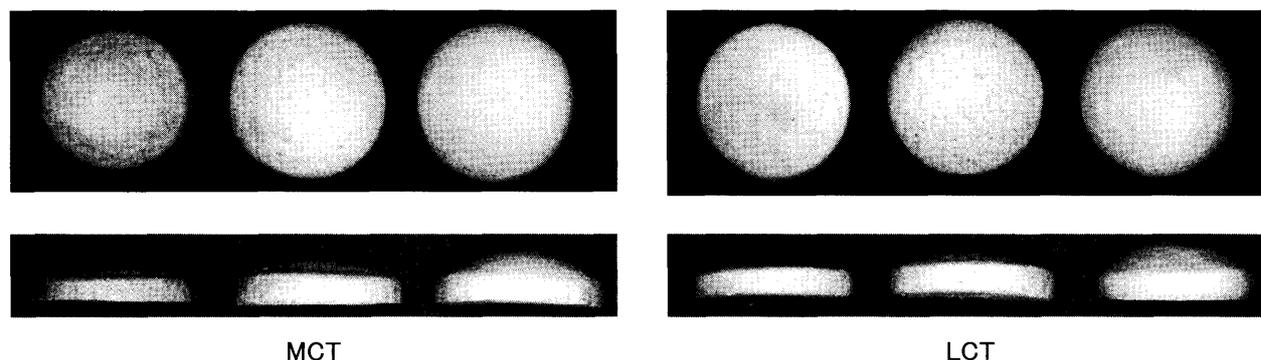


図4. 焼成ビスケットの外観

左から、油脂：水 2：1 1：1 1：2

られた (p<0.01)。MCTは配合量が多い場合に、ビスケットの焦げ色を濃くすると言えた。

ビスケットの外観を図4に示した。MCTビスケットはビスケット周囲の角がシャープで角張った形状であり、LCTビスケットは丸みを帯びてなめらかなふっくらした形状である。ビスケット生地では、パン生地のようなグルテンの強固な網目構造は形成されにくい、軟弱なグルテン様組織がLCTビスケットにはより多く存在した可能性があり、焼成時に丸みのある形状に膨化を促す一因になったとも考えられる。

(2) ビスケットの破断物性

ビスケットを圧縮破断した時の破断特性値を表6に、破断曲線を図5に示した。LCTビスケットの破断応力の場合、加水量が多い時は $3.42 \times 10^6 \text{ N/m}^2$ であった。加水量の割合が少なくなると $2.15 \times 10^6 \text{ N/m}^2$ 、 $1.66 \times 10^6 \text{ N/m}^2$ と値も小さくなり、破断エネルギーにおいても同様な傾向 ($2.44 \times 10^5 \text{ J/m}^3$ から $0.73 \times 10^5 \text{ J/m}^3$ へ) が認められた。一般に、低水分系焼き菓子では、生地の水分含量が多くなるに伴い、小麦粉たんぱく質の吸水が増してグルテン形成を促し、製品の破断抵抗が増す傾向にある。破断応力は硬さの指標、破断エネルギーは脆さの指標となる¹⁸⁾ ことか

表6. 焼成ビスケットの破断特性値

油脂	油脂：水	破断応力 ($\times 10^6 \text{ N/m}^2$)	破断エネルギー ($\times 10^5 \text{ J/m}^3$)	破断歪率 (%)
MCT	2：1	3.46±0.94 ^b	2.34±1.88 ^b	14.07±7.77 ^b
	1：1	2.97±0.73 ^b	1.27±1.16 ^a	8.10±3.99
	1：2	5.25±1.13 ^b	4.68±2.05 ^b	15.44±3.87 ^b
LCT	2：1	1.66±0.42	0.73±0.39	8.63±2.63
	1：1	2.15±0.62	0.74±0.53	6.79±2.60
	1：2	3.42±1.17	2.44±1.44	11.71±4.22

n=40 平均値±標準偏差

^a：同一配合比のLCTとの間に有意差あり (p<0.05)^b：同一配合比のLCTとの間に有意差あり (p<0.01)

**：「油脂：水」が異なる条件間に有意差あり (p<0.01)

レオナー RE-3305 (山電製)

プランジャー：くさび型, 1 mm/sec

最大荷重：200 N 圧縮歪率：90%

中鎖脂肪 (MCT) および長鎖脂肪 (LCT) を使用した焼き菓子の物性と内部組織構造

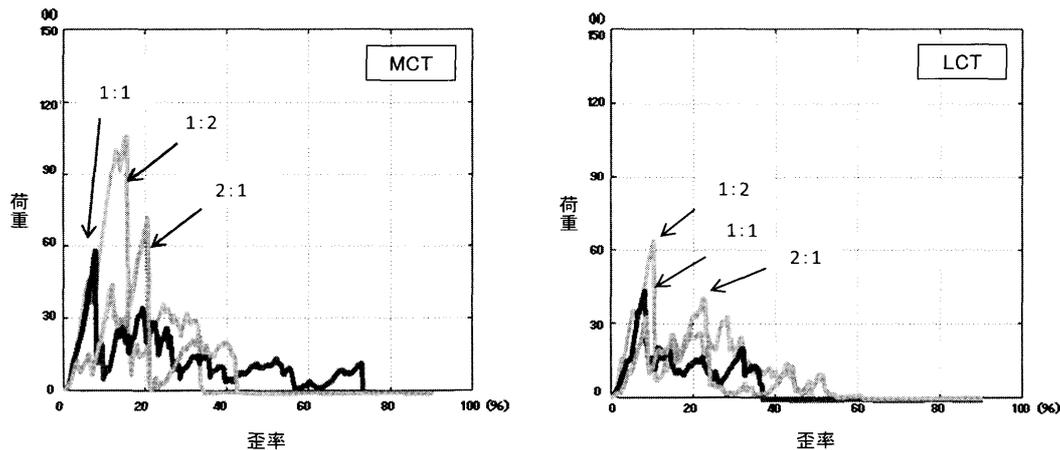


図5. 焼成ビスケットの破断曲線
数字は油脂：水の配合比

ら、LCTが多いほどビスケットはやわらかく、脆いことを示す。MCTビスケットは、いずれの配合比の場合も破断応力、破断エネルギーともにLCTビスケットより大であった。また、LCTビスケットとは異なり、油脂量が多い2:1では1:1に比べて破断応力は大きい傾向であり、破断エネルギーは有意に大きかった。このようにMCTビスケットの破断抵抗が大きいのは、加熱時の膨化が小さいことが主因であると考えられる。

(3) ビスケットの油じみ

焼成後のビスケットの油じみ量を表7に示した。油脂量と油じみ量の関係については、MCTビスケットでは油脂：水の配合比2:1の場合5.80%であり、1:1および1:2に比べて有意に多かった ($p < 0.01$)。LCTビスケットの場合も同様の傾向であった。また、MCTがLCTのビスケットに比べて少ない傾向が見られ、特に、加水量の多い1:2ではMCTビスケットは0.43%、LCTビスケットは0.76%であり、両油脂間には有意差が認められた ($p < 0.01$)。液状油は、固体脂のような生地中への薄膜状均一分散を生じにくく生地中に油滴状態で存在することが、油じみの一因と考えられる¹¹⁾。また、寺田ら¹⁹⁾によると、生地中で油脂がグルテンと複合体を形成していると製品の油じみが

表7. 焼成ビスケットの油じみ量

油脂	油脂：水	油じみ量 (%)
MCT	2:1	5.80±0.78
	1:1	0.80±0.64
	1:2	0.43±0.45 ^b
LCT	2:1	5.98±0.66
	1:1	1.06±0.91
	1:2	0.76±0.40

n=27 平均値±標準偏差

^b: 同一配合比のLCTとの間に有意差あり ($p < 0.01$)

** : 「油脂：水」が異なる条件間に有意差あり ($p < 0.01$)

少ないと報告しており、焼成ビスケットの場合も油じみは油脂の存在様式を知る手がかりとなる。油脂と小麦粉成分であるでんぷんおよびグルテンとの親油性の度合は、油脂の種類により異なり、菜種油など液状油は固形脂よりも親油性は弱い¹¹⁾。液状のMCTが同じ液状の菜種油よりも油じみ量が少なかったことから、MCTは菜種油よりも親油性が大きいのではないかと推察される。この点については、相互作用の分子論的検討が今後の課題である。保存することが多いビスケットなどの焼き菓子では、油じみは風味などの品質低下の原因となるためMCTの利用は好ましいといえる。

(4) 内部組織構造の観察

電子顕微鏡によるビスケットの内部組織構造を図6-1に示した。LCTビスケットの内部には、焼成の際に気泡の形成とともに気泡を包んで伸展したと思われるグルテン様の膜状組織が観察される。一方、MCTビスケットの内部には、空隙が存在したがLCTよりも密な構造であり、大きな気泡の跡はなく、膜状の組織も観察されなかった。焼成前の両生地を比較すると(図6-2)、MCTとLCTの生地にはほとんど差異は認められなかった。これらから、両油脂は加熱焼成中のグルテンの伸展性に差異を生じさせ、LCTは生地調製時に吸水して形成された若干のグルテンが焼成時の温度上昇に伴い伸展するが、MCT生地はグルテンの伸展性がLCTよりも弱いことを示唆している。このことが生地の加熱膨化を左右し、結果としてMCTビスケットが破断抵抗の大きい物性を発現した一因となったといえる。なお、ビスケット調製時において、グルテンへの油脂の関与は焼成時のみでないとする。グルテンは生地調製時に吸水して形成されるのであり、その時点で既に両油脂で性状の違いを生むと考えられ、その結果として先に明らかにしたようにMCT生地の圧縮抵抗を大きくする要因になったと推察する。

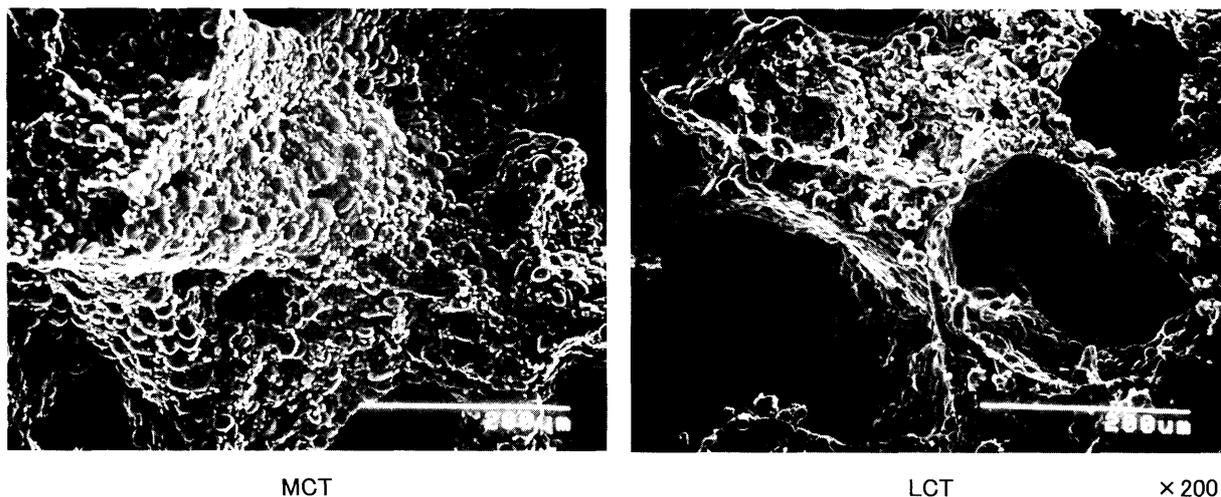


図 6-1. 焼成ビスケット内部の電子顕微鏡観察
油脂：水 2：1の場合

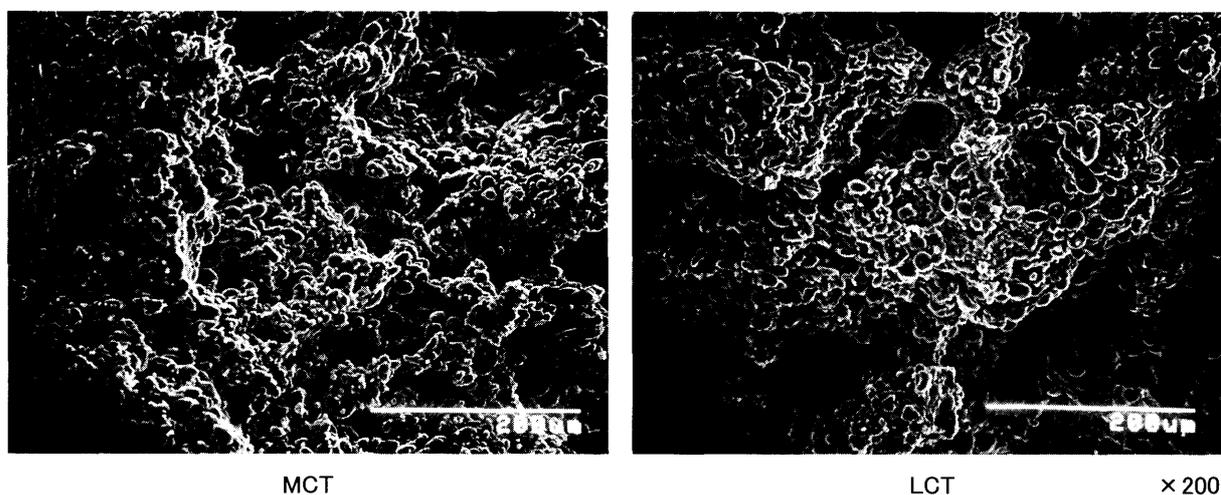


図 6-2. ビスケット生地内部の電子顕微鏡観察
油脂：水 2：1の場合

以上の結果を総合すると、MCTを焼き菓子に用いる際の調理加工上の特性としては、生地調製時に形成されるグルテンへの影響がLCTとは異なること、そのため、加熱焼成中のグルテンの伸展性が弱まることが示唆された。その結果として焼成時に気泡を包含しにくいため、焼成品は膨化が小さく、同時に、硬くて砕けにくい物性を発現するものと考えられた。

要 約

本報では、生活習慣病に配慮した焼き菓子へのMCTの利用拡大を図るため、MCTの調理加工上の基礎知見を得ることを目的とした。MCTを用いたビスケットについて、LCTである菜種油を用いたビスケットを対照とし、生地と焼成品の物性、焼成プロセスにおける形状の経時変化、および電子顕微鏡による組織構造などを比較した結果、以下の知見が得られた。

- 1) MCTはLCTに比べ、ビスケット生地の圧縮抵抗を大とした。油脂の粘度はMCTの方が小さく、MCTが生地を硬くて伸展しにくい状態にする原因は粘度以外の要因によると推察された。
- 2) ビスケット生地の焼成初期に起きる垂直方向への膨張はMCTの方がLCTより小さく、生地の横方向への流動には顕著な差が認められなかった。その結果、MCTは焼成品の膨化度合いを小さくし、破断抵抗を大とした。垂直方向への膨張は主にグルテンに支えられているため、生地調製時に吸水形成されるグルテンの性状には両油脂に差異があると推察された。
- 3) 内部組織構造の観察では、生地の構造には両油脂による違いは認められなかったが、焼成品には差が認められた。MCTは空隙の少ない密な構造であった。LCTには気泡とともに膜状組織の存在が観察され、これは焼成時に気泡を膜状に包んでグルテンが伸展することで発現し

中鎖脂肪 (MCT) および長鎖脂肪 (LCT) を使用した焼き菓子の物性と内部組織構造

たものと推察された。

以上の結果から、MCT は生地調製時に形成されるグルテンを圧縮抵抗の大きい性質とし、加熱時のグルテンの伸展性を弱体化させる方向に作用し、その結果として、膨化の小さい、破断抵抗の大きい焼成品にすると考えられた。

本研究の一部は日本調理科学会平成 20 年度大会 (2008 年 8 月 29 日) において発表した。生地粘度の測定にご協力下さいました (株)東機産業守谷・藤山氏、ならびに MCT をご提供下さいました日本油脂(株) 大阪支社食品事業部西沢氏に厚くお礼申し上げます。

文 献

- 1) Tsuji, H. Kasai, M. Takeuchi, H. Nakamura, M. Okazaki, M. and Kondo, K. (2001), Dietary medium-chain triacylglycerols suppress accumulation of body fat in a double-blind, controlled trial in healthy men and women, *J. Nutr.*, **131**, 2853-2859
- 2) Seaton, T. B. Welle, S. L. Warenko, M. K. and Campbell, R. G. (1986), Thermic effect of medium-chain and long-chain triglycerides in man, *Am. J. Clin. Nutr.*, **44**, 630-634
- 3) Kasai, M. Maki, H. Nosaka, N. Aoyama, T. Ooyama, K. Uto, H. Okazaki, M. Igarashi, O. and Kondo, K. (2003), Effect of medium-chain triglycerides on the postprandial triglyceride concentration in healthy men, *Biotechnol. Biochem.*, **67**, 46-53
- 4) Kasai, M. Maki, H. Suzuki, Y. Nosaka, N. Aoyama, T. Inuzuka, H. Okazaki, M. Igarashi, O. and Kondo, K. (2003), Effect of medium-chain triglycerides on postprandial concentrations of remnant-like particles in healthy men, *J. Oleo Sci.*, **52**, 197-204
- 5) 日比野英彦 (2003), 機能性食品原料としての MCT とその生理機能, 食品と開発, **38**, 53-58
- 6) 倉賀野妙子, 和田淑子, 花崎憲子, 大喜多祥子, 田中明 (2008), 中鎖脂肪を用いたビスケットの単回摂取による血中脂質・血糖値の動向, 栄養学雑誌, **66**, 287-294
- 7) 田中照二 (2003), グライセミック・インデックス (Glycemic Index: GI) —その概念と臨床応用への期待—, 日本食生活学会誌, **14**, 156-163
- 8) 杉山みち子, 若木陽子, 小山和作 (2002), グリセミック・インデックス, 「新しい糖尿病の食事・栄養療法」, 細谷憲政, 馬場茂明監修, チーム医療, 東京, pp.101-109
- 9) 大喜多祥子, 花崎憲子, 倉賀野妙子, 和田淑子 (2009), 生活習慣病に配慮した低 GI ビスケットの検討—中鎖脂肪 (MCT) と機能性糖質甘味料を用いて—, 日調科誌, **42**, 386-393
- 10) 鷲 信雄 (2005), 各種油脂の特徴, 「油脂・脂質の基礎と応用—栄養・健康から工業まで—」, (社)日本油化学会編, p. 189
- 11) 倉賀野妙子, 和田淑子, 木原 浩 (1991), 固体脂指数, 脂肪酸組成の異なる油脂を用いたクッキーの物性 (第 2 報), 家政誌, **42**, 611-620
- 12) Kuragano, T. Ikeda, Y. and Wada, Y. (2005), The effect of egg yolk on the distension and microscopic structure of biscuits, *J. Cookery Sci. Jpn.*, **38**, 21-29
- 13) 豊崎俊幸, 坂根康秀, 江崎修, 笠井通雄 (2006), 中鎖脂肪酸含有油脂を添加した生地から抽出したグルテンの物理化学的性質について, 第 60 回日本栄養・食糧学会大会講演要旨集, p. 220
- 14) Toyosaki, T. Sakane, Y. and Kasai, M. (2010), Comparison of expansion during fermentation on medium-chain triacylglycerols oil-based and butter fat-based doughs, *Adv. J. Food Sci. Technol.*, **2**, 242-245
- 15) 倉賀野妙子, 木村宏樹, 和田淑子 (1989), クッキーの物性に及ぼすドウミキシングの影響, 家政誌, **40**, 781-787
- 16) 和田淑子, 倉賀野妙子 (2001), 低水分小麦粉生地の膨化と食感形成における砂糖の機能, 日調科誌, **34**, 366-372
- 17) 倉賀野妙子 (2005), 小麦粉製品の物性形成に関する総合的研究, 日調科誌, **38**, 107-113
- 18) 倉賀野妙子, 長谷川美幸, 和田淑子 (1984), クッキーの圧縮破断特性, 家政誌, **35**, 307-314
- 19) 寺田喜巳男, 吉田景敏 (1960), ショートニングの利用に関する研究 (第 3 報) ビスケット生地における役割, 栄養と食糧, **13**, 221-225

(平成 22 年 8 月 16 日受付 平成 23 年 2 月 28 日受理)

和文抄録

MCT を用いたビスケットと LCT を用いたビスケット間で、生地と焼成品の物性、焼成中の形状の変化、および、電子顕微鏡による組織構造を比較した。MCT は LCT に比べ粘度が低いにも関わらず、MCT ビスケット生地は最大圧縮応力と最大圧縮エネルギーが大であった。焼成初期では、MCT ビスケットの垂直方向への膨張は LCT ビスケットほど大きくはなかった。MCT ビスケットの焼成品は小さく破断特性値が高かった。垂直方向への膨張は主にグルテンに支えられていると考えられる。したがって、両油脂で形成されたグルテン間には性質に差異があると推察された。LCT ビスケット内部には、気泡の周囲にグルテンのような膜状組織が観察された。MCT ビスケット内部は空隙の少ない密な構造であった。以上のことから、MCT は生地調製時においてグルテンの性質に影響を及ぼし、そのグルテンは焼成時に伸展し難いものとなることにより、MCT はビスケットをより小さく、より硬くしたと考えられた。