

ココア摂取がヒト体表温に及ぼす影響

誌名	日本食品科学工学会誌
ISSN	1341027X
著者	有山, 愛 森, 由佳 稲野, 美穂 灘本, 知憲
巻/号	56巻12号
掲載ページ	p. 628-638
発行年月	2009年12月

ココア摂取がヒト体表温に及ぼす影響

有山 愛[§], 森 由佳*, 稲野美穂, 灘本知憲

滋賀県立大学人間文化学部生活栄養学科

* 株式会社宇治田原製茶場

Effect of Cocoa on Human Body Surface Temperature

Ai Ariyama[§], Yuka Mori*, Miho Inano and Tomonori Nadamoto

Department of Food Science and Nutrition, School of Human Culture,
University of Shiga Prefecture, 2500 Hassaka, Hikone, Shiga 522-8533

* Ujitarahaseichajou Co., Ltd., Gounoguchi, Uzitahara, Tsuzuki, Kyoto 610-0281

We investigated whether consumption of cocoa raises human body surface temperature. Healthy female student volunteers (age 18-24) were enrolled in this study. We measured their body surface temperature and peripheral blood flow in a stringently air-controlled room (temperature, $22 \pm 0.5^\circ\text{C}$; humidity, $50 \pm 5\%$). First, the effect of pure cocoa consumption at 60°C and 37°C was compared with that of soup consisting of the same nutritional composition and water. At 60°C , pure cocoa tended to increase the peripheral body temperature at the wrist, ankle and tip of the foot, while at 37°C it tended to maintain the peripheral body temperature at the wrist. Next, defatted cocoa at 60°C was compared with control drink consisting of the same nutritional composition. Defatted cocoa increased the temperature at the forehead ($p < 0.05$) and maintained the temperature at the finger tips ($p < 0.05$); this same tendency was also observed at the abdomen and waist. Using the same defatted cocoa and control drink samples, we examined the situation immediately before sleeping. Defatted cocoa increased the temperature at the wrist, ankle and tip of the foot ($p < 0.05$). Thus, cocoa consumption results in increasing or maintaining the human body surface temperature, while defatted cocoa consumption effects are especially remarkable.

(Received May 29, 2009; Accepted Sep. 4, 2009)

Keywords : cocoa, body surface temperature, coldness, human, blood flow

キーワード : ココア, 体表温, 冷え症, ヒト, 血流

冷え症とは「体の特定の部位だけが冷たく不快に感じられる状態」のことである。最も多いのが手足の冷えであるが、首や腰が冷える、低体温であるなどその症状は様々であり、はっきりとした原因は分かっていない。冷え症の症状は冬期に留まらず、夏期にも冷えを訴える者もある。現代では若い女性だけでなく壮年男性にまで冷え症が見られるようになっており、冷え症患者は増加傾向にある¹⁾。身近な食品を摂取することで日常的に起こる冷えの改善ができれば、冷え症患者のQOL向上につながるであろう。香辛料を中心に、いくつかの食品が冷えの改善に繋がるかもしれないことが示されてきている。例えばトウガラシの発汗・温熱作用は、その有効成分がカプサイシンなどであることも含め、広く知られている²⁾³⁾。著者らの過去の研究⁴⁾でもショウガがヒト体表温上昇促進作用を示した。

本報では香辛料以外の食品として、ココアに着目して実験を行った。ココアがテオブロミンといわゆるカカオポリフェノールを多く含み、これらの成分による血管拡張作用⁵⁾⁶⁾などを通して冷え改善効果の可能性があるのである。実際、ココアの体表温に対する影響については過去に報告例⁷⁾がある。しかし、砂糖やミルクの入ったココア飲料の効果を、コーヒーや緑茶と比較しており、栄養組成やエネルギー含量の違いによるとの疑念を拭えない。本報告ではココアと栄養組成を揃えた対照飲料を比較し、実際にヒトの体表温の低下抑制、または上昇促進作用がココアにあるか否かを検討した。

ココアは日常的に摂取されており、市販品も多くあり、手に入れやすい食品である。ココアの原料となるカカオ (*Theobroma cacao*) の歴史は紀元前 4000 年にまで遡り、紀元前 2000 年頃から古代メキシコを中心に栽培が始まったとされている。学名の一部である「*Theobroma* (テオブロマ)」とはギリシャ語で「神様の食べ物」という意味で、

〒522-8533 滋賀県彦根市八坂町 2500

* 〒610-0281 京都府綴喜郡宇治田原町郷之口

§ 連絡先 (Corresponding author), f33aariyama@ec.usp.ac.jp

古代メキシコでは、不老長寿薬として王侯貴族の間で珍重されていた。当時はカカオをすり潰したものを食していたが、これがスペインを経てヨーロッパ全土に広がり、現在のように世界中に人々に親しまれているチョコレートやココアに変化を遂げた⁷⁾。

また、コレステロール低下作用や血圧低下作用⁸⁾⁹⁾などの優れた効果が報告されており、ココアの持つ様々な効果について研究が進められている。近年の報告では、ココアの老化抑制効果¹⁰⁾、抗動脈硬化作用¹¹⁾、生活習慣病・生活環境病に対するカカオポリフェノールの効用¹²⁾ならびにポリフェノールによるストレス制御の可能性¹³⁾などがある。

今回の実験では、体表温変化を主な指標として、ココア摂取がヒト体表温に与える影響の検討を目的とした。

実験方法

1. 被験者と摂取飲料

18-24歳の健常な女子学生を対象として実験を行った。本実験はヘルシンキ宣言の精神に則り、滋賀県立大学倫理審査委員会の承認を受けると共に、被験者にはあらかじめ研究の趣旨および試験内容を充分説明し、承諾を得た。

(1) 実験1

21-22歳の6名を対象とした。摂取試料は、試験飲料としてピュアココア8gを、栄養組成を揃えた対照飲料として中華風スープ、さらに同量(150ml)の湯を用いた3種とした。飲料の構成材料と栄養組成をTable 1に示す。試験飲料、対照飲料とも150mlの浄水に溶かし、全ての飲料を60°Cで摂取に供した。

(2) 実験2

18-22歳の10名を対象とした。試験飲料、対照飲料は、実験1と同じピュアココア、栄養組成を揃えた中華風スープとした。両飲料とも、37°Cで摂取に供した。

(3) 実験3

21-23歳の6名を対象とした。試験飲料は脱脂ココア(超臨界二酸化炭素抽出によって、脂肪分を1%未満に除去したココアパウダー)8gとした。ゼラチン、グラニュー糖などで栄養組成を揃えた対照飲料を調製した。脱脂ココアの苦味を抑えるため、両飲料に同量のスキムミルクを加えた。両飲料の構成材料と栄養組成をTable 2に示す。両飲料とも、60°Cで摂取に供した。

(4) 実験4

21-24歳の10名を対象とした。試験飲料、対照飲料は実験3に同じとした。

なお実験2~4においては、飲料摂取後、飲料の風味を口腔内に残さないよう、飲料と同温度の浄水30gを摂取させた。

2. 摂取飲料の栄養組成とテオブロミン、ポリフェノール含量測定方法

試験飲料および対照飲料の栄養組成とエネルギー含量は五訂食品成分表より算出した。

試験飲料中のテオブロミン、ポリフェノール含量測定は、試料に試料の5倍容のn-ヘキサンを加え、30分間振とうしたのち、遠心分離し、ろ過した。さらに振とう、遠心分離、ろ過操作を2回繰り返した残渣を風乾し、脱脂試料とした。脱脂試料0.5gに50%メタノールを加え超音波分散し、還流抽出、遠心分離した。その上清を50%メタノールにて、100mlに定容し、遠心分離したのち、ろ過したものを抽出液とした。

テオブロミン含量は抽出液をHPLCにて分析した。

ポリフェノール含量は、抽出液をフォーリン-チオカルト法¹⁴⁾に準じて測定し、エピカテキン相当量として算出した。

3. 測定指標

身体各部の体表温度は、皮膚温測定装置(BDT100用温度センサー、バイオリサーチセンター(株))を用いて1秒

Table 1 Ingredients of testing drink and control drink for Exp. 1 and Exp. 2

	Testing drink (pure cocoa)		Control drink	
constituent material	water	150 ml	water	150 ml
	pure cocoa ^{a)}	8.0 g	chicken soup powder ^{b)}	3.1 g
			colza oil ^{c)}	1.8 g
			dried albumen ^{d)}	1.45 g
calories	27.2 kcal		27.9 kcal	
protein			1.7 g	
fat			1.9 g	
carbohydrate			0.8 g	
theobromine	184.8 mg			
polyphenol	351.2 mg			

^{a)} pure cocoa (MORINAGA & CO., LTD.), ^{b)} gara soup (YOUKI FOOD CO., LTD), ^{c)} healthy light (The Nisshin Oillio Group, Ltd.), ^{d)} kansouranpaku (TOHMEI FOODS CO., LTD.)

Table 2 Ingredients of testing drink and control drink for Exp. 3 and Exp. 4

	Testing drink (defatted cocoa)		Control drink	
constituent material	water	150 ml	water	150 ml
	defatted cocoa ^{a)}	8.0 g	gelatin ^{c)}	2.60 g
	skim milk ^{b)}	18.0 g	colza oil ^{d)}	0.13 g
			granulated sugar ^{e)}	1.36 g
			skim milk ^{b)}	18.0 g
calories	85.4 kcal		80.0 kcal	
protein			8.4 g	
fat			0.3 g	
carbohydrate			10.9 g	
theobromine	207.2 mg			
polyphenol	236.0 mg			

^{a)} Defatted SR (Barry Callebaut CO., LTD.), ^{b)} skim milk (MORINAGA & CO., LTD.), ^{c)} zeraisu (Maruha Nichiro Foods, Inc.), ^{d)} healthy light (The Nisshin OilliO Group, Ltd.), ^{e)} spoon zirusi granulated sugar (Mitsui Sugar Co., Ltd.)

毎に自動測定した。実験 1 では測定時間 3 分おきに 1 分間の値を、実験 2~4 では測定時間 1 分ごとに値を平均し、各時間での測定値とした。血流量の測定には、半導体レーザー血流装置 (ALF21D, (株)ADVANCE) を用いて 1 秒毎に自動測定した。測定時間 1 分ごとに値を平均し、各時間での測定値とした。

各実験における、測定箇所を以下に示す。

実験 1 ; 額中央・首筋・左手首・左手薬指・左足首・左足人差し指の体表温, 左手薬指血流

実験 2 ; 額中央・首筋・左手首・左手薬指・左足首の体表温, 左手首血流

実験 3 ; 額中央・首筋・左脇・腹(臍下)・左手首・左手薬指・左足首・左足中指の体表温, 左手中指・左足中指の血流

実験 4 ; 左手首・左手薬指・左足首・左足中指の体表温, 左足薬指の血流

4. 実験環境

室温 $22.0 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$, 湿度 $50 \pm 5\%$ (加熱気化式加湿機, HV-T50CX, シャープ(株)) に設定した恒温・恒湿室 (プレハブ恒温室 東洋紡エンジニアリング(株)) 内で行った。

5. 測定プロトコル

実験はクロスオーバーで行った。体温の日内変動を考慮に入れ、実験 4 を除き 9~11 時の間に 2 名ずつ行った。実験 4 は 17~19 時に 1 名ずつ実験を行った。被験者ごとにそれぞれの試験について 1 日以上ウォッシュアウト期間を設け、同時刻に実験を開始した。実験 1~3 は座位で、実験 4 は簡易ベッドで、背もたれを使って約 60 度に上半身を起こし、足を伸ばした仰臥位で行った。また、女性の月経周期における体温変化を考慮して、体温の安定する月経終了日から 2 週間以内を実験日とした。

実験前日は、激しい運動や暴飲暴食を避け、薬、トウガラシなど香辛料の多い食品やカフェイン飲料などの刺激物の飲食を控えさせた。実験日当日、実験 1~3 では実験開始 2 時間以上前に起床、朝食を欠食とし、測定開始前の 2 時間以内は摂水も禁止した。実験 4 では実験日当日、朝食、昼食は摂取させたが、上記前日の条件を守らせた。なお、測定開始前の 2 時間以内は絶飲、絶食とした。さらに、日中は長ズボン、靴下、スニーカーの統一した服装で過ごすように指示した。測定時の服装の違いによる体温への影響を除くため、被験者には測定時用の専用服 (T シャツ, 白衣, トレーニングズボン, ソックス) を着用させた。実験前に気分、体調を確認するためのアンケートを行った。実験のプロトコルを Fig. 1 に示す。一定の温度に設定された前室 (実験 1 : 22°C , 実験 2~4 : 25°C) で 20 分程度実験環境に順応させ、その間に実験専用服の着用と事前アンケートを行った。その後、測定室に入り装置装着を含め 20 分程度安静を保ったのち、測定を開始した。測定開始 15 分後に 3 分以内で試験飲料を摂取させた。飲料摂取時には皮膚温測定装置を装着していない手のみ、使用を許可した。飲料摂取開始時を 0 分とし、実験 1・2 は 48 分間、実験 3 は 68 分間測定を行った。実験 4 は入室後のプロトコルは実験 1~3 と同様であるが、就寝時を想定し、飲料摂取後被験者を素足にし、その後布団をかけた。測定時間は、飲料摂取開始から 75 分とした。

実験中は安静を保たせ、必要以上の動作を禁止した。眠気対策に、測定中は実験 1 では絵本等を読む事を許可し、実験 2~4 においては、無音の DVD を鑑賞させ、会話を禁止した。

実験時期は、実験 1 は 10 月、実験 2 は 11 月から 2 月、実験 3 は 6 月、実験 4 は 12 月から 1 月に行った。

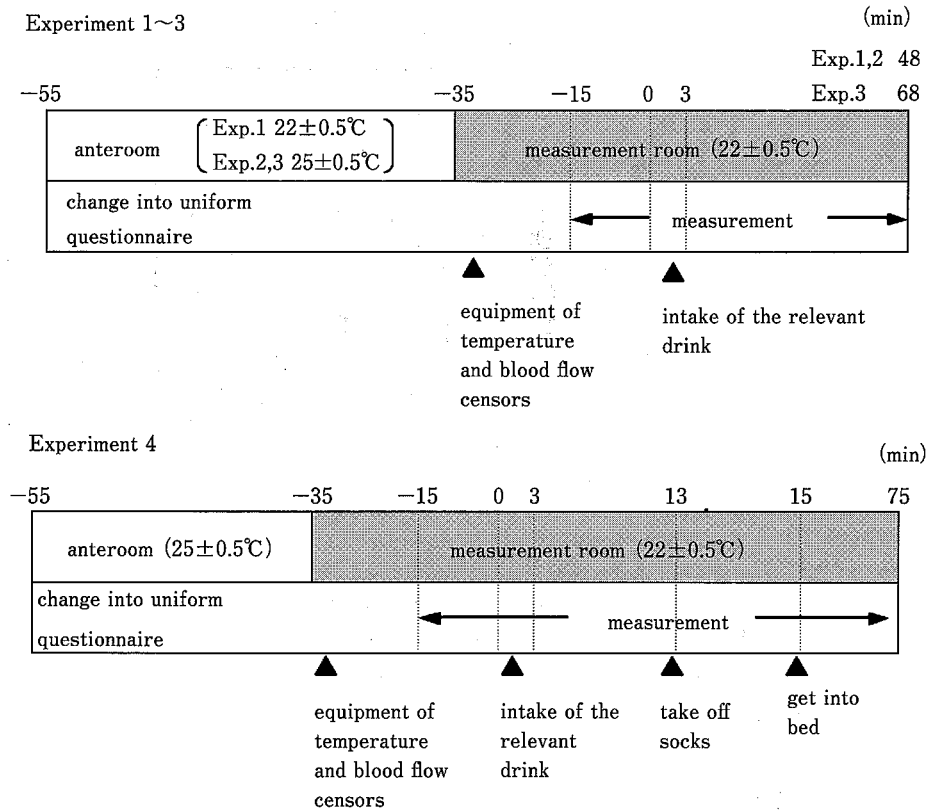


Fig. 1 Testing protocol

6. 統計処理

測定値はすべて平均値 \pm SEMで表した。有意差検定は、FisherのPLSDによる多重比較検定、contrastsによる多重比較検定、paired-*t*-test、二元配置分散分析(Two-way repeated ANOVA)で行った。解析ソフトはStat View for Macintosh (Ver.5.0, SAS Institute Inc.)および、Super ANOVA (Ver.1.1, Abacus Concepts Inc.)を使用した。いずれの場合も危険率5%未満を有意水準とした。なお、危険率10%未満についても*p*値をグラフ上に記載した。

実験結果

1. 体表温・血流の変化

(1) 実験1

60°Cのピュアココア、栄養組成を揃えたスープ、湯を摂取した後、身体各部体表温の48分間の平均値を、摂取前温度からの変化量として、Fig. 2に示す。ココアはスープと水に比べ、末梢部位において体表温上昇促進傾向を示した。しかしながら、手首・足指先におけるココアとスープ間 ($p < 0.1$)、足首におけるココアと湯間 ($p < 0.1$)の相違を含め、いずれの場合も有意な差ではなかった。各部位の体表温の経時変化を見ると、足首において有意な差が認められた (Fig. 3)。足首では、特に飲料摂取後期間の後半から、ココアは他の二飲料との温度差が大きくなり、その差

は有意であった ($p < 0.01$)。また、手指先では体表温に有意な差が認められなかったが、血流量は摂取前15分間の平均血流量と摂取後48分間の平均血流量の比較において (ピュアココア 1.35 ± 0.138 , スープ 0.97 ± 0.077 , 湯 1.12 ± 0.147)、ココアはスープに比べて有意に ($p < 0.05$ by Fisher's PLSD) 血流促進作用を示した。

(2) 実験2

飲料温度が体温に影響しない条件として、摂取温度を37°Cとしたピュアココア摂取後の平均温度変化を、実験1と同様の対照スープと比較した結果をFig. 4に示す。ココアは対照飲料に比べ、上半身の末梢部位 (手首、手指先) において冷え抑制傾向を示した。しかし、手首においても ($p < 0.1$)、手の指先においても統計的に有意な差は認められなかった。特に手指先では個人間のばらつきが大きかった。なお、手首血流量 (摂取前15分間の平均血流量と摂取後48分間の平均血流量の比較: ピュアココア 0.97 ± 0.030 , スープ 0.98 ± 0.058) にも有意な差がみられなかった。

(3) 実験3

試験飲料として脱脂ココア (60°C)、対照飲料として栄養組成を揃えた飲料とした。脱脂ココア飲料を飲みやすくするため、同量のスキムミルクを両飲料に加えた。摂取後68分間の平均体表温変化をFig. 5に示す。ココアは対照飲料に比べ、上半身末梢部 (手首、手指先) に加え、額、腹、腰において体表温低下抑制作用がみられた。額、手指先に

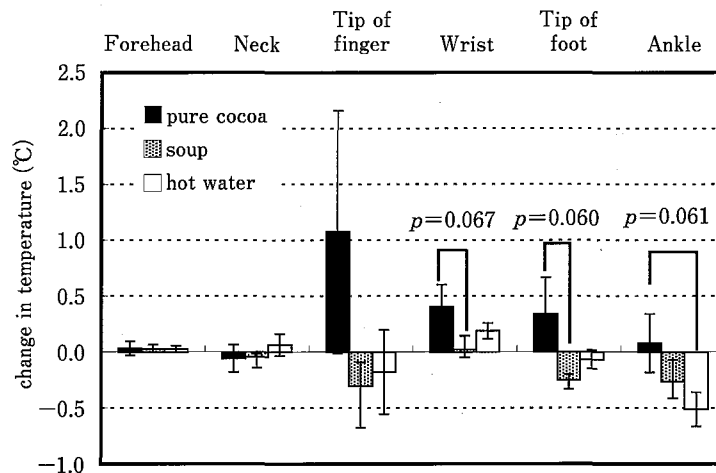


Fig. 2 Change in the body surface temperature after consuming pure cocoa, soup or hot water

The average change in body surface temperature after consuming pure cocoa (60°C), soup (60°C) or hot water (60°C) is shown. Values are expressed as the difference between the average values during 48 minutes after consuming and those before consumption (-9, -6, -3, 0 min).

Mean \pm SEM, $n=6$, p values by Fisher's PLSD.

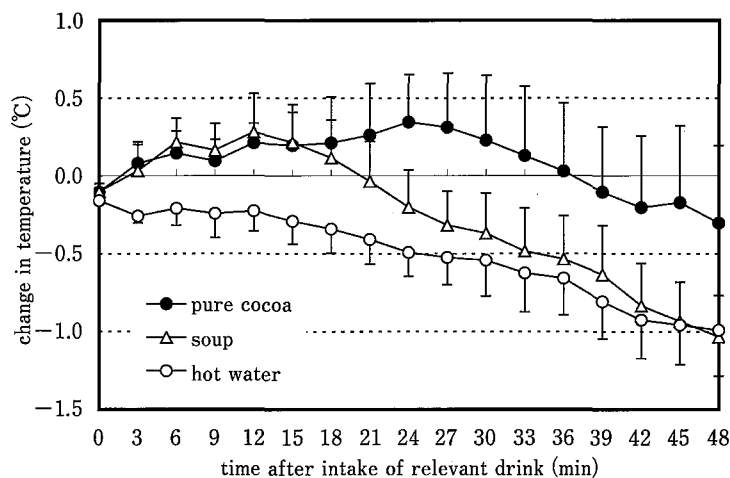


Fig. 3 Time-course change in the ankle surface temperature after consuming pure cocoa, soup or hot water

Temperature fluctuation of ankle surface temperature after consuming pure cocoa (60°C), soup (60°C) or hot water (60°C) is shown. Values are expressed as the difference from the average before consumption (-9, -6, -3, 0 min).

Mean \pm SEM, $n=6$, Cocoa vs. Soup : $p < 0.01$ by contrasts.

においては有意に体表温低下を抑制し ($p < 0.05$), お腹, 腰においては体表温低下抑制傾向がみられた ($p < 0.1$). 足指先は個人差が大きく, ココアの効果は認められなかった. 一方, 手指先, 足指先の血流量は体表温変化を反映した結果となったが有意な違いは観察されなかった (摂取前 15 分間の平均血流量と摂取後 68 分間の平均血流量の比較: 手指先 脱脂ココア 0.97 ± 0.044 , 対照飲料 0.92 ± 0.027 , 足指先 脱脂ココア 1.08 ± 0.062 , 対照飲料 1.40 ± 0.310).

手指先の体表温の経時変化を Fig. 6 に示す. 摂取後の時間経過に伴って, ココア摂取は対照飲料と比較して手指先の冷えを抑制し, 有意な交互効果 ($p < 0.05$) が認められた.

実験 3 では体表温測定部位として, 腹, 腰部を加えたが, その経時変化を Fig. 7 に示す. 飲料の如何に関わらず体表温は上昇したが, 手指先の場合と同様, 摂取後期間の後半に温度差は大きくなり, 両群の経時変化には交互効果 (腹; $p < 0.05$, 腰; $p < 0.0001$) が認められた.

(4) 実験 4

就寝前を想定した状況での, 60°C 脱脂ココア摂取後の手足末梢部の平均体表温変化を Fig. 8 に示す. 仰臥位で手足とも布団の中に入れたため, いずれの部位も飲料の如何に関わらず体表温は上昇した. ココアは対照飲料に比べ, 上半身末梢部位に加え, 下半身末梢部位でも体表温上昇促進

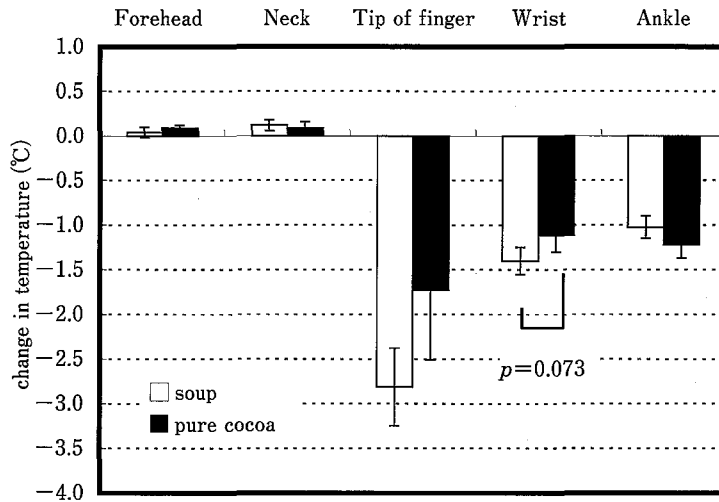


Fig. 4 Change in the body surface temperature after consuming pure cocoa or soup

The average change in body surface temperature after consuming pure cocoa (37°C) or soup (37°C) is shown. Values are expressed as the difference from the average before consumption (-15~0 min). Mean±SEM, n=10, p values by paired t-test.

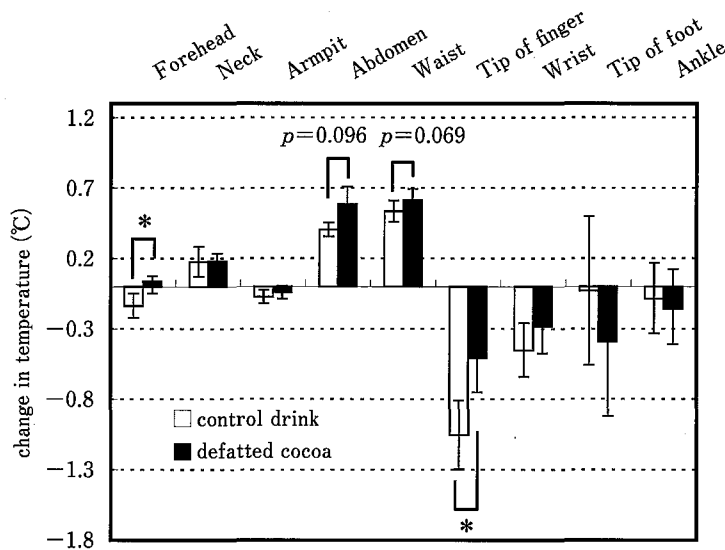


Fig. 5 Change in the body surface temperature after consuming defatted cocoa or control drink

The average change in body surface temperature after consuming defatted cocoa (60°C) or control drink (60°C) is shown. Values are expressed as the difference between the average values during 68 minutes after consuming and those before consumption (-15~0 min). Mean±SEM, n=6, p values by paired t-test. *p<0.05.

作用を示した。特に、手首、足首、足指先における、体表温上昇促進作用は有意であった (p<0.05)。足指血流量 (摂取前 15 分間の平均血流量と摂取後 75 分間の平均血流量の比較：脱脂ココア 2.81±0.941, 対照飲料 1.33±0.103) に有意な差は見られなかった。

差が最も顕著に現れた足指先体表温の経時変化を Fig. 9 に示す。飲料摂取後 13 分に一時的に温度低下が見られるが、これは靴下を脱ぐ動作が入ったことによる。布団をかけた 15 分後から、脱脂ココアは対照飲料に比べ急速に足

指先温度を上昇させ、対照飲料との間に有意な交互効果 (p<0.0001) が認められた。

考 察

「冷え症」は現代病ともいわれ、暮らしの中では無視できないくらいのものである。その原因については血流の低下や代謝の低下が考えられるが、科学的究明ははまだ充分とは言えない。冷え症は、特に女性に多く、QOL に与える影響は大きい。著者らが女子学生 97 名に行ったアンケート¹⁵⁾

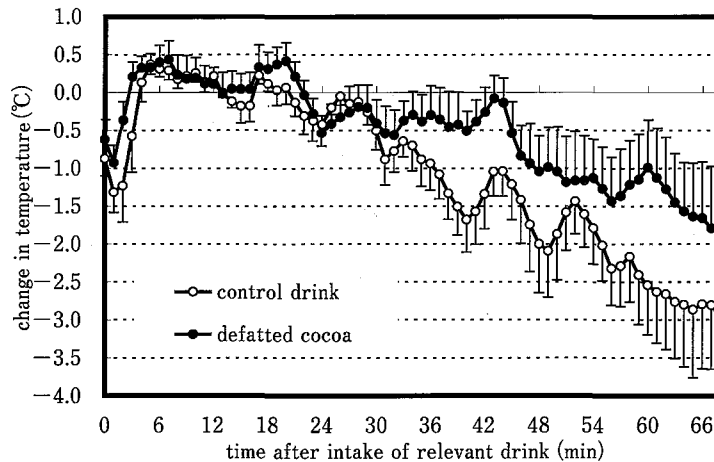


Fig. 6 Time-course change in the tip of finger surface temperature after consuming defatted cocoa or control drink

Temperature fluctuation of tip of finger surface temperature after consuming defatted cocoa (60°C) or control drink (60°C) is shown. Values are expressed as the difference from the average before consumption (-15~0 min).

Mean±SEM, $n=6$, Cocoa vs. Control Drink $p<0.05$ by Two-way repeated ANOVA.

によれば、約70%が冷え症と自覚しており、しかもこの割合は寺澤らの冷え症判断基準¹⁶⁾による結果とほぼ一致した。冷えを訴える部位は手足あるいはその指先が中心であり、多くの若い女性が抹消体表温の低下に悩まされていることが窺われる。

我々は、実験環境として一定の温度環境を設定し、食品摂取による体表温の変化を見ることで、冷え症の改善に有効な食品因子を検索することをテーマに研究を行ってきた。冷え改善作用検証のための体表温測定にはサーモグラフが使われることも多い¹⁷⁾。本実験では温度センサーを用いたが、同時に複数部位の温度を連続的に測定・記録できることが特長といえる。また、手足指を冷水に浸漬し、引き上げた後の回復の程度を見る自律神経機能検査法としての水水浸漬試験¹⁸⁾の応用¹⁷⁾や、冷水浸漬法¹⁹⁾がよく用いられている。これらは局部のみの急速な冷えを伴う反応であり、全身に及ぶ冬期の冷えや夏期の冷房など日常生活上に即した状況ではない。本報では測定指標として皮膚温測定装置および半導体レーザー血流計を用い、日常起こりうる、ゆるやかな冷えの状況を想定した。

栄養組成を揃えた対照飲料を用いた理由は、食事誘発性体熱産生(DIT)による影響を抑える事である。食事摂取後、DITによるエネルギー消費増加量は、食事の質と量により大きく異なり、摂取エネルギー量に対する比率で示すと、タンパク質の場合は約30%と特に高く、糖質約6%、脂質では約4%と報告されている²⁰⁾。今回の実験ではこのような作用の影響をできるだけ除くため、試験飲料と三大栄養素の組成を揃えた飲料を調製し、対照飲料とした。

実験1では市販のピュアココアを試験飲料とし、栄養組成をこれと揃えた中華風スープ、さらに湯を対照飲料とし、摂取に供した。ピュアココアは末梢部位で体表温上昇促進

傾向を示し、その作用は足首において最も顕著であった。

実験2では飲料温度を37°Cとした。これは、体温に影響を与えないような飲料温度でもココアの温作用が現れるのを見るためである。湯を除き、試験飲料、対照飲料とも実験1と同様とした。その結果、手首、手指先で対照飲料と比較して有意な差ではなかったものの、体表温低下抑制傾向が見られた。

以上の結果よりピュアココアは抹消部位を中心に体表温上昇促進作用もしくは体表温低下抑制作用を示す可能性が示唆された。また、過去の報告例⁷⁾で考慮されていなかった、栄養組成やエネルギー含量の違いによる作用ではなく、ピュアココアによる作用である事が示された。しかし、飲料温度37°Cでも体表温低下抑制効果が期待できるが、60°Cの結果と比較すると明快ではなかった。

一方脱脂ココアを試料とした実験3では、ココアの効果がよりクリアとなった。用いた脱脂ココアは、ココアパウダー(脂肪分10-20%程度)を脱脂し、脂肪分を1%以下にした市販品である。脱脂ココアパウダーを使用する事により、実験1,2で供試試料に比較的多く含まれていた脂質(脂肪分23%エネルギー含量の6割以上を占める)のココアと対照飲料での質的な違いを除けること、さらに温作用が現れた場合、ココアの脂質成分がその因子であることを除外することができる。摂取物の脱脂ココアはピュアココアに比べると苦味が強いので、スキムミルクをベヒクルとして用いることで呈味を改善した。ミルクを加えることにより、カカオポリフェノールの吸収は有為に促進されないことはJ.B. Keoghらによって示されている²¹⁾。また実験1,2の結果で、ココアの温作用が摂取後期間の後期に、より顕著に示された事から、測定時間を68分まで延長した。

Fig. 5・6の結果より、脱脂ココアは手指先などの上半

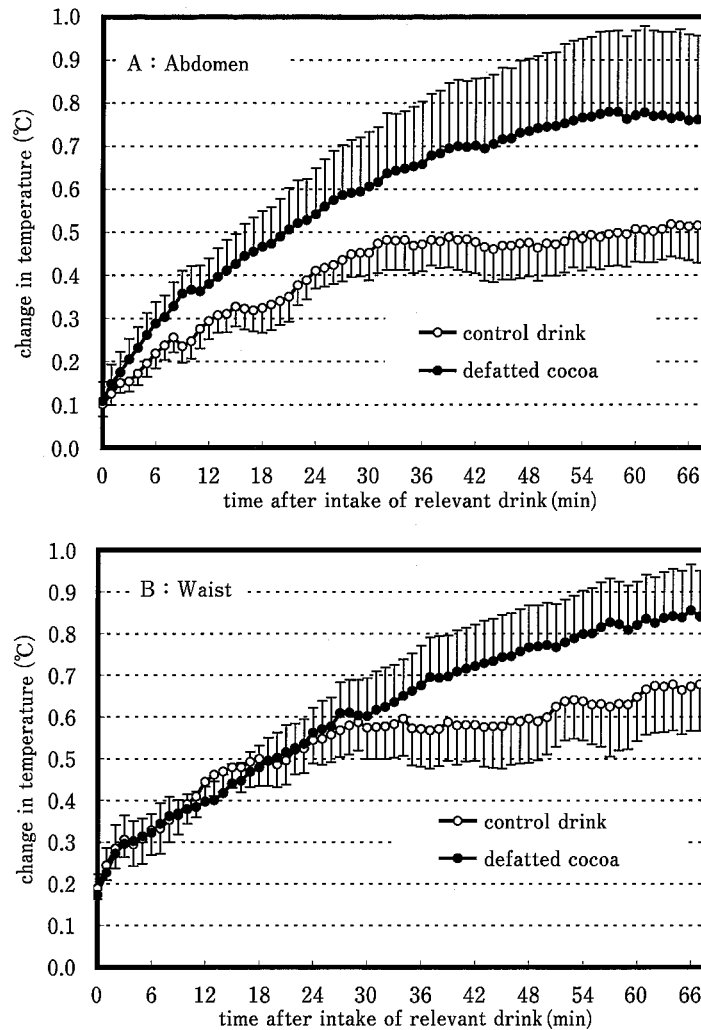


Fig. 7 Time-course change in the abdomen (A) and waist (B) surface temperature after consuming defatted cocoa or control drink

Temperature fluctuation of tip of finger surface temperature after consuming defatted cocoa (60°C) or control drink (60°C) is shown. Values are expressed as the difference from the average before consumption (-15~0 min).

Mean±SEM, $n=6$, Cocoa vs. Control Drink $p<0.05$ by Two-way repeated ANOVA.

身の末梢部位において有意な体表温低下抑制効果を示した。また末梢部位に加え、額、腹、腰においても有意な体表温上昇促進作用を示した。

以上の実験1~3よりココアパウダーの温作用が再現性よく確認された。対照飲料はココア飲料と三大栄養素を揃えていることから、ココアの作用がDITによる可能性は低く、また実験3より体表温上昇促進作用がココアの脂質ではない可能性が高まったため、ココア特有の成分によることが示唆された。

ココア特有の成分としては、カカオポリフェノールやテオブロミンが挙げられる。テオブロミンは、古くは動脈硬化症、末梢血管疾患、狭心症、高血圧症などの治療薬として用いられていた歴史がある。また、最近の報告では、テオブロミンが咳止め薬として有効であるとの報告がなされ

ている²²⁾。我が国では、標準品のテオブロミンを用いた、動物やヒトへの経口試験の報告は皆無に等しく、世界的に見ても乏しいのが現状である。しかし、同じキサンチン類で、コーヒーの主要成分であるカフェインに関しては、ヒトへの経口試験が広く行われている。日比野らのヒト対象試験においては、カフェインが自律神経系に作用するという報告があり²³⁾、Braccoらのヒト試験では、カフェイン入りコーヒーの摂取がカフェインレスコーヒーの摂取に比べ、体熱産生が高まったという報告もある²⁴⁾。このことから、類似の構造をとっているテオブロミンは同様の効果が期待できる。

カカオポリフェノールに関する報告は、血小板活性抑制²⁵⁾、抗動脈硬化作用、胃潰瘍予防²⁶⁾、発がん予防作用²⁷⁾など多岐にわたる。血流改善の効果も多数報告されてい

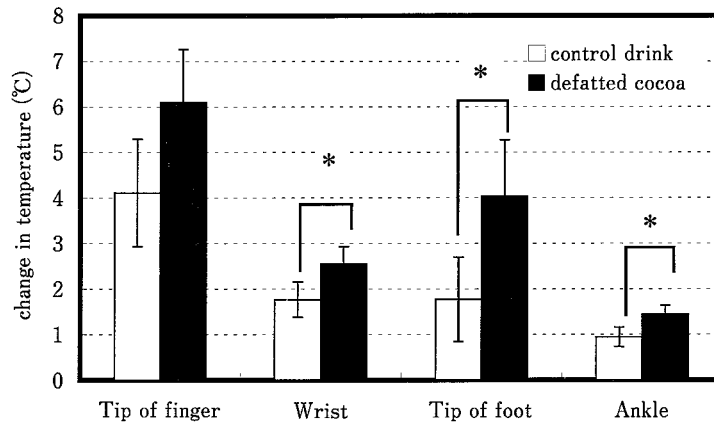


Fig. 8 Change in the body surface temperature after consuming defatted cocoa or control drink

The average change in body surface temperature after consuming defatted cocoa (60°C) or control drink (60°C) is shown. Values are expressed as the difference between the average values during 72 minutes after consuming and those before consumption (-15~0 min).

Mean \pm SEM, $n=10$, p values by paired t -test. * $p < 0.05$

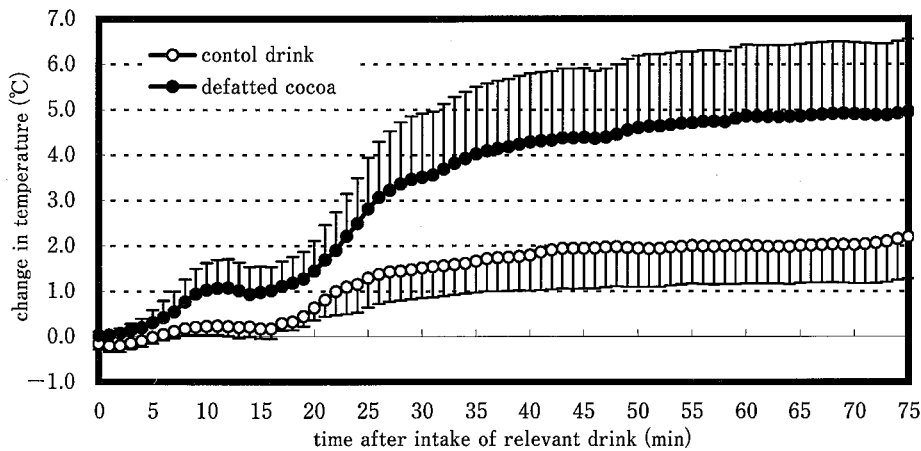


Fig. 9 Time-course change in the tip of foot surface temperature after consuming defatted cocoa or control drink

Temperature fluctuation of tip of finger surface temperature after consuming defatted cocoa (60°C) or control drink (60°C) is shown. Values are expressed as the difference from the average before consumption (-15~0 min).

Mean \pm SEM, $n=10$, Defatted Cocoa vs. Control Drink $p < 0.05$ by Two-way repeated ANOVA.

る。Helmutらは、ヒトに高フラバノール(176 mg)のココアを摂取させると、低フラバノール(10 mg以下)のココアを摂取させた場合と比べて、血管が拡張したと報告している⁵⁾。また、Hagenらも、1 mg/kg (body weight)のエピカテキンを含むココアをヒトに摂取させたところ、血管拡張効果がみられたとしている⁶⁾。

テオブロミンもエピカテキンも吸収速度が速く、摂取後およそ2時間で血漿中濃度はピークを迎える²⁸⁾。実験1~3では摂取後48-68分を測定しているが、摂取後の後半でその効果は顕著にみられる。これらは、テオブロミンとエピカテキンの吸収速度を考慮すると、説明ができる。

しかし、カカオポリフェノールに関する報告には、注意が必要である。Kellyは、Grassiらがチョコレート摂取に

よりインスリン感受性の向上と血圧低下を報告しており、それらの作用はチョコレートに含まれるフラボノール類に⁸⁾としているが、実際そのサンプル中にはテオブロミンも含まれており、その存在は決して無視できないと主張している²⁹⁾。カカオポリフェノールの効果だと報告されている試験で用いられた試料中にはテオブロミンが存在する場合があります、その力価については十分に検討が行われているのか疑問が残る。

冷え症者の多くが末梢部位における冷えの影響により、入眠の妨げられていると感じていることから、実験4では就寝前を想定した状況での実験を行った。実験3においても、時間経過に伴い、体表温上昇促進作用が顕著となったことから、測定時間を75分まで延長した。さらに実験1~

3では、抹消部位の体表温は最終的に低下していく状況での試験であったが、就寝時という抹消体温が上昇する状況での試験ということも、実験1~3との相違となる。

「ヒトの体表温」は個人差が大きく、これを測定指標とすることは一般的に非常に困難である。東は、季節に対する外郭体温変動の個人差が大きいのが女子の特徴であり、女子の方が強く季節の影響を受けるとしている³⁰⁾。そこでさらに、被験者に日中の服装を指定し、着衣による下半身の温度差を可能な限り減らすようにした。

Fig. 8の結果より、上半身末梢部位、下半身末梢部位ともに、体表温上昇促進作用が示された。実験1~3の結果と比較し、特に下半身末梢部位においてより顕著な体表温上昇促進作用が示された。これは、実験時の姿勢が実験1~3は座位であるのに対し、実験4は足を伸ばした姿勢であることと、布団を掛けることによる影響だと考えられる。

就寝前状況における、末梢部位の体表温上昇促進効果が示されたことで、就寝前のココア摂取が冷え症患者の入眠促進効果が期待される。

全実験を通し、ココア摂取がヒト体表温に有意な温作用を示す部位は確定できなかった。被験者の個体内差や、個々の被験者の個人間の差など、ヒトを対象として実験をしているゆえの影響が考えられる。さらに、体表温を指標としているために、実験日の外気の影響も予想され、短時間の拘束では取り除けない要因も考えられる。

測定指標として体表温と血流量を用いたが、体表温の上昇と血流量の増加が必ずしも一致しない結果となった。22°Cのおだやかな環境下では、体表温の上昇は抹消血管の拡張・収縮作用を反映した結果と考えられるが、本実験で用いた血流計のハード面の感度限界や測定部位など使用条件が原因となり、結果的に体表温の方が感度高く変化を捉えたと考えられる。

ピュアココア、脱脂ココア摂取によりヒト体表温手首、手指先等上半身末梢部位を中心に体表温低下抑制、または上昇促進作用を示した。その効果は脱脂ココアにおいてより顕著に示された。脱脂ココアがより有効であった理由は不明であるが以下のような可能性は考えられる。試験飲料であるココアとPFC含量組成を揃えた対照飲料を作成しているが、含量以外の要因については考慮されていない。そのため、ピュアココアと対照飲料では脂質の質の違いが排除されていないが、脱脂ココアを試料とすることで脂質の質の違いによる効果が取り除けた事による可能性が考えられる。また、ココア中の温作用を示す成分の吸収速度を考慮すると、摂取後測定時間を実験3・4では実験1・2より延長したことが要因かもしれない。さらに、本実験で使用した脱脂ココア中のテオブロミンおよびポリフェノール含量は、Table 1, Table 2に示すように、ピュアココアに比べテオブロミン含量が多く、ポリフェノール含量は少ない。試験飲料中のココア特有成分の含量の違いによる影響

も考えられる。

今後は、ココア摂取がヒト体表温に温作用を示す有効成分の特定とヒト体表温に温作用をもたらす他の食品の探索が求められている。また、ココアの摂取タイミング、摂取形態による体表温への影響についても検討する必要がある。

要 約

ココア摂取がヒト体表温を上昇させる影響を検討した。被験者は健康な女子学生(18-24歳)とし、体表温と抹消部の血流量を測定指標とした。測定は22°C±0.5°C、湿度50%±5%の恒温恒湿環境下、4通りの異なった条件で行った。結果は次の通りである。

(1) 実験1では、60°Cに加温されたピュアココア飲料による影響を、栄養組成を揃えた飲料、水と比較した。ピュアココアは手首、足首、足指先に、体表温上昇傾向を示した。

(2) 実験2では、37°Cに維持したピュアココア飲料と栄養組成を揃えた飲料を比較した。その結果、ピュアココアは手首に体表温維持傾向を示した。

(3) 実験3では、60°C脱脂ココア飲料と栄養組成を揃えた飲料を比較した。脱脂ココアは額における体表温上昇作用($p < 0.05$)と手指における体表温維持作用($p < 0.05$)を示した。また、同様の傾向は、腹と腰にも示された。

(4) 実験4では、実験3と同じ飲料を用いて就寝前状況を想定した実験を行った。脱脂ココアは栄養組成を揃えた飲料と比較し、腰・足首・足指先で体表温上昇作用($p < 0.05$)を示した。

以上の結果より、ココア摂取はヒト体表温上昇作用または維持作用があることが示された。また、その効果は脱脂ココアで特に顕著に観察された。

文 献

- 1) 本田利江, 平 陽一, 「専門医がやさしく教える冷え症」, 第1版 (PHP 研究所, 東京), pp. 10-23 (1998).
- 2) Szallasi, A. and Blumberg, P.M., Vanilloid (Capsaicin) Receptors and Mechanisms, *Pharmacol Rev, The Ameri*, 51 (2), 159-212 (1999).
- 3) 岩井和夫, 渡辺達夫, 「トウガラシ 辛味の科学」, (幸書房, 東京), pp. 138-147 (2007).
- 4) 藤沢史子, 灘本知憲, 伏木 亨, ショウガ摂取がヒト体表温に及ぼす影響, *栄食誌*, 58 (1), 3-9 (2005).
- 5) Helmut, S., Tankred, S., Christian, H. and Malte, K., Cocoa polyphenols and inflammatory mediators, *American Journal of Clinical Nutrition*, 81, 304s-312s (2005).
- 6) Hagen, S., Christian, H., Jan, B. Petra, K., Keen, C.L., Hollenberg, N.K., Sies, H., Kwik-Urbe, C., Schmitz, H.H. and Kelm, M., (-)-Epicatechin mediates beneficial effects of flavanol-rich cocoa on vascular function in humans, *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 103, 1024-1029 (2006).
- 7) 亀井優徳, 吉川真理子, 橋爪秀一, ココアの冷え症改善効果, *食の科学*, 300, 4-13 (2003).
- 8) Grassi, D., Lippi, C., Necozone, S., Desideri, G. and Ferri, C.,

- Short-term administration of dark chocolate is followed by a significant increase in insulin sensitivity and a decrease in blood pressure in healthy persons. *American Journal of Clinical Nutrition*, **81**, 611-614 (2005).
- 9) Taubert, D., Roesen, R., Schömig, E., Effect of cocoa and tea intake on blood pressure, a meta-analysis. *Archives of Internal Medicine*, **167** (7), 626-634 (2007).
 - 10) 間藤 卓, ココアの老化抑制効果, *食品工業*, **49** (3), 69-75 (2006).
 - 11) 近藤和雄, カカオポリフェノールの抗動脈硬化作用, 第 10 回チョコレート・ココア国際栄養シンポジウム 2005 講演集, pp. 30-31 (2005).
 - 12) 高野裕久, 生活習慣病・生活環境病に対するカカオポリフェノールの効用, *食品工業*, **50** (9), 57-64 (2007).
 - 13) 寺尾純二, ポリフェノールによるストレス制御の可能性—抗うつ様活性を中心に—, 第 12 回チョコレート・ココア国際栄養シンポジウム 2007 講演集, pp. 5-8 (2007).
 - 14) 吉田隆志, 有井雅幸, 「植物ポリフェノール含有素材の開発」(株式会社シーエムシー出版, 東京) pp. 17-18 (2007).
 - 15) 灘本知憲, ココアによるヒト体表温の冷え改善効果, 第 13 回チョコレート・ココア国際栄養シンポジウム 2008 講演集, pp. 15-21 (2008).
 - 16) 寺澤捷年, 漢方医学における「冷え症」認識とその治療, *生薬学雑誌*, **41** (2), 85-96 (1987).
 - 17) 吉谷佳代, 南 利子, 宅見央子, 鏡 義昭, 白石浩荘, 米谷俊, 冷えを訴える女性に及ぼす酵素処理ヘスベリジンの効果, *日本栄養・食糧学会誌*, **61** (5), 233-239 (2008).
 - 18) 日本自律神経学会, 「自律神経機能検査 第 3 版」(文光堂) pp. 236-239 (2000).
 - 19) Hibino, G., Nadamoto, T., Fujisawa, F. and Fushiki, T., Regulation of the Peripheral Body Temperature by Foods: A temperature Decrease Induced by the Japanese Persimmon (kaki, *Diospyros kaki*), *Biosci. Biotech. Biochem.*, **67** (1), 23-28 (2003).
 - 20) 河田照雄, 食品摂取と「食餌誘発性体熱産生」, *農化*, **61**, 1462-1465 (1987).
 - 21) Keogh, J.B., McInerney, J. and Clifton, P.M., The Effect of Milk Protein on the Bioavailability of Cocoa Polyphenols, *J. Food Sci.*, **72**, S230-S233 (2007).
 - 22) Usmani, O.S., Belvisi, M.G., Patel, H.J., Crispino, N., Birrell, M.A., Korbonits, M., Korbonits, D. and Barnes, P.J., Theobromine inhibits sensory nerve activation and cough, *The FASEB Journal*, **19** (2), 231-233 (2005).
 - 23) Hibino, G., Moritani, T., Kawada, T. and Fushiki, T., Caffeine Enhances Modulation of Parasympathetic Nerve Activity in Humans, Quantification Using Power Spectral Analysis, *J. Nutr.*, **127**, 1422-1427 (1997).
 - 24) Bracco, D., Ferrarra, J.-M., Arnaud, M.J. and Jequier, E., Yves Schutz, Effects of caffeine on energy metabolism, heart rate, and methylxanthine metabolism in lean and obese women, *The American journal of Physiology*, **269** (4 Pt 1), E671-E678 (1995).
 - 25) Rein, D., Paglieroni, T.G., Pearson, D.A., Wun, T., Schmitz, H.H., Gosselin, R. and Keen, C.L., Cocoa and Wine Polyphenols Modulate Platelet Activation and Function, *J. Nutr.*, **130**, 2120S-2126S (2000).
 - 26) 桜井光寛, 鈍宝敬之, チョコレートとココアについて, *香料*, **199**, 85-94 (1998).
 - 27) 大澤俊彦, カカオポリフェノールの発癌予防作用, 第 3 回チョコレート・ココア国際栄養シンポジウム 1997 講演集, pp. 44-45 (1997).
 - 28) Richelle, M., Tavazzi, I., Enslin, M. and Offord, E.A., Plasma kinetics in man of epicatechin from black chocolate, *European Journal of Clinical Nutrition*, **53**, 22-26 (1999).
 - 29) Caleb, J. Kelly, Effects of theobromine should be considered in future studies, Letter to the Editor, *American Journal of Clinical Nutrition*, **82** (2), 486-487 (2005).
 - 30) 東 隆暢, 新しい測定法による女子の局所寒冷適応能の季節変動, *龍谷大学社会科学研究年報*, **34**, 1-12 (2004). (平成 21 年 5 月 29 日受付, 平成 21 年 9 月 4 日受理)