

第28回チョコレート・ココア国際栄養シンポジウム

講演要旨集

2024年2月9日(金)

経団連会館 国際会議場

主催 日本チョコレート・ココア協会

後援 農林水産省

第28回チョコレート・ココア国際栄養シンポジウム

実行委員長	大澤 俊彦
実行副委員長	間藤 卓
	芦田 均

日時	2024年2月9日(金)
主催	日本チョコレート・ココア協会
後援	農林水産省

第28回チョコレート・ココア国際栄養シンポジウム

【実行委員長】

大澤 俊彦（名古屋大学名誉教授 愛知学院大学特任教授 人間総合科学大学特任教授）

1969年東京大学農学部農芸化学科卒業。1974年同博士課程修了。1989年より1年間カリフォルニア大学デービス校環境毒性学部客員教授。名古屋大学農学部助教授を経て1995年同大学教授。2010年同大学名誉教授。2010年愛知学院大学心身科学部健康栄養学科教授。2011年同学部長。2017年同客員教授。2019年同特任教授、同年人間総合科学大学特任教授を兼任、現在に至る。日本農芸化学奨励賞、日本農芸化学会賞、飯島食品科学賞、日本ベンチャー学会会長賞、日本食品科学工学会功労賞、日本酸化ストレス学会功労賞受賞。農学博士。

【実行副委員長】

間藤 卓（自治医科大学 医学部 救急医学教授/救命救急センター長）

1987年新潟大学医学部卒業、東京大学附属病院内科研修医。1989年東京大学医学部 物療内科（現アレルギー・リウマチ内科）の臨床及び研究に従事。1996年埼玉医科大学総合医療センター高度救命救急センターにて救急/集中治療領域の臨床及び研究に従事。2016年自治医科大学救急医学教授・救命救急センター長、現在に至る。専門：救急/集中治療領域の基礎・臨床研究および医療機器開発。カカオ、カンピョウ、豆腐、脳内Mato細胞（間藤方雄が発見）の研究。医学博士、日本救急医学指導医、集中治療専門医、総務省救急業務のあり方に関する検討会委員他

芦田 均（神戸大学 大学院農学研究科 教授）

1983年神戸大学農学部農芸化学科卒業。1985年神戸大学大学院農学研究科農芸化学専攻修士課程修了。1988年神戸大学大学院自然科学研究科資源生物科学専攻博士課程修了。1988年神戸大学博士(学術博士)。1988年日本学術振興会特別研究員（～1990年3月31日）。1990年神戸大学助手（農学部）。1994年アメリカ合衆国カリフォルニア大学デービス校環境毒物学学科研究員（～1995年9月30日）。1999年神戸大学 助教授（農学部）。2004年神戸大学教授（農学部）。2007年改組による変更：神戸大学 大学院教授（農学研究科）～現在に至る。

2014年 第3回ネイチャー・インダストリー・アワード特別賞受賞

2015年 Fellow of Royal Society of Chemistry (UK)（～現在まで）

2016年 日本栄養・食糧学会賞受賞

2018年 兵庫県科学賞受賞 2018年 飯島藤十郎食品科学賞受賞

【講演者】（講演順）

村上 明（兵庫県立大学 環境人間学部 教授）

平成4（1992）年京都大学大学院農学研究科食品工学専攻博士後期課程修了。近畿大学生物理工学部生物工学科助手、京都大学大学院農学研究科食品生物科学専攻助教を経て、現在、兵庫県立大学環境人間学部食環境栄養課程教授。食品成分の作用機構に関して、ストレス応答の視点から独自の解析を行っている。2022年からボランティアの市民講座「食と健康の井戸端会議」プロジェクトを開始。専門は食品機能学。博士（農学）。

中尾 洋一（早稲田大学 先進理工学部化学・生命化学科 教授）

平成元年東京大学農学部水産学科卒業。平成6年同大学大学院農学系研究科博士課程修了。平成6年より2年間、ハワイ大学化学科・博士研究員（JSPS海外特別研究員）。東京大学大学院農学生命科学研究科・助手、講師を経て、平成19年より早稲田大学先進理工学部化学・生命化学科・准教授、平成24年より教授、現在に至る。専門：天然物化学、ケミカルバイオロジー。

立花 宏文（九州大学 大学院農学研究院 主幹教授）

1987年九州大学農学部食糧化学工学科卒業。1991年九州大学農学部食糧化学工学科博士後期課程退学、1991年九州大学大学院農学研究科助手、1994年講師、1996年助教授、2012年教授を経て現在に至る。2012年九州大学食品機能デザイン研究センター長、2014年日本学術振興会学術システム研究センター研究員。農芸化学奨励賞（1998年）、日本農学進歩賞（2004年）、日本学術振興会賞（2006年）、日本食品免疫学会賞（2010年）、農芸化学技術賞（2016年）、食品免疫産業賞（2016年）、安藤百福賞優秀賞（2017年）、文部科学大臣表彰科学技術賞（2017年）、飯島藤十郎食品科学賞（2018年）、日本栄養・食糧学会賞（2019年）。

上野 聡（広島大学大学院 統合生命科学研究科 教授）

昭和61年北海道大学理学部物理学科卒業。平成4年広島大学大学院生物圏科学研究科博士課程修了。同大学生物生産学部講師・助教授・准教授を経て、平成22年同大学生物圏科学研究科教授。平成31年大学院改組により統合生命科学研究科教授。現在に至る。この間、平成12年および15年に合計9カ月間シェフィールド大学（英国）化学工学部化学・プロセス工学科客員研究員。平成20年より県立広島大学非常勤講師（兼任）。現在、日本農芸化学会中四国支部理事および日本油化学会専門委員。博士（学術）。

第28回チョコレート・ココア国際栄養シンポジウム

13:00……委員長挨拶……大澤 俊彦 (名古屋大学名誉教授)

13:15……………セッション I

13:15～13:55…①【ホルミシスの概念から見えてくるポリフェノールの新しい作用機構】

村上 明 (兵庫県立大学環境人間学部教授)

座長 間藤 卓

14:00～14:40…②【ココアに含まれるテオブロミンの機能】

中尾 洋一 (早稲田大学理工学術院教授)

座長 芦田 均

14:45～15:25…③【カカオポリフェノールの作用メカニズム】

立花 宏文 (九州大学農学研究院生命機能科学部門主幹教授)

座長 大澤 俊彦

15:25……………ココアブレイク ……………

15:45～16:25…④【チョコレートの品質とココアバター結晶多形の関係性について
—油脂物性とテンパリングの関りについて—】

上野 聡 (広島大学大学院統合生命科学研究科/生物生産学部教授)

座長 大澤 俊彦

16:30……………セッション II ……総括討議・質疑応答、提言 座長 大澤 俊彦

17:10……閉会挨拶……松田 克也 (日本チョコレート・ココア協会会長)

ホルミシスの概念から見えてくる ポリフェノールの新しい作用機構

村上 明

(兵庫県立大学 環境人間学部 教授)

ポリフェノールには多様な生理機能性があり、作用機構に関する知見も蓄積されている一方、未だ不明な点も多い。たとえば、「血中への吸収効率が極めて低いにも関わらず、なぜ様々な臓器で機能性を示すのか」という謎がある。また、「環境ストレスに適応するために植物が合成しているポリフェノールがヒトの健康に役立つ働きを持つのはなぜか?」という素朴な疑問もあるだろう。私たちは近年、ホルミシス (hormesis: 適度な環境ストレスにより生体防御系が強化される現象) の概念がこうした謎や疑問を解く鍵であると考え、様々な研究を進めている¹⁾。その成果の一例として、「ポリフェノールは動物には栄養素ではなく異物であるがゆえにストレス源となる。そして、このストレスに適応するためにエネルギーが消費されるが、減少分を補うために脂肪分解が起こる」という知見が挙げられる²⁾。すなわち、ポリフェノールは決して身体に良い物質だから体脂肪を分解できるのではなく、「適度に厳しい異物だからこそ機能性を示す」という捉え方ができる。また、この現象は、エネルギー恒常性の維持という意味で、運動時の物理的なストレスによる脂肪分解機構に類似していると言えよう。一方、化学的に不安定なポリフェノールは消化管内でextracellular vesicles (EV) に内包された後、血中を循環するという新しい吸収機構の可能性も見出した³⁾。重要なことに、EVに内包されたポリフェノールは通常よりも低濃度域で抗炎症活性を示す³⁾。本講演では、ポリフェノールを異物と捉えて初めて見えてくる新しい作用機構について紹介したい。

参考文献 (1) Murakami A, Curr Opin Toxicol, 30: 100337 (2022),

(2) Suihara S, et al., Biosci Biotechnol Biochem, 85: 411-420 (2021),

(3) Ishisaka A, et al., Mol Nutr Food Res, in press (2023).

ココアに含まれるテオブロミンの機能

中尾 洋一

(早稲田大学 理工学術院 教授)

われわれは、カカオマスの主要な成分でありながらその機能性が長年謎とされてきたテオブロミンについて、「遺伝子発現のスイッチ」に着目してその機能性を解析したところ、テオブロミンとカフェインを混合投与すると遺伝子の発現プロファイルが大きく変化することを明らかにしてきた。

このことは、類似の構造を有するキサンチン誘導体であっても、テオブロミンとカフェインは単独ではそれぞれの機能性が異なり、テオブロミン単独では誘起されないような機能が、ココアのような混合状態ではカフェインとの共同的な働きによって生み出されている可能性を示唆するものであった。以上のような複雑な相互作用による機能性の調節は、テオブロミンの機能がこれまで明らかにされてこなかった理由を示唆するとともに、カフェインを含みつつもテオブロミンを含まないコーヒーと、カフェインの10倍量の豊富なテオブロミンを含むココアの飲料としての機能性の違いや、コーヒーとココアに対する嗜好性の違い（コーヒー：大人、ココア：子供）についての理解にもつながるものである。

本発表では、詳細な遺伝子発現プロファイルの解析によって明らかになった、カフェインとテオブロミンの混合物の機能性について紹介するとともに、その意味するところについても議論したい。

カカオポリフェノールの作用メカニズム

立花 宏文

(九州大学 農学研究院 生命機能科学部門 主幹教授)

カカオポリフェノールはカカオの動脈硬化予防作用、血圧降下作用、脳活性化作用などの生理作用に関与していることが知られているが、その作用メカニズムについては不明な点が多い。私たちの体は生体外のさまざまな因子に対してセンサー分子を介して認識・応答することで生体の恒常性を維持している。演者らは、生体外因子であるポリフェノールもセンサー分子に相互作用することで生体に影響を及ぼしていると考え、緑茶ポリフェノール的一种であるエピガロカテキンガレートの生理機能を仲介するセンサー分子として67kDaラミニンレセプター(67LR)を同定した。さらに、67LRは烏龍茶ポリフェノールやカカオポリフェノール的一种であるプロシアニジンC1のセンサー分子としても働くことを明らかにした。本講演では、こうしたカカオポリフェノールの生理作用メカニズムについて紹介する。

1) センサー 67LRを介したカカオポリフェノールの作用

カカオポリフェノールであるプロシアニジンB1、プロシアニジンB2、プロシアニジンC1はいずれもメラノーマ細胞に対して増殖抑制作用を示す。プロシアニジンC1はメラノーマ細胞の表面に発現している67LRを介して細胞表面に結合し、67LR依存的なシグナル伝達経路を活性化することで増殖を抑制した。これに対して、プロシアニジンB1ならびにB2は67LRとの結合性はなく、プロシアニジンC1とは異なるメカニズムで抗メラノーマ作用を発揮した。

2) 腸上皮細胞由来因子を介したカカオポリフェノールの作用

プロシアニジンC1は難吸収性であることから吸収を経ない作用経路もあると考え、プロシアニジンC1誘導性の腸上皮細胞由来因子に着目した。腸上皮様細胞に分化させたCaco-2細胞の頂端側にプロシアニジンC1を作用させることで基底膜側において分泌量が増加する液性因子を見出した。そこで、この液性因子を血管内皮細胞や神経細胞に作用させたところ、プロシアニジンC1を摂取させたマウスに対する作用と類似の活性が観察された。

チョコレートの品質とココアバター結晶多形の関係性について —油脂物性とテンパリングの関わりについて—

上野 聡

(広島大学大学院 統合生命科学研究科/生物生産学部 教授)

固形のチョコレートは、カカオマス・砂糖および（ミルクチョコレートの場合）粉乳がココアバターの結晶に分散したものである。チョコレートのおいしさの決め手として、風味（味や香り）が該当することは言うまでもないが、この他にテクスチャーを忘れてはならない。テクスチャーとは、舌触りや歯ごたえ、口溶け感などいわゆる食感を指す。チョコレートの舌触りに大きく影響する要因として、カカオマスや砂糖などの粒子の大きさ（粒子径）が挙げられる。また、チョコレートの歯ごたえ（硬さ）や口中での溶け具合（口溶け感・とろけ感）などに影響する要因として、ココアバターの物性、とりわけココアバター結晶の融点や融解速度が挙げられる。このココアバターの融点や融解速度は、ココアバターの結晶多形により大きく異なる。したがって、チョコレートのおいしさは、ココアバターの物性、とりわけ結晶多形と密接な関係があると言って過言ではない。本発表では、チョコレートのおいさと大いに関わりのあるココアバターの結晶多形とチョコレートの結晶化について、テンパリングを例として解説する。

ココアバターに限らず実用性の油脂の物性で特に重要なのは多形現象である。ココアバターでは、I (sub- α) 型からVI (β_1) 型まで合計6種類の多形が存在する。多形ごとに構造や融点・密度などが異なる。このうち、ココアバターの良好な口溶け感を有するのは、V (β_2) 型多形である。V型多形（以下、V型と略す。他の結晶多形も同様）の融点は約33°Cであり、チョコレートをV型に結晶化できれば、口中の温度（約36°C）よりもやや低いいため口中で溶け出し、これがとろけ感の元となる。したがって、世界中のチョコレート製造メーカーは、テンパリング機や種結晶を用いてココアバターのV型を短時間で効率よく結晶化させることに細心の注意を払っている。

テンパリング機は、テンパリングすなわち液状のココアバターから製造工程を経て最終的にV型を正確に発現させるための温度制御機である。テンパリング機中での結晶化の詳細は省略するが（講演で説明）、テンパリング法による温度制御は、高温で融解している液状ココアバターから直接30～31°Cに冷却してV型多形を結晶化させる場合に比べて格段に速い結晶化速度（10倍以上）で、V型結晶化を促すことが可能である。その理由は、温度制御の途中でIV型の融液からV型を結晶化させる融液媒介転移を経ているためであるが、なぜ融液媒介転移を経ると結晶化速度が大きいのかについては、解明されておらず議論的となっている。

上記の説明では、温度制御に重点を置いて説明したが、テンパリング機の中では、ココアバター融液の温度ムラが生じないように、常に攪拌を加えている。近年、この攪拌操作がV型結晶化を促進させることが明らかになり、むしろテンパリング機内でV型の結晶化を促進している主要因は攪拌操作であると考えられる。しかし、攪拌操作のみでは、V型多形以外の多形の結晶化も促進させるため、V型多形のみには効率よく整えるためには温度制御も必要であることが判明した。すなわち、テンパリング機の中では、攪拌操作によりV型を含む多形結晶化を促し、同時に施している温度制御によりV型多形のみ揃えていることが判明した。

MEMO

A series of horizontal dashed lines for writing.

◆カカオマスの成分*

	ガーナ産	エクアドル産		ガーナ産	エクアドル産
タンパク質	11.6g	12.2g	ナトリウム	0.4mg	1.0mg
脂質	54.5g	51.6g	塩素	8mg	9mg
水分	1.0g	1.2g	硫酸根	<0.05%	<0.06%
灰分	3.2g	3.6g	ビタミンA効力	20 IU	20 IU
デンプン	6.1g	6.0g	ビタミンB ₁	0.17mg	0.18mg
ショ糖	0.26g	0.97g	ビタミンB ₂	0.13mg	0.12mg
果糖	0.06g	0.12g	ビタミンB ₆	85 μg	70 μg
ブドウ糖	<0.05g	<0.05g	ビタミンC	<1mg	<1mg
総食物繊維**	16.9g	15.3g	ビタミンE	13.4mg	12.3mg
水溶性食物繊維	0.9g	0.9g	α-トコフェロール	0.8mg	0.7mg
不溶性食物繊維	16.0g	14.4g	β-トコフェロール	<0.1mg	<0.1mg
食物繊維***	17.2g	16.7g	γ-トコフェロール	12.3mg	11.3mg
水溶性難消化性多糖類	1.1g	1.0g	δ-トコフェロール	0.3mg	0.3mg
ヘミセルロース	4.0g	4.2g	ナイアシン	1.11mg	1.19mg
セルロース	2.7g	2.4g	シュウ酸	0.46g	0.48g
リグニン	9.4g	9.1g	クエン酸	0.61g	0.55g
リン脂質	371mg	400mg	リンゴ酸	0.03g	0.04g
β-シトステロール	86mg	74mg	コハク酸	0.03g	0.03g
トリグリセライド	54.6%	51.5%	乳酸	0.13g	0.11g
リン	407mg	549mg	酢酸	0.23g	0.27g
マグネシウム	315mg	348mg	タンニン	3.31g	3.98g
カルシウム	82.8mg	89.8mg	エピカテキン	140mg	360mg
鉄	7.09mg	5.62mg	カテキン	31mg	95mg
亜鉛	4.60mg	4.98mg	ケルセチン	1.3mg	1.1mg
銅	2.59mg	2.37mg	無水カフェイン	0.09g	0.25g
カリウム	925mg	1,040mg	テオブロミン	1.3g	1.3g

*カカオマス100g中の存在量；**Proskyらの方法による定量値；***Southgateらの方法による定量値

◆カカオマス中のアミノ酸分析*

	ガーナ産	エクアドル産		ガーナ産	エクアドル産
グルタミン酸	1.80	1.77	グリシン	0.47	0.48
アスパラギン酸	1.12	1.16	アラニン	0.47	0.47
アルギニン	0.73	0.75	スレオニン	0.45	0.46
ロイシン	0.68	0.71	イソロイシン	0.39	0.40
バリン	0.63	0.63	チロシン	0.38	0.40
セリン	0.55	0.56	メチオニン	0.26	0.26
フェニルアラニン	0.53	0.57	シスチン	0.24	0.24
リジン	0.53	0.56	ヒスチジン	0.19	0.21
プロリン	0.51	0.51	トリプトファン	0.16	0.17

*カカオマス100g中の存在量(g)。

日本食品分析センター調べ

日本チョコレート・ココア協会

Chocolate and Cocoa Association of Japan

JB Bldg., 9-5, 6-chome, Shimbashi, Minato-ku, Tokyo

〒105-0004 東京都港区新橋6-9-5 JBビル

Tel. 03 (5777) 2035 Fax. 03 (3432) 8852