

# 栄養成分を強化した卵の物理的特性と味認識装置による 味覚特性

Taste properties of nutrient-enriched eggs assessed using physical properties  
and a taste sensing system

高橋 敦子\* 藤井 恵子\*\*  
Atsuko TAKAHASHI Keiko FUJII

**要約** 本研究では、栄養成分を強化した特徴の異なる9種の卵について、物理的特性として動的粘弾性と色度、化学的特性として味認識装置による味覚特性を調べ、その特徴を明らかにすることを目的とした。動的粘弾性については、動的粘弾性測定装置を用いて卵黄の貯蔵弾性率、損失弾性率を測定し、損失正接及び動的粘性率を算出した。色度は明度、赤色度、黄色度を測定し、色相、彩度、色差を算出した。また味覚特性については、味認識装置を用いて、「塩味」「苦味雑味」「うま味」「うま味コク」を評価した。その結果、飼料にVEおよびその他各種成分を添加すると、卵黄の貯蔵弾性率および動的粘性率が高くなることが明らかとなった。またパプリカを飼料に添加すると卵黄のL\*値、a\*値、b\*値は高く色鮮やかになった。そしてヨウ素を添加した卵は「苦味雑味」が9種の卵の中で最も強くなった。

**キーワード**：卵、味認識装置、粘弾性、物性、色度

**Abstract** The current study investigated the characteristics of nine types of eggs by assessing viscoelasticity and chromaticity and by using a taste sensing system. The viscoelasticity of the egg yolk was assessed with ARES-RFS-BATH using the storage modulus, loss modulus, and loss tangent. Luminosity, red chromaticity, and yellowness were measured using a color difference meter. In addition, hue, chroma, and color difference were calculated. A taste sensing system with 4 types of sensors was then used to evaluate “saltiness,” “bitterness (initial taste),” “umami,” and “richness.” Results indicated that the storage modulus and dynamic viscoelasticity were higher in eggs enriched with VE and similar ingredients than normal eggs. Egg luminosity, red chromaticity, and yellowness were the highest when paprika was added to feed. In measurement with taste sensors, the “bitterness (initial taste)” score was the highest in iodine-enriched eggs.

**Key words** : egg, taste sensing system, viscoelasticity, physical properties, chromaticity

## 1. 緒言

卵は高栄養の食材のひとつであり、価格変動も少なく物価の優等生と言われる。卵の消費は、「家計消費」と「業務加工用」に分けられ、約7割が「家計消費」であった昭和50年頃に比べると家計消費卵は2割ほど減少している。このように一般消費者がスーパーマーケットなどで鶏卵を購入する機会

\* 日本女子大学 大学院 人間生活学研究科 生活環境学専攻

Graduate School of Human Life Science, Division of Living Environment, Japan Women's University

\*\* 日本女子大学 家政学部 食物学科

Department of Food and Nutrition, Faculty of Human Sciences and Design, Japan Women's University

が徐々に減少していく中で、鶏卵生産者は、ビタミンやミネラルなどの栄養素を強化するなど、様々な付加価値を付けたブランド卵を開発しており、1400種類を超える卵が販売されている。

ビタミンDは抗くる病作用のある脂溶性ビタミンであり、骨粗鬆症がビタミンDに関係する可能性が示されカルシウムの代謝と合わせて関心を集めている。またビタミンEは生体内において抗酸化作用を有しており、生体膜中の不飽和脂肪酸が酸化するのを防ぐ役割が知られている。*a*-リノレン酸、DHA、EPAなどのn-3系の多価不飽和脂肪酸は、血しょうコレステロール値を低下させる働きがあるといわれている。また、妊婦の葉酸不足は胎児に神経障害を起こしやすくなり、ヨウ素が不足すると甲状腺機能の低下を招き、エネルギー代謝の低下、運動機能の減退が起こるといわれている。従って、これらの栄養成分を卵に移行できれば、サプリメントとして摂取するよりも食品として自然に体内に取り込むことができると考えられる。

一方、近年食品の開発や品質管理の味の評価にヒトの舌を模した人工センサーによる味認識装置が用いられている。味の評価は一般的に官能評価を行うことが多いが、サンプル数の問題や、訓練されているパネリストの確保など、様々な問題を抱えているのが現状で、簡便な味認識装置が様々な味の評価に用いられる例が増えている。これまで、味認識装置を用いてお茶<sup>1) 2)</sup>や薬<sup>3)</sup>、添加物<sup>4)</sup>などの苦み成分

や、鰹だし<sup>5)</sup>、牛乳<sup>6)</sup>の味を数値化する研究が報告されている<sup>7) 8)</sup>が、卵に適用した研究は数少ない<sup>9)</sup>。

そこで本研究では、市販されている様々な栄養成分を強化した9種の卵を選び、卵の物理的特性として動的粘弾性と色度を測定し、併せて化学的特性として味認識装置を用いた味覚特性を評価し、栄養成分強化卵の特徴を明らかにすることを目的とした。

## 2. 実験方法

### 2-1. 実験材料

市販の9種の産卵後3日以内の新鮮卵を用いた。近年様々な機能性を有した卵が出回っているため、9種は通常卵(A1, A2)の他に、VDを強化した卵(B1, B2)、VEとDHAを強化した卵(C1, C2)、その他ヨウ素、葉酸などを強化した卵(D1, D2, D3)とした。今回使用した9種の卵の特徴をTable 1に示す。

### 2-2. 試料調製

卵3個を割卵後、卵黄をストレーナーで濾して卵黄膜を取り除いたものを動的粘弾性測定、色度測定用の卵黄試料とした。

味認識装置による測定では、試料として全卵を選んだ。卵2個からカラザを取り除き、バーミックス(M200: Gastro)で10秒間攪拌した後90gを量りとり、純水で3倍に希釈し、さらに30秒間攪拌した後、液体部分を150g遠沈管に量り取った。3000rpm

Table 1 List of nutritional ingredients on the package of 9 types of eggs

Classification of eggs		Nutritional ingredients (/100g)												
		Energy (kcal)	Protein (g)	Fat (g)	Carbo hydrate (g)	Sodium (mg)	VD ( $\mu$ g)	VE (mg)	DHA (mg)	EPA (mg)	Iodine (mg)	Folic acid ( $\mu$ g)	VK ( $\mu$ g)	Others
Normal egg	A 1	151	12.3	10.3	0.3	140								Paprika
	A 2	151	12.3	10.3	0.3	140								—
VD enriched egg	B 1	145	11.8	10.3	1.2	136	4.0						27	Wood vinegar, etc.
	B 2	135	12.9	8.7	1.2	144	3.6							Sea weed, etc.
VE&DHA enriched egg	C 1	132	12.1	8.9	0.9	146		12	320	20				Paprika, etc.
	C 2	151	12.3	10.3	0.3	140		5	180		100			$\alpha$ -linoleic acid, etc.
Several vitamins enriched egg	D 1	151	12.3	10.3	0.3	140		5						—
	D 2	134	12.3	9.1	0.8	138					1.3			Soybean seedcake, etc.
	D 3	140	12.1	9.7	1.0	144	4~8	7~12	270	26		90~ 130	40~ 70	VA, VB <sub>1</sub> , etc.

で1分間遠心分離（卓上遠心機 CT-6E型：日立工機株式会社）した上清を味認識装置による測定用試料とした。

### 2-3. 動的粘弾性測定

動的粘弾性測定装置（ARES-RFS-BATH：TA Instrument Japan社）を用いて9種の卵黄の動的粘弾性を測定した。直径50mmの平行プレートを用いて、貯蔵弾性率  $G'$ 、損失弾性率  $G''$ 、損失正接  $\tan\delta$  [ $G''/G'$ ] のひずみ依存性及び周波数依存性を測定した<sup>10)</sup>。また、動的粘性率  $\eta' = G''/\omega$  ( $\omega$  = 角振動数) を算出した<sup>11)</sup>。測定温度はISO<sub>1</sub>の国際基準に則り、20℃で行った。

### 2-4. 色度測定

ハンディー色差計（NR-3000：日本電色工業株式会社）を用いて、9種の卵黄の明度 ( $L^*$ )、赤色度 ( $a^*$ )、黄色度 ( $b^*$ ) を測定し、色相 ( $b^*/a^*$ )、彩度 ( $\sqrt{a^{*2} + b^{*2}}$ )、色差 ( $\Delta E = \sqrt{\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2}}$ ) を算出した<sup>12)</sup>。試料は卵黄を直径55mmのシャーレに15ml入れ、測定温度は25℃とした。

### 2-5. 味覚特性の測定

9種の全卵について、味認識装置（TS-5000Z：株式会社インテリジェントセンサーテクノロジー）を用いて、先味である「塩味」、「酸味」、「苦味雑味」、「渋味刺激」、「うま味」、後味である「苦味」、「渋味」、「うま味コク」の合計8項目を測定した。なお、5基本味応答の基準物質は、酸味は2.7mM 酒石酸、塩味は270mM 塩化ナトリウム、苦味雑味は0.01% イソアルファ酸、渋味刺激は0.05% タンニン酸、うま味は10mM グルタミン酸ナトリウム<sup>13)</sup>とした。この基準液の測定値を  $Vr(mV)$ 、サンプル測定値を  $Vs(mV)$ 、サンプル測定終了後再び基準液を測定した値を  $Vr'(mV)$  とし、 $Vs - Vr(mV)$  を先味、 $Vr' - Vr(mV)$  を後味とした。そして「苦味雑味」センサーで測定した後味を「苦味」、「渋味刺激」センサーで測定した後味を「渋味」、「うま味」センサーで測定した後味を「うま味コク」とした<sup>3)</sup>。測定温度は25℃とした。

### 2-6. 統計処理

統計処理についてはエクセル統計2008（Bell Curve for Excel）を用い、一元配置分散分析の後、Tukeyの多重比較を行った。また各測定項目間の相

関については、SPSS（Ver.25.0：IBM）を用い Pearsonの相関係数を求めた。いずれも危険率5%未満を有意水準とした。

## 3. 結果および考察

### 3-1. 動的粘弾性

9種の卵黄の貯蔵弾性率、損失弾性率および損失正接のひずみ依存性の結果をFigure 1に示す。周波数は1rad/sである。貯蔵弾性率は、ひずみ約1%で安定し変化しなくなったが、ひずみ5%付近から値が低下した。最も高値を示したのはC2試料で、逆に低値を示したのはD1試料であった。一方、損失弾性率は、貯蔵弾性率と同様、ひずみ5%付近から低下し始めた。最も高値となったのはD1試料であり、B2試料が低値を示した。損失正接は貯蔵弾性率の影響を受け、ひずみ約1%までは数値は安定していなかったが、その後一定の値を示し、ひずみ2~3%付近から徐々に増大し、粘性要素の割合が高くなった。これはせん断により卵黄の構造破壊が起き、ずり流動化流動をおこし、粘性要素の割合が高くなったと推察された。

いずれの項目もひずみ1%では線形領域範囲であったので、ひずみを1%とし動的粘弾性の周波数依存性を測定した。その結果をFigure 2に示す。周波数0~100rad/sの範囲において、貯蔵弾性率よりも損失弾性率の方が値が大きく、周波数が高くなるに従い、貯蔵弾性率、損失弾性率いずれも増大した。貯蔵弾性率はD3試料が、通常卵に比べ高くなった。損失弾性率はC2、D3試料がA1、A2、B1、B2、C1、D1試料よりも高値を示し、粘性率の高い卵であった。また損失正接はいずれの卵も1以上であることから、弾性要素に対する粘性要素の割合が大きく、中でもA2、C1、C2試料は他の試料と比べ粘性要素が大きいのに対し、D3試料は他の試料と比べ弾性要素が大きく、ねっとりとした性状であることが示された。また、損失正接の結果よりA1、A2、B2、C1、C2、D1試料は周波数の影響を受け、20~40rad/sまでは増加したが、その後周波数の増加に伴い減少した。B1試料は60rad/sまでは粘性要素の割合が高くなるがそれ以降減少した。このことから、これらの試料はある周波数を境に構造が変化したと考えられた。一方D2、D3試料は周波数の影響を受けにくいことが示された。

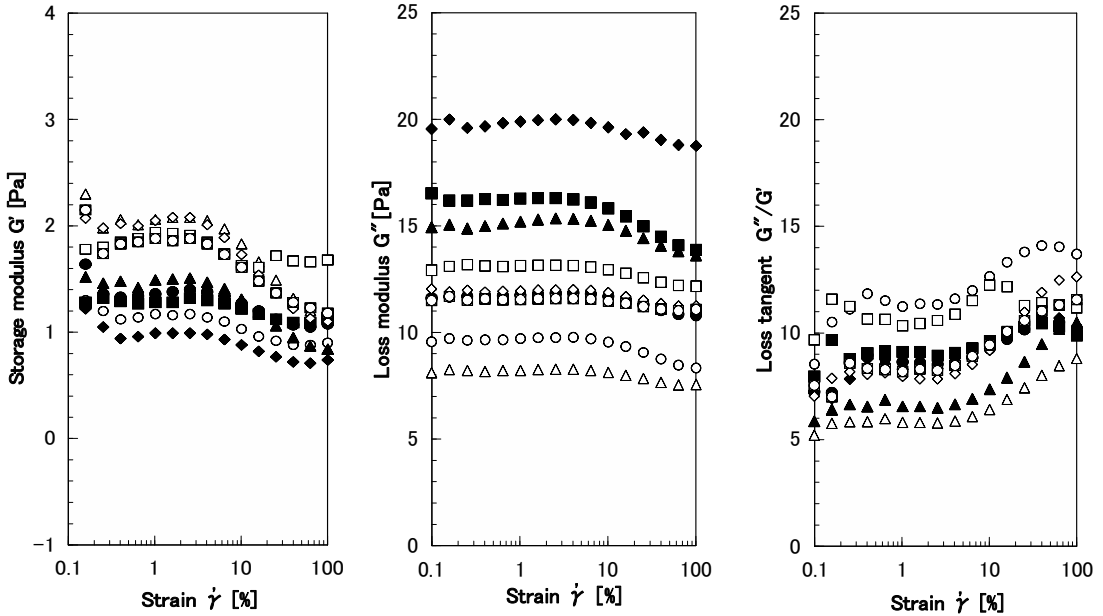


Figure 1 Strain-dependent dynamic viscoelasticity (measured at 1rad/s frequency) expressed as the storage modulus, loss modulus, and loss tangent of the yolk from 9 types of eggs. (n=3)

● A1, ○ A2, ▲ B1, △ B2, ■ C1, □ C2, ◆ D1, ◇ D2, ◻ D3

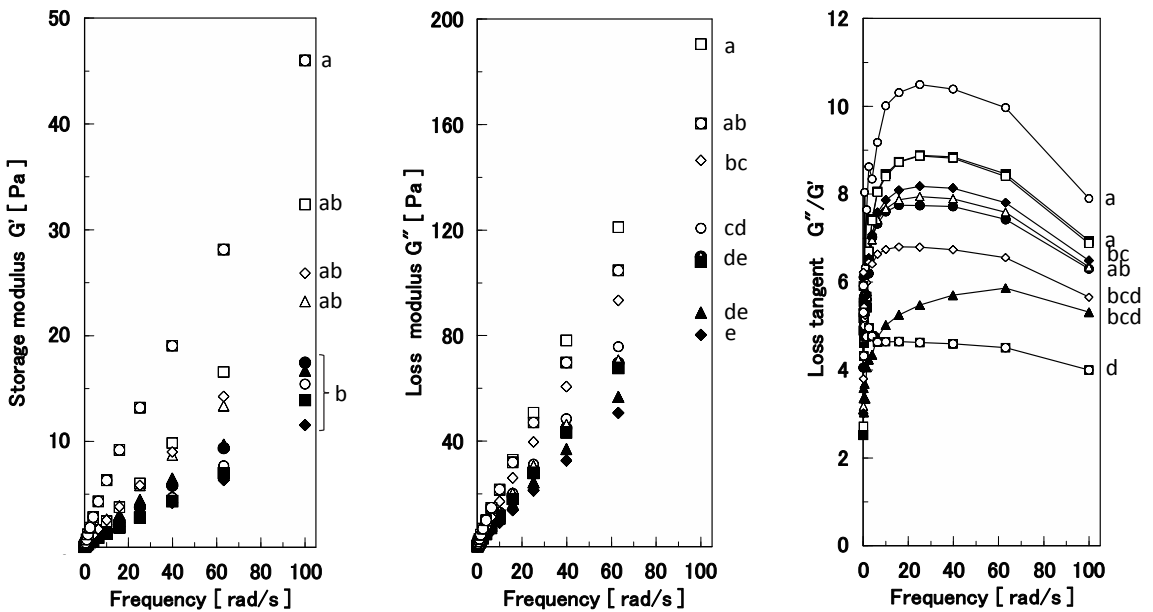


Figure 2 Frequency-dependent dynamic viscoelasticity (measured at 1% strain) expressed as the storage modulus, loss modulus, and loss tangent of the yolk from 9 types of eggs. The different lowercase letters denote significant differences with  $p < 0.05$  in the same panel. (n=3)

● A1, ○ A2, ▲ B1, △ B2, ■ C1, □ C2, ◆ D1, ◇ D2, ◻ D3

次に、卵黄の動的粘性率の結果を Figure 3 に示す。9 種の中で高値を示した D3 試料は、A1, A2, B1, C1, D1 試料よりも有意に高く、B2, C2, D2 試料とは有意差は認められなかった。B2, C2, D2, D3 試料の内、B2 試料以外の C2, D2, D3 試料は、Table 1 よりいずれもヨウ素、葉酸を飼料に添加した卵であり、ヨウ素、葉酸を飼料に添加すると卵黄の粘性率が高くなることが示唆された。VD 強化卵は通常卵と卵黄の粘性率に違いは認められなかった。Linxing ら<sup>14)</sup>は、VD 添加飼料が卵黄の質に及ぼす影響を調べ、官能評価や卵黄の粘性率に影響を及ぼさないと報告しており<sup>14)</sup>この結果と同様となった。また Table 1 より C1, C2 試料の VE と DHA の量を比べると、C1 試料は C2 試料よりも添加量が多いにもかかわらず、動的粘性率は低くなったが、C2 試料には  $\alpha$ -リノレン酸が含まれており、この影響で動的粘性率が高くなったのではないかと推察された。卵への飼料成分の移行に関して、一般に、水分、タンパク質、脂質や、カルシウム、リン、鉄、ナトリウム、カリウムなどのミネラルは移行しにくく、ヨウ素、フッ素、マンガンなどのミネラルや、脂溶性ビタミン、一部の水溶性ビタミン、不飽和脂肪酸は移行しやすいといわれている<sup>15)</sup>。本研究において、通常卵と比較して、ヨウ素強化卵、数種ビタミン含有卵などの飼料添加卵の動的粘性率が高くなったのは、これらの栄養成分が卵黄に移行したことによるのではないかと考えられた。

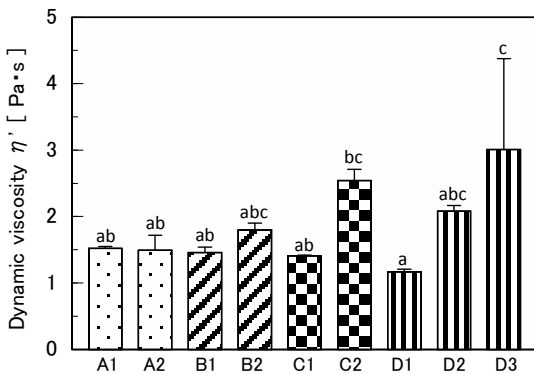


Figure 3 Dynamic viscosity of the yolk from 9 types of eggs.

Dynamic viscosity is defined as  $\eta' = G''/\omega$ , where,  $\omega$  = angular frequency.

The different lowercase letters denote significant differences with  $p < 0.05$ . (n=3)

### 3-2. 色度

卵黄の色度の結果を Table 2 に示す。L\*値は A1, C1, D1 試料が高く明るい色を示し、次いで C2, D3 試料となり、B2 試料が最も低い値となった。a\*値は A1, B2, C2, D2 試料が高く、赤みが濃くなり、D1 試料が低い値となった。また b\*値は A1, C1, D1 試料が高く、黄色みが濃くなり、B2 試料が低い値となった。これらの結果より、a\*値の高い B2 試料は b\*値で低値を示し、b\*値の高い D1 試料は a\*値で低値を示しており、卵黄の a\*値と b\*値は拮抗する関係にあると思われたが、A1 試料は、a\*値、b\*値、L\*値ともに 9 種の卵の中で高い値であった。また、彩度も A1 試料が有意に高く、次いで C1, D1 試料となり、A2, B2 試料が有意に低い値となった。L\*値、b\*値、彩度の最も高かった A1 試料を基準に色差を算出すると、C1 試料が A1 試料と比べ色差が小さく、A1 試料に次いで鮮やかな色の卵であることが示された。最も色差の大きい B2 試料は鮮やかさに欠ける卵であった。卵黄の色は一般的には濃い卵が好まれる傾向にある<sup>15)</sup>。卵黄の色は卵黄中に含まれるカロテノイド色素によるもので、ルテイン、ゼアキサンチンが大部分を占め、少量のクリプトキサンチン、カロテンが存在している<sup>16)</sup>といわれている。産卵鶏用の飼料である黄色トウモロコシ中のクリプトキサンチン、およびコーングルテンミール中のルテインおよびゼアキサンチンが卵黄の黄色度 (b\*値) に影響を及ぼし、またパプリカ抽出物に含まれるカプサンチ

Table 2 Determination of egg yolk chromaticity in 9 types of eggs

	L*	a*	b*	Hue	Chroma	$\Delta E$
A1	21.5 <sup>a</sup>	19.4 <sup>a</sup>	31.9 <sup>a</sup>	1.6 <sup>b</sup>	37.3 <sup>a</sup>	—
A2	12.6 <sup>c</sup>	14.3 <sup>c</sup>	16.9 <sup>d</sup>	1.2 <sup>de</sup>	22.2 <sup>f</sup>	18.1
B1	14.0 <sup>c</sup>	17.8 <sup>b</sup>	18.9 <sup>d</sup>	1.1 <sup>e</sup>	26.0 <sup>e</sup>	15.1
B2	9.2 <sup>d</sup>	19.2 <sup>a</sup>	11.3 <sup>e</sup>	0.6 <sup>f</sup>	22.3 <sup>f</sup>	24.0
C1	20.1 <sup>a</sup>	18.1 <sup>b</sup>	28.8 <sup>a</sup>	1.6 <sup>bc</sup>	34.0 <sup>b</sup>	3.7
C2	16.9 <sup>b</sup>	18.2 <sup>ab</sup>	24.4 <sup>b</sup>	1.3 <sup>cd</sup>	30.5 <sup>c</sup>	8.8
D1	21.3 <sup>a</sup>	12.4 <sup>d</sup>	30.9 <sup>a</sup>	2.5 <sup>a</sup>	33.3 <sup>b</sup>	7.1
D2	14.2 <sup>c</sup>	18.4 <sup>abc</sup>	19.7 <sup>cd</sup>	1.1 <sup>de</sup>	26.9 <sup>de</sup>	14.3
D3	16.5 <sup>b</sup>	17.8 <sup>b</sup>	23.1 <sup>bc</sup>	1.3 <sup>de</sup>	29.2 <sup>cd</sup>	10.2

$$\text{Hue} = (b^*/a^*)$$

$$\text{Chroma} = (\sqrt{a^{*2} + b^{*2}})$$

$$\Delta E = \sqrt{\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2}$$

The different lowercase letters denote significant differences with  $p < 0.05$  in the same column. (n=3)

ンは赤色度 (a\*値) に影響を及ぼした<sup>17)</sup>と考えられたが、現在では多くの特殊卵の飼料にパプリカが使用されているといわれており、本研究においても、A1, C1 試料にパプリカが使用されており (Table 2), 飼料にパプリカを使用すると、卵黄色に与える影響は大きいと思われた。

### 3-3. 味覚特性

味認識装置による全卵 9 種の味覚特性の結果を Figure 4 に示す。8 項目の味覚特性のうち、「酸味」、「苦味」、「渋味」、「渋味刺激」の 4 項目は試料間に差が認められなかった。そこで差が認められた、「塩味」、「苦味雑味」、「うま味」、「うま味コク」の 4 項目について検討した。

「塩味」は B2 試料が A1, C1, D1, D2 試料と比べて有意に高く、A1, D2 試料は C1 試料とは有意差は認められないものの、それ以外の試料と比べて有意に低くなった。「苦味雑味」は 9 種の中で D2 試料が有意に高くなり、C2, D1 試料が D2, A1 試料よりも有意に低い値となった。「うま味」は B2, D2 試料が B1, C1 試料に比べて有意に高い結果となった。「うま

味コク」については有意差は認められなかった。また味認識装置による味覚特性値間の相関をみたところ、「塩味」と「うま味コク」に正の相関 ( $p < 0.05$ ) が見られ、「塩味」と「苦味雑味」には負の相関 ( $p < 0.05$ ) が見られたことから、「塩味」が強いと「うま味コク」は強く感じられ、「苦味雑味」は弱く感じられると推察された。

味認識装置による味の強度は、各試料のセンサー応答値に、各呈味成分毎の係数を乗じて得られる EIT (Estimated Intensity of Taste) 値として算出されている。この数値は、ウェーバーの法則に基づいて推定された味強度として定義され、それぞれの味強度推定値のスコア 1 目盛りは、その味の基準物質の 20% 濃度差の出力値に相当する。この出力値はウェーバー比 0.20 に基づいており、ヒトが識別可能な限界濃度差とされている<sup>18) 19)</sup>。弁別閾は、塩味 (塩化ナトリウム) 0.15, 甘味 (スクロース) 0.17, 酸味 (クエン酸) 0.25, 苦味 (カフェイン) 0.30 の測定結果より平均値を取ると約 0.20 となり、その味が 20% 濃くなると味が違うと認識されるように設定されている<sup>20)</sup>。敏感な人の舌で判別できる範囲は推定値 0.5

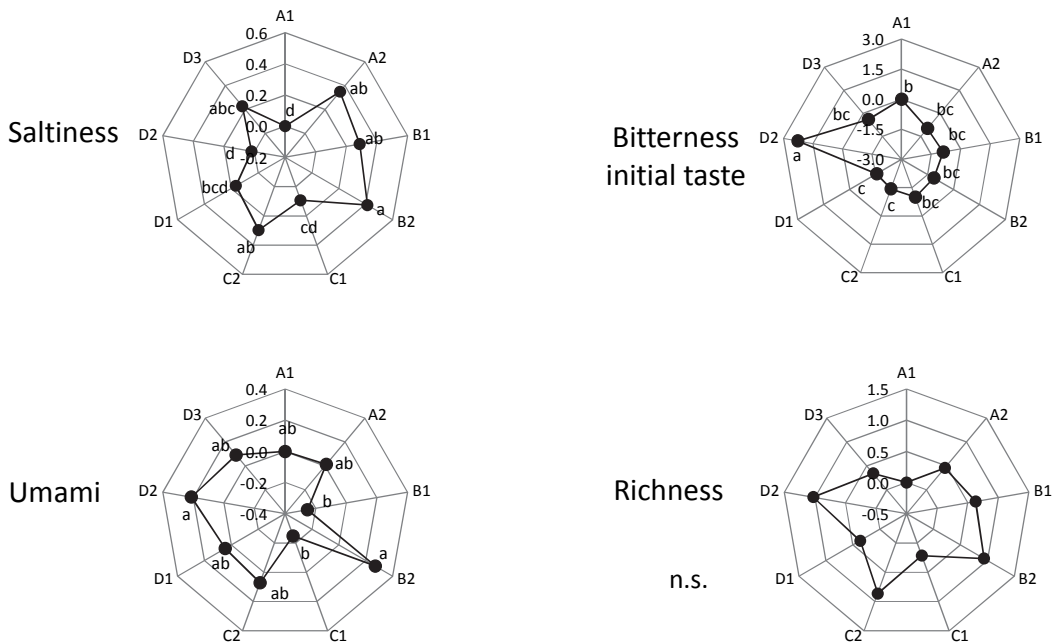


Figure 4 Characterization of 9 types of whole eggs as evaluated with a taste sensing system.

The different lowercase letters denote significant differences with  $p < 0.05$ . (n=6)

程度と言われている。本研究で得られた「塩味」, 「うま味」の味覚特性の試料間の差は 0.5 以下であったので, いずれの試料間においてもおそらく人間の舌では感じるのが困難な差であったと考えられたが, 味認識装置では識別が可能であった。一方, 「苦味雑味」は味覚特性の数値が D2 試料だけが突出して大きいのが特徴的であった。

味認識装置を用いて食味特性を測定した先行研究においては, 全卵, 卵白はバラツキが大きく, 2 品種間においてうま味に違いが見られなかった<sup>9)</sup>と報告されているが, 本研究においては, 全卵の「塩味」, 「苦味雑味」, 「うま味」に有意差が認められ ( $p < 0.05$ ), 味認識装置を用いることによって, 機能性を有した卵の味覚特性を明らかにすることができた。

### 3-4. 統計処理

得られた力学特性値及び味認識装置による味覚特性のデータについて主成分分析を行った。固有値が 1 以上の主成分を抽出した結果, 第 3 主成分までの累積寄与率は 85.4%であった。それぞれの主成分負荷量は, 主成分 1 は a\*値, うま味コク, G'', G', の割合が高く, 卵の総合的な特徴を表していると考えられ, 主成分 2 は b\*値, 苦味雑味が高く, 低値になるほどうま味が強いと考えられた。

クラスター分析を行い, 第 1, 第 2 主成分を用いてグループ分けした 2 次元マップを Figure 5 に示す。9 種の液卵の特徴を 3 つのグループに分けることができた。一つ目のグループとしては, 第 1 主成分, 第 2 主成分のいずれも高いエリアにグルーピングされた C2, D2, D3 試料となり, 粘弾性が高く, 卵黄は赤味がかって, うま味コクの強い卵のグループと考えられた。二つ目のグループは, 第 1 主成分が負の領域で第 2 主成分が正と負の境に位置するところにグルーピングされた B1, C1, D1 試料となり, 色度の b\*値で説明でき, 第 1 主成分が負の領域に位置する D1 試料は b\*値が高く黄色味の強い卵となり, 正になるほど黄色味の薄い試料となった。三つ目は第 1 主成分が正と負の領域にまたがるどころ, 第 2 主成分が負の領域で, A2, B2 試料が入り, うま味の強弱で説明でき, 第 2 主成分が低いほどうま味が強い卵であると考えられた。

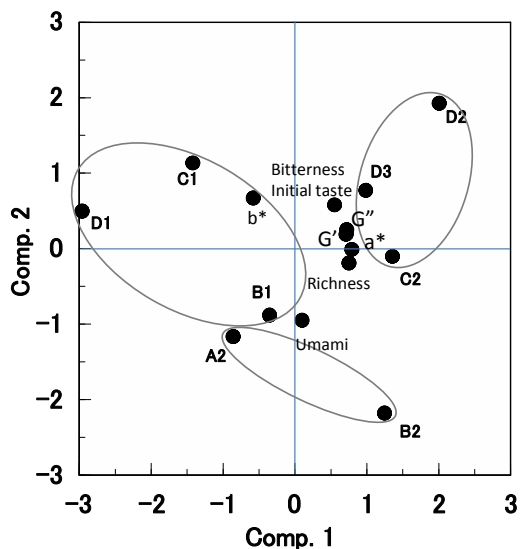


Figure 5 Two-dimensional map of principal component analysis of 9 types of eggs.

### 4. まとめ

栄養成分強化卵の特徴を, 液卵の力学特性と味認識装置を用いた味覚特性より明らかにすることを目的とし, 測定した結果, 飼料に VE およびその他各種成分を添加すると卵の貯蔵弾性率および動的粘性率は高くなることが明らかとなった。またパプリカを飼料に添加すると卵黄の L\*値, a\*値, b\*値は高く色鮮やかになった。ヨウ素を飼料に添加した卵は, 「苦味雑味」が 9 種の卵の中で最も強くなることが示された。

さらに, 動的粘弾性の結果と味覚特性との対応をみたところ, 貯蔵弾性率, 損失弾性率, 損失正接, 動的粘性率の結果と味認識装置による「塩味」, 「苦味雑味」, 「うま味」, 「うま味コク」の間には相関は見られなかった。先行研究において, とろみ剤を液状食品に添加することによる味への影響を味認識装置を用いて調べた結果, うま味コクと塩味はとろみ剤の濃度が高くなると強くなり, 苦味は逆に弱くなるとあり, とろみ剤の添加が液体の味に影響を及ぼしているとの報告<sup>18)</sup>があった。本研究においては, 粘弾性と味覚特性の間に相関は見られなかった。動的粘性率の結果より, 動的粘性率の高いグループに, C2, D2, D3 試料があり, これらは飼料に VE, DHA, 葉酸を添加した卵 (C2), ヨウ素を添加した卵 (D2),

VD, VE, DHA, EPA, 葉酸, VK, その他を添加した卵 (D3) であった。一方味認識装置において有意差のあった「塩味」は飼料に VD を添加した B2 試料が強く、「苦味雑味」は飼料にヨウ素を添加した D2 試料が最も強く、「うま味」は飼料に VD を添加した B2 試料, ヨウ素を添加した D2 試料が強い結果となった。以上の結果より, 飼料にヨウ素を添加した D2 試料が, 粘性率が高く, 味認識装置の「苦味雑味」および「うま味」の強い卵となった。

16 種類の雪茶製品の味強度の違いを検証した先行研究では, 苦味と苦味後味については製品間に差が認められ<sup>19)</sup>, また, みその熟成過程を調べた先行研究では, 酸味センサーの値は味噌の熟成過程を捉えた。さらに, 醤油においては食塩濃度と塩味センサーの値は高い相関 ( $r=0.82$ ) を示したが, うま味を呈する物質とうま味センサーの値との相関は低く, うま味コクにおいても相関は低いとの報告がある<sup>21)</sup>。このように苦味や塩味, 酸味センサーは比較的製品の特徴の違いを捉えていると考えられる。本研究においても, 「うま味コク」においては卵の特徴の違いを捉えることはできなかったが, 「塩味」, 「苦味雑味」, 「うま味」においては試料の違いを捉えることができた。うま味コクは電位差だけでは測りきれない, 鼻から抜ける風味なども味に影響を及ぼすと考えられるので, 今後官能評価と併せて検討を行い, 味認識装置の有効性について考えていく必要がある。

## 謝辞

本研究を遂行するにあたり, 試料の提供及び味認識装置をお貸し頂きましたイセ食品株式会社に厚く御礼申し上げます。

## 引用文献

- 久保智子, 藤原孝之, 富澤代志子: 異なる条件で浸出した緑茶の渋味およびうま味の味覚センサーによる評価, 日本食品科学工学会誌, 61(5), 192-198 (2014)
- Hayashi, N., Chen, R., Ikezaki, H. and Ujihara, T.: Evaluation of the Umami Taste Intensity of Green Tea by a Taste Sensor, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(16), 7384-7387 (2008)
- 辻絵里子, 高田美幸, 内田享弘: 味覚センサーを用いたマクロライド系ドライシロップの苦味評価(苦味マスキングに関する報告 第22報), 医療薬学, 31(3), 186-193 (2005)
- 多田敦子, 杉本直樹, 小林義和, 濱田ひかり, 石附京子, 秋山卓美, 伊藤裕才, 川原信夫, 山崎壮, 穂山浩: 味認識装置による既存添加物苦味料及び関連苦味化合物の品質評価, 日本食品化学学会誌, 22(1), 25-31 (2015)
- 山田潤, 徳永智子, 梨本亜希, 稲森美奈子, 松田秀喜: 鰹だし添加による酸味・酸臭抑制効果の検証, 日本調理科学会誌, 44(2), 122-127 (2011)
- 都甲潔, 永末博子, 安達利昭: 味覚センサーを用いた牛乳の味の評価, 電子情報通信学会技術研究報告, 101(314), 41-46 (2001)
- 都甲潔: 人の舌を超えた味覚センサー, *Foods & food ingredients journal of Japan*, 185, 16-22 (2000)
- 都甲潔: 化学センサーの現状と展望 味覚センサーの開発, 表面科学, 27(1), 34-38 (2006)
- 中村和久, 大口秀司, 長尾健二, 井田雄三, 中村明弘, 上田淳一: 名古屋種の卵に関する加工及び味覚特性の解明, 愛知農総試研報, 45, 105-111 (2013)
- 小川宣子, 申七郎, 伊藤秀夫, 山本るみ子, 野坂千秋, 渡邊乾二: 名古屋コーチンの卵の物理化学的特性(第二報), 日本調理科学会誌, 33(4), 437-440 (2000)
- 中濱信子, 大越ひろ, 森高初恵: おいしさのレオロジー, アイ・ケイコーポレーション, 東京, pp.22-24 (2011)
- 平井敏夫: 色をはかる, 日本規格協会, 東京, pp.82-85 (1989)
- Kobayashi, Y., Habara, M., Ikezaki, H., Chen, R., Naito, Y., and Toko, K.: Advanced taste sensors based on artificial lipids with global selectivity to basic taste qualities and high correlation to sensory scores, *Sensors*, 10(4), 3411-3443 (2010)
- Linxiang, Y., Tong, W., Michael, P., Ronald, L. H., and Mallory, H.: Effects of vitamin D(3)-enriched diet on egg yolk vitamin D(3) content and yolk quality, *Journal of Food Science*, 78(2), 178-183 (2013)
- 渡邊乾二: 食卵の科学と機能, (株)アイ・ケイコーポレーション, 東京, pp.61-62, pp.151-161 (2008)
- 古賀脩: 卵の品質はどのようにして決まるか,



- 食の科学, 55, 35-40 (1980)
- 17) 小嶋禎夫：食品残さの飼料利用による産卵鶏の生産性に関する研究, 東京農総研研報, 5, 1-37 (2010)
- 18) 中村愛美, 佐藤文華, 吉田智, 熊谷昌則, 鈴木靖志：とろみ調整食品添加に伴う味質変化の味覚センサによる評価, 日本食品科学工学会誌, 57(9), 380-388 (2010)
- 19) 安食菜穂子, 川原信夫, 合田幸広：雪茶を例とした味認識装置による味のプロファイル分析, 日本食品化学学会誌, 14(3), 121-127 (2007)
- 20) Howard, G. S. and Francis, J. P., Differential sensitivity in gustation, *Journal of Experimental Psychology*, 54(1), 41-48 (1957)
- 21) 戸井田仁一, 蟻川幸彦：味覚センサー（感性評価解析装置）によるみそ, しょうゆの評価, 長野県工業技術総合センター研究報告 (6), 159-162 (2011)

