

# ブラックチョコレートの物理的評価

|       |                         |
|-------|-------------------------|
| 誌名    | 食と緑の科学 : HortResearch   |
| ISSN  | 18808824                |
| 著者名   | 田村,匡嗣<br>小川,幸春<br>井川,憲明 |
| 発行元   | 千葉大学園芸学部                |
| 巻/号   | 64号                     |
| 巻号補足  |                         |
| 掲載ページ | p. 19-23                |
| 発行年月  | 2010年3月                 |

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター

Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council  
Secretariat



## ●論文

## ブラックチョコレートの物理的評価

田村匡嗣<sup>1</sup>・小川幸春<sup>1</sup>・井川憲明<sup>2</sup><sup>1</sup>千葉大学大学院園芸学研究科<sup>2</sup>明治大学農学部農芸化学科

## Evaluation of Physical Properties for Black Chocolate

Masatsugu Tamura<sup>1</sup>, Yukiharu Ogawa<sup>1</sup>,  
Noriaki Ikawa<sup>2</sup><sup>1</sup>Graduate School of Horticulture, Chiba University<sup>2</sup>Department of Agricultural Chemistry, Faculty of Agriculture, Meiji University

In order to investigate suitable percentage of cacao butter and palm oil contents in a black chocolate, its physical properties such as viscosity, braking energy and color differences with various cacao butter contents were measured and evaluated. The physical properties were varied from the cacao butter percentages, and there were significant difference between 37.0% cacao butter content sample and others in the color differences ( $p < 0.05$ ) by sensory test. Although the melting and hard to chew assessed from sensory test had no significant differences, the 37.0% sample had comparatively preference. The palm oil added samples based on the 37.0% cacao butter content sample were also measured and evaluated. The test indicated melting and hard to chew properties had no significant differences, however, black chocolate sample with larger palm oil content was more preferable. The color of black chocolate had significant differences between palm oil added samples, and larger percentage sample was more preferable. The results in this study indicated that the palm oil is not only a substitute for cacao butter but also improvement of eating quality for black chocolate.

**Key word :** Cacao Butter, Palm Oil, Viscosity, Breaking Energy, Color**キーワード :** カカオバター, ヤシ油, 粘度, 破断エネルギー, 色彩

## 緒 言

チョコレートは栄養価の高い嗜好品として世界中で広く食されており、チョコレートおよびその関連製品の市場は拡大傾向にある。しかしながらチョコレート成分の大部分を占めるカカオバターの供給には限界があり、高価で価格変動も大きい [1]。このため、カカオバターの代用としてヤシ油等の植物油脂を添加したチョコレート製品の開発・改良が進んでいる。チョコレートのおいしさは、香味成分、食味成分等の化学的性質に加え、チョコレート独特の表面光沢、室温で割れるスナップ性および口内で滑らかに融ける口どけ等の物理的性質によって決まる [2] [3]。それら物理的性質は連続相である油脂分の物性や添加割合に左右される。そこで本研究では、実験室規模の簡略化した工程で作製したブラックチョコレートを試料とし、物理的測定と官能検査の結果からより好ましいカカオバター量の重量割合やヤシ油添加の影響を検討した。

## 実験材料および方法

## 1. 材料および試料作製

ブラックチョコレートはカカオマスに本来含まれる油脂

分と追加されたカカオバターの連続相にカカオ固形分、砂糖、および乳化剤としてのレシチンが分散した食品であり、おおよそFig. 1のような成分構成となっている [4] [5]。本研究では、Fig. 1の成分構成を参考にカカオバター量を調製した6条件 (30.3から49.2%)、およびヤシ油を添加した2条件 (0.5%, 1.0%) をTable. 1に示すように設定してブラックチョコレートを試作した。作製方法は、三森 [6]、蜂屋 [7]、Emmanuelら [8]の報告や予備実験の結果をもとに決定した。

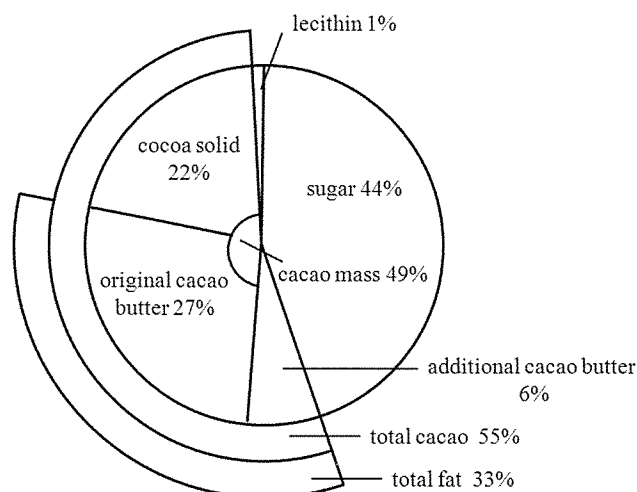


Fig. 1 Composition of black chocolate.

Table 1 Percentage for ingredient of black chocolate.

| sample                  | without palm oil |      |      |      |      |      | with palm oil |      |
|-------------------------|------------------|------|------|------|------|------|---------------|------|
|                         | A                | B    | C    | D    | E    | F    | G             | H    |
| sugar                   | 44.0             | 44.0 | 44.0 | 44.0 | 44.0 | 44.0 | 43.5          | 43.0 |
| lecithin                | 1.0              | 1.0  | 1.0  | 1.0  | 1.0  | 1.0  | 1.0           | 1.0  |
| total                   | 55.0             | 49.0 | 40.0 | 31.0 | 22.0 | 13.0 | 41.0          | 42.0 |
| cacao solid             | 24.8             | 22.1 | 18.0 | 14.0 | 9.9  | 5.9  | 18.5          | 18.9 |
| cacao butter            | 30.3             | 27.0 | 22.0 | 17.1 | 12.1 | 7.2  | 22.6          | 23.1 |
| additional cacao butter | —                | 6.0  | 15.0 | 24.0 | 33.0 | 42.0 | 14.0          | 13.0 |
| palm oil                | —                | —    | —    | —    | —    | —    | 0.5           | 1.0  |
| total fat               | 30.3             | 33.0 | 37.0 | 41.1 | 45.1 | 49.2 | 37.1          | 37.1 |
| total cacao             | 55.0             |      |      |      |      |      |               |      |

具体的には、Table.1に示した材料を50℃に設定した恒温槽内に入れ、攪拌機（HEIDEN 3000H, 新東科学）で30分間ミキシングした。その後27℃で5分間、31℃で10分間の温度調整（テンパリング）を行い、直径15.0 mm、厚さ4.4 mmの丸型に成型して暗所で12時間静置して熟成させた。以上の操作によって得られたブラックチョコレートを、試料として以降の実験に供試した。なお、比較検討の標準モデルとしてノアデノア（コートドール、カカオ分56%、代用油脂添加割合は不明、以下試料I）を用いた。

## 2. 物性測定

チョコレートはずり速度に粘性値が依存する非ニュートン流体であるため、ずり応力とずり速度の比がみかけ粘度となる。本報告では、みかけ粘度を単純に「粘度」と表現する。粘度測定には回転式粘度計（viscotester VT500, HAAKE）を用いた。ずり速度の上昇時と下降時のヒステリシスの影響〔9〕を防ぐため、ずり速度は高い方から低い方へ変化させた。測定温度は口腔内温度である37℃とした。

咀嚼時の噛み応えに相当する破断エネルギーは卓上型物性測定機（TEXTURE PROFILE UNIT, YAMADEN）を用いて測定した。プランジャは直径15 mmディスク型を用い、クリアランスは1 mm（84%圧縮）、測定温度は22℃とした。

色差測定には、白色校正板で校正を行った色彩輝度計（CS-100, KONICA MINOLTA）を用い、単方向照明方式（45°:0°）で測定した。

## 3. 官能検査

一般の消費者を想定した20代のパネル20名（男性7名、女性13名）で試料の官能検査を行った。評価項目は口どけ、歯応え、色の3項目とし、順位法による採点結果を検定することで有意差を求めた〔10〕。具体的な採点方法としては、パネルにt種の試料を与えて1からtを最高とする整数で各試料の順番を点数とする順位付けを行った。試料としては、まず

カカオバター量を変化させた6種を作製した。それらを対象に官能検査を行った結果、最も評価の高かったカカオバター量割合の試料に対してさらにヤシ油を添加し、3種（無添加を含む）の試料を作製、官能検査した。

## 実験結果および考察

### 1. カカオバター量の調整

チョコレートの粘性を高める要素には、カカオ固形分、砂糖の粒子径、気泡として存在する空気、などがあるが、それらを含んだチョコレートにレシチンを添加すると粘度が急激に低下することが知られている〔3〕〔7〕〔11〕。Fig. 2はカカオバター量割合を調整した試料の粘度とずり速度の関係を示す事例である。縦軸は対数表示による粘度、横軸はずり速度である。Fig. 2に示されるように総カカオバター量の増加（もしくは固形物分の減少）（試料AからF）に伴って粘度は低下する傾向を示した。このことから、総カカオバター量割合の増加（もしくは固形物分の減少）は滑らかさに関与していると思われる。Fig. 3はチョコレートおよび各油脂系材料の粘度とずり速度の関係を示す事例である。Fig. 3から

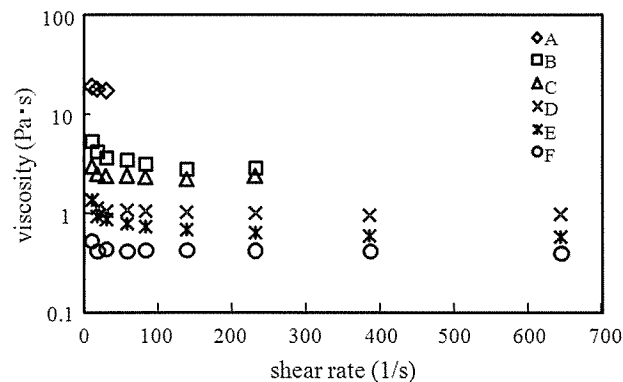


Fig. 2 Relationships between viscosity and shear rate of black chocolate with various cacao butter contents.

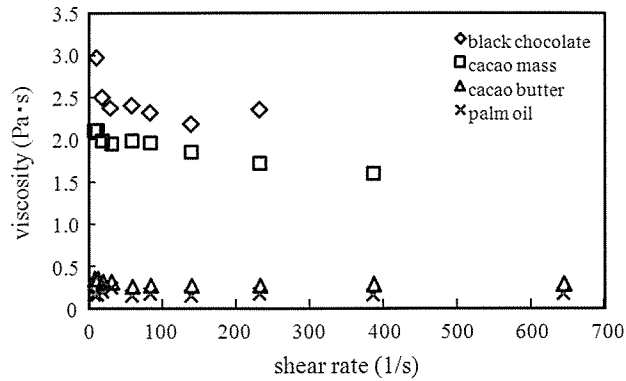


Fig. 3 Relationships between viscosity and shear rate of black chocolate, cacao mass, cacao butter and palm oil.

判断する限り、チョコレートの粘性に最も大きく関与する油脂系材料はカカオマスとなっている。これはカカオマスの油脂中に存在するカカオ固形分が親油性の連続相中で内部摩擦を生じさせることが原因であると考えられる。

Fig. 4は各試料条件で作製されたブラックチョコレートの破断エネルギーを示している。試料E以外は総カカオバター量の増加（試料AからF）に伴い破断エネルギーが減少する傾向を示した。飯田ら [12] はカカオバターを添加しても破断エネルギーの変化はみられないと報告している。しかしながら、これはカカオバターの添加によってカカオ分が変動する条件下での報告であるため、本実験のようにカカオ分を55%に固定した上でカカオバターを添加すれば破断エネルギーは減少することになると思われる。

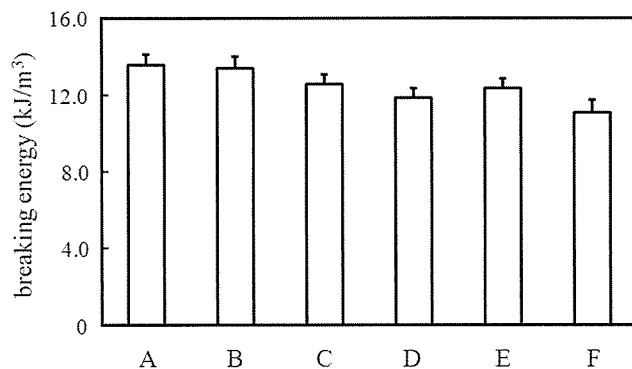


Fig. 4 Breaking energy of black chocolate with various cacao butter contents. Error bar means standard error. (n=27)

Fig. 5はカカオバター量の異なるブラックチョコレートの色調図である。縦軸は明度、横軸は彩度であり、色差の基準試料は試料Cに設定している。図より、脂肪分の増加（試料AからF）に伴って明度と彩度が上昇し、その結果、色調は明るく鮮やかになることが示された。これは主にカカオバターの添加とカカオ固形分の減少によるものと考えられる。ここで、試料AからCは明度と彩度が類似しており $\Delta E$ は0.5

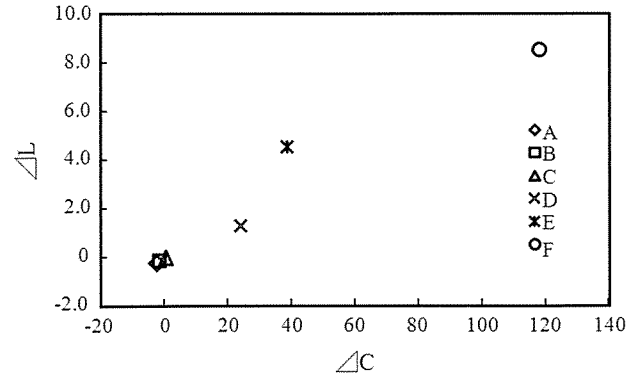


Fig. 5 Color tone of black chocolate with various cacao butter contents. (n=10)

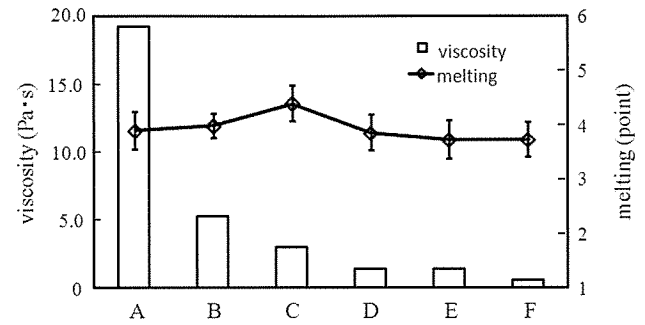


Fig. 6 Melting and viscosity of black chocolate with various cacao butter contents. Error bar means standard error. (n=20)

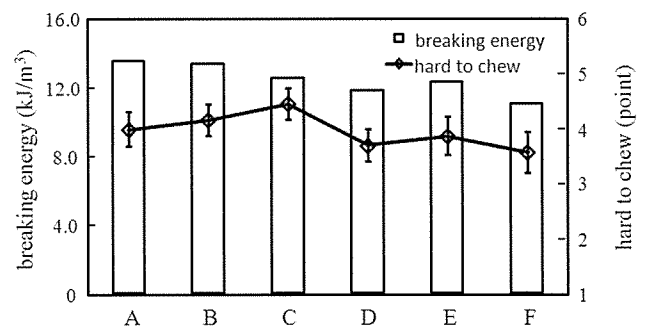


Fig. 7 Hard to chew and breaking energy of black chocolate with various cacao butter contents. Error bar means standard error. (n=20)

未満であった。この値は、感覚的な差を示すNBS単位 [13] で「かすかに」と表現される程度の色差である。

Fig. 6はカカオバター量の異なるブラックチョコレートの官能検査による口どけ具合と機器測定による粘度の値を合わせて示している。チョコレートは高粘性食品のため、口どけや粘さなどの粘性感覚は低ずり速度で評価される [14] [15]。このため図中の粘度は、ずり速度 $10.71 \text{ (s}^{-1}\text{)}$ における値を示している。試料Aは他の試料と比べて粘度が高く示されたが、官能検査では他の試料との間に有意差が得られなかった。Fig. 7に官能検査による歯応えの程度と機器測定に

よる破断エネルギーの値を示す。破断エネルギーの大小に関わらず歯応えの好みに顕著な差はみられなかった。ただし、官能検査では口どけ、歯応え共に試料Cが比較的好まれていた。これは、口どけや歯応えに作用する試料Cのカカオバター量が本実験で設定した6条件の中間であり、比較的バランスが良かったためと考えられる。Fig. 8は官能検査による色彩の好みの程度と色差の値を示している。

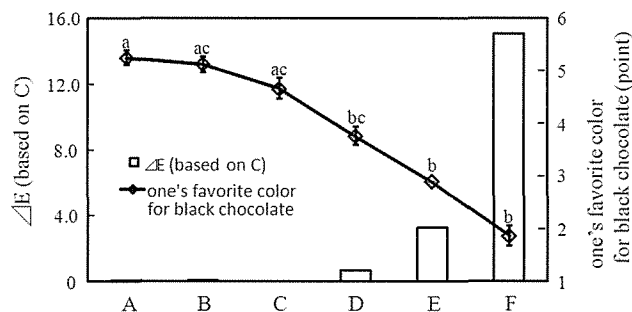


Fig. 8 One's favorite color and color differences with various cacao butter contents. Error bar means standard error. Bars with different letter indicate significant difference ( $p<0.05$ ). (n=20)

官能検査では試料Aと試料DからFの間で1および5%水準の有意差がみられ、試料A, B, Cはほぼ同色として認知されているように解釈された。これは機器測定の結果(Fig. 5 参照)と一致する。このためブラックチョコレートとして好ましい色調は、明度、彩度共に低い値であることが示唆された。

## 2. ヤシ油の添加

カカオバター量の異なるブラックチョコレートに対する官能検査の結果、最も評価の高かった試料Cの作製条件を基準に、脂肪分を37.0%に固定した条件下でヤシ油を0.5および1.0%添加した試料G, Hの2種を作製した (Table. 1 参照)。Fig. 9の事例で明らかのように、脂肪分の割合は同じであっても、ヤシ油添加割合の増加に伴って試料の粘度は上昇する

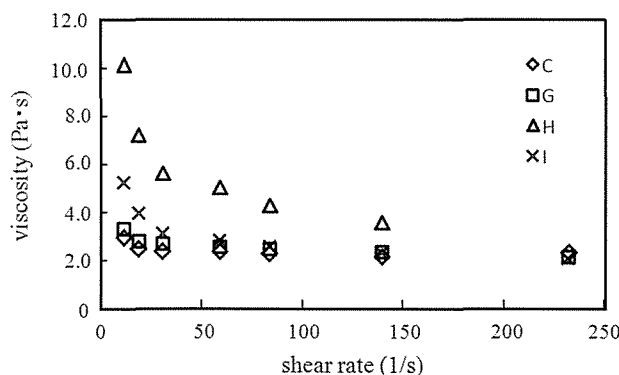


Fig. 9 Relationship between viscosity and shear rate of black chocolate with various palm oil contents.

傾向にあることが示された。なお本実験における試料の調整条件下では、試料Gが標準モデルの試料I(代用油脂添加割合不明)に似た粘性挙動を示すことが示された。Fig.10は各試料の破断エネルギー値を示している。カカオバターを添加した場合は破断エネルギーの減少傾向が確認されたが(Fig. 4 参照)、ヤシ油を添加した場合の破断エネルギーは添加量に関わらずほぼ一定、もしくは若干増加する傾向となった。一方、試料の色調は、ヤシ油無添加の試料Cを標準とすると、ヤシ油添加量0.5%の試料Gは彩度が、また1.0%の試料Hでは明度がそれぞれ高く示された (Fig.11参照)。

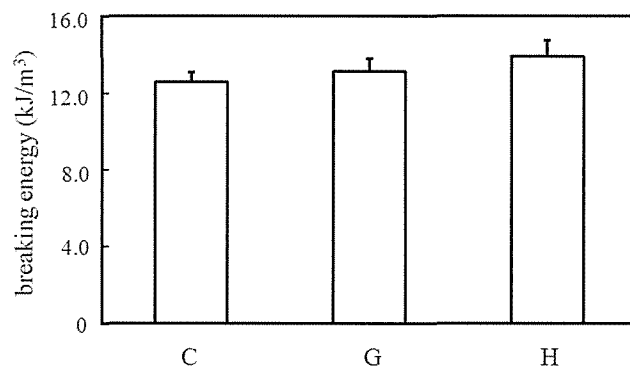


Fig.10 Breaking energy of black chocolate with various palm oil contents. Error bar means standard error. (n=14)

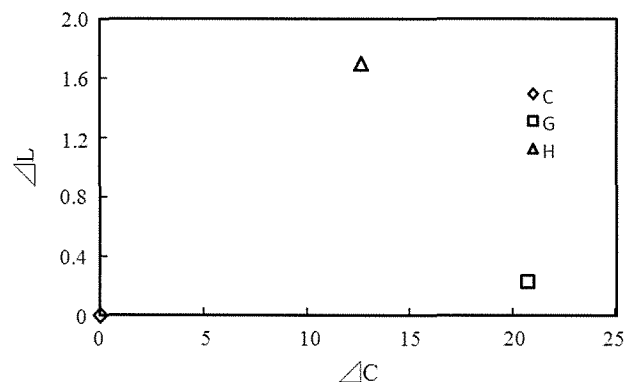


Fig.11 Color tone of black chocolate with various palm oil contents. (n=10)

ヤシ油添加試料に対する官能検査および機器測定それぞれの結果を、Fig.12 (口どけと粘度)に示す。なおFig.12では試料条件が3種のため、官能検査の結果は3が上限となっている。ヤシ油の添加割合が異なる試料に対して口どけ、歯応えについての官能検査結果に有意差はみられなかったが、ヤシ油添加量の最も多い試料Hについては口どけが比較的好まれる傾向にあった。ヤシ油は、体温付近に融点をもつカカオバターと比較してより低い温度で融解する性質をもつため [3], 口腔内における試料の物理的な性状変化が口どけの

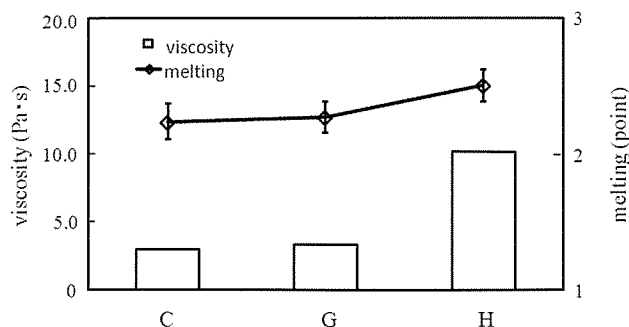


Fig.12 Melting and viscosity of black chocolate with various palm oil contents. Error bar means standard error. (n=20)

滑らかさに繋がったと考えられる。色彩についての官能検査の結果では、ヤシ油添加の試料Gおよび試料Hとヤシ油無添加の試料Cとの間に1%水準の有意差がみられ、試料G、Hの方が試料Cより好ましく感じられることが示された。

本研究ではブラックチョコレートのカカオ分を55%で一定として、好ましいカカオバター量の割合とヤシ油添加の影響を調査した。これにより、ヤシ油はカカオバターの代用油脂となるだけでなく、0.5から1.0%程度添加することでチョコレートの食感をより高度、かつ多様に向上させ得ることが示唆された。今後、チョコレートに添加する油脂の脂肪酸組成、トリグリセリド組成、あるいはヤシ油以外の新たな代用油脂についての検討も必要であると考えられる。

#### 和文抄録

ブラックチョコレート作製におけるより好ましいカカオバター量の割合や適切なヤシ油の添加割合を検討した。カカオバター量を調製した6条件（30.3から49.2%）、およびヤシ油を添加した2条件（0.5%、1.0%）に対し粘度、破断エネルギー、色差の物理的測定と官能検査を行った。物理的測定の結果はカカオバター量の割合により大きく変化し、色彩に対する官能検査ではカカオバター量割合37.0%の試料が他と比較して有意に好まれた。口どけ、歯応えに対する官能試験の結果に顕著な差はみられなかったが、37.0%の試料が比較的好まれる傾向を示した。以上の結果を踏まえてカカオバター量割合37.0%の試料を基準にヤシ油の添加割合を変えて試料を

試作した。ヤシ油添加試料の口どけ、歯応えに対する官能検査の結果に有意差はみられなかったが、口どけは添加量が多いほど好まれる傾向がみられた。色彩はヤシ油を添加した試料の方が有意に好まれた。以上より、ヤシ油はカカオバターの代用油脂となるだけでなく、0.5から1.0%程度添加することでチョコレートの食感を向上させ得ることが示唆された。

#### 参考文献

- [1] 藤田哲 (2000) : 食用油脂, 幸書房, 東京, 112.
- [2] 佐藤清隆 (2004) : 食べ物のおいしさと食感—物性からのアプローチ—, 日本味と匂学会誌, 11 (2), 147-156.
- [3] 佐藤信 (1984) : 食品の熟成, 光琳, 東京, 403-404.
- [4] Beckett, S. T. (2007) : チョコレートの科学, 光琳, 東京, 88-91.
- [5] 土屋公二 (2004) : Chocolate et Cacao, ネコパブリッシング, 東京, 30-31.
- [6] 三森一司 (2002) : チョコレートの特性に影響を及ぼす諸因子について, 聖霊女子短期大学紀要, 30, 1-6.
- [7] 蜂屋巖 (1992) : チョコレートの科学 苦くて甘い「神の恵み」, 講談社, 東京, 126-137.
- [8] Afoakwa, E. O., Paterson, A. and Fowler, M. (2007) : Factors influencing rheological and textural qualities in chocolate – a review, Trends in Food Science & Technology, 18, 290-298.
- [9] 下笹賢二 (2008) : 液状食品のための携帯粘度計の研究開発, 職業能力開発総合大学校東京校紀要, 23, 21-29.
- [10] 古川秀子 (1994) : おいしさを測る, 幸書房, 東京, 24-29.
- [11] Blair, G. W. S. (1953) : Foodstuffs their plasticity fluidity and consistency, 朝倉書店, 東京, 207.
- [12] 飯田文子, 千田麻美子, 葛西真知子, 坂ノ下典正, 桜井孝治, 上脇達也 (2007) : チョコレート油脂含量および組成とおいしさの関係, 日本食品科学工学会誌, 54 (1), 18-25.
- [13] 川柴節江 (2000) : 食品の色と官能評価, 日本官能評価学会誌, 4 (2), 100-105.
- [14] 川端晶子 (2000) : 食品物性学, 建帛社, 東京, 154-156.
- [15] 神山かおる (2005) : テクスチャー特性 (食品創造ハンドブック, 西成勝好, 大越ひろ, 神山かおる, 山本隆編), サイエンスフォーラム, 東京, 189-190.

(受付：2010年1月14日 受理：2010年3月3日)