

## スポンジケーキの食味と物性に及ぼすにんじん添加の影響

Effects of Adding Carrot on Taste and Physical Properties  
of Sponge Cake小林三智子<sup>1)</sup>

Michiko KOBAYASHI

宮城 道子<sup>2)</sup>

Michiko MIYAKI

## 緒 言

本学の位置する埼玉県新座市では、昭和42年からにんじんの指定産地となっている。関東ロー  
ム層の水はけのよい土壌は稲作には適さないが、土の中で育つ根菜類には適している。新座市  
は埼玉県南地区のなかでもとりわけにんじんの生産量が多い。

新座にんじんは「向陽 2号」という五寸にんじんで日持ちがよく芯まで赤いのが特徴で、  
おもに築地・淀橋・大田市場に出荷される。「新座にんじん産地営農新生協議会」では、市内  
量販店での地場野菜の販売拡大や、学校給食への利用拡大など、地産地消の取り組みを積極的  
に実践している。生食用にんじんだけでなく、加工・調理法の開発によって、地域特産物や商  
品化を求める機運もあり、すでに、にんじんうどんが商品化され、市内の飲食店で提供されて  
いる。うどんだけでなく、若い層や子供たちにも喜ばれ、また、新座のお土産となるようなも  
のへのニーズもあると思われる。

近年、トマト、かぼちゃ、ほうれん草などの野菜を用いたお菓子が、健康志向の高まりから  
注目を集めている。その中でもにんじんはβ-カロテンが多く、約60gの摂取により成人女性  
における1日のビタミンA推定平均必要量を上回る値となり、さらに各種ビタミンも豊富に含  
み、栄養の面からも利用方法が注目されている。

本研究では、地産地消の実践および地元野菜の有効活用という観点から、にんじんを利用し  
た健康的なスイーツの開発を目標とし、ゼリーについてスポンジケーキを検討することとした。

---

<sup>1)</sup>十文字学園女子大学人間生活学部食物栄養学科

Department of Food and Nutrition, Faculty of Human Life, Jumonji University

<sup>2)</sup>十文字学園女子大学人間生活学部人間福祉学科

Department of Human Welfare, Faculty of Human Life, Jumonji University

キーワード：にんじん、スポンジケーキ、官能評価、物性、地産地消

Key words : carrot, sponge cake, sensory evaluation, physical property, local production for local consumption

スポンジケーキは卵、砂糖、小麦粉を主原料に、卵の起泡性とその安定性を利用したスポンジ状の組織を形成するケーキ類の総称である。スポンジケーキに関しては、配合割合に関するもの<sup>1)~3)</sup>、調製条件に関するもの<sup>4)~6)</sup>、さらに米粉やそば粉を添加したもの<sup>7)~9)</sup>など、すでに多くの研究がなされている。しかし、にんじんを添加したスポンジケーキの研究は少ない。

スポンジケーキはケーキの中でも操作手順が簡便であり、失敗も少ない。より多くの人々に新座産のにんじんを味わってもらえるように、にんじんそのものの味を生かしたスポンジケーキを選び、にんじん添加量を変化させたキャロットケーキを調製した。そして、にんじんのスポンジケーキへの適応性や、最適な配合割合を検討するために官能評価およびテクスチャー特性の測定を行った。併せて、水分含量および比容積の測定を行い、主観的な評価方法である官能評価と、客観的な評価方法であるテクスチャー特性や水分含量との関連性を検討した。

## 方 法

### 1. スポンジケーキの調製法

#### 1) 材料

スポンジケーキの材料は、鶏卵、小麦粉、砂糖、バター、レモン汁およびにんじんである。鶏卵は市販のもの（（株）栗駒ファーム、たまごの健康優良児）を用い、割卵後卵白と卵黄に分け、各々を濾し器で裏ごしした後、卵白：卵黄を2：1の割合で混合した。小麦粉は薄力粉（日清製粉（株）、製菓用薄力粉（スーパーバイオレット：たんぱく質含有量：6.5±0.5%、灰分：0.35%）、砂糖はグラニュー糖（三井製糖（株）、製菓用特細目グラニュー糖）、バターは無塩バター（森永乳業（株））、レモン汁は濃縮還元レモン果汁100%（POKKA、ポッカレモン100）、にんじんは新座産のにんじん（向陽2号）を用いた。

#### 2) ケーキ生地材料配合

にんじん無添加のスポンジケーキ（以下コントロールとする）と、にんじんを添加したスポンジケーキの配合割合を表1に示した。1回に調製するスポンジケーキ生地材料と重量は、薄力粉40g、全卵70g（卵白47g、卵黄23g）、砂糖40g、無塩バター10g、レモン汁5gとした。

表 1 スポンジケーキの配合割合

材 料	にんじん添加量			
	0%	15.4%	25.0%	32.7%
薄力粉	40	40	40	40
全 卵	70	70	70	70
砂 糖	40	40	40	40
無塩バター	10	10	10	10
レモン汁	5	5	5	5
にんじん	0	30	55	80
全材料合計	165	195	220	245

にんじん添加量（%）は、ケーキ生地全重量に対する比率  
卵白：卵黄＝2：1（卵白47g、卵黄23g）

にんじん添加量は、30g（生地重量中の15.4%）、55g（生地重量中の25.0%）および80g（生地重量中の32.7%）の3段階とした

### 3) 試料の調製

スポンジケーキの調製方法を図1に示した。

- ①卵白を泡立て器（ナショナル MK-H3 型、回転数850rpm/min）を用いて、低速で10秒、中速で10秒、高速で40秒攪拌した。
- ②泡立てた卵白にふるった砂糖を加え、泡立て器を用いて高速で3分攪拌した。
- ③②に卵黄を加え、泡立て器を用いて高速で1分間攪拌した。
- ④にんじんをフードプロセッサーで、ペースト状になるまで粉碎した。粉碎した後、レモン汁を加え、このにんじんペーストを③に加え、ゴムベラで10回混合した。
- ⑤④にふるった小麦粉を加え、ゴムベラで40回混合した。
- ⑥⑤に溶かしバターを加え、ゴムベラで20回混合した。
- ⑦クッキングシートを敷いた型（11.5×14cm）に生地を180g流し入れ、160℃のオーブン（RinnaiRBG-40D3MS-B）で25分間焼成した。

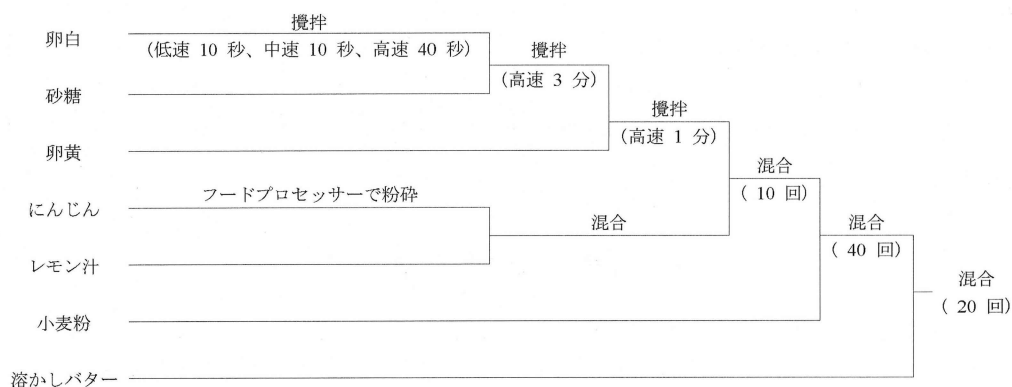


図 1 試料の調製方法

## 2. 測定項目と方法

### 1) ケーキの比容積

松元らの菜種法<sup>10)</sup>により測定し、焼成後のスポンジケーキの体積（cm<sup>3</sup>）を重量（g）で除した値で示した。

### 2) 水分含有量

焼成後のスポンジケーキの水分量は、赤外線水分計（Kett 科学研究所 FD-720）を用い、130℃下で測定した。

### 3) テクスチャー特性

物性試験機レオメーターRE33005（山電）を用い、テクスチャー解析法により、硬さ、凝集性および付着性の測定を行った。測定試料は、焼成後のスポンジケーキを2時間常温に放置し

た後、超音波カッター（YAMADEN USC-3305）を用いて縦横25mm、高さ15mm に切断した。

測定条件は、試料面積よりも直径が小さい樹脂製円柱型プランジャー16mmΦのディスク型を用い、2 kg 荷重、歪率75%とした。圧縮速度は一定速度 1（mm/sec）に設定し、測定温度は23℃とした。

#### 4) 官能評価

パネルは十文字学園女子大学人間生活学部食物栄養学科の21～24歳の健康な女性24人を対象とし、食後2時間以上経過したことを確認し、順位法を用いて測定を行った。質問項目は、表2に示した6項目である。試量の形状は、テクスチャー測定に用いた大きさと同様のものとした。試料数は疲労効果を考慮し、にんじん添加量の異なる3種類のスポンジケーキとして、1種類につき3個、計9個を提示した。

#### 5) 統計処理

統計解析には Excel 統計を用い、一元配置分散分析を行い群間の有意差検定を行った。統計学的有意水準は5%未満とした。

表 2 官能評価質問表

3種類のキャロットケーキを味わい各質問項目に対して試料の順位をつけてください。

試料 質問項目	P	Q	R
きめの細かさ (きめ細かい→1・粗い→3)			
やわらかさ (やわらかい→1・硬い→3)			
しっとりさ (しっとり→1・ぱさぱさ→3)			
甘さ (甘味が強い→1、弱い→3)			
にんじん風味 (風味が強い→1、弱い→3)			
総合評価 (良い→1、悪い→3)			

## 結果 および 考察

### 1. スポンジケーキの比容積と水分含量

表3に、にんじん添加量の違いによるスポンジケーキの比容積（g/cm<sup>3</sup>）の結果を示した。

にんじん添加量0%（コントロール）が0.31（g/cm<sup>3</sup>）、15.4%が0.50（g/cm<sup>3</sup>）、25.0%が0.59（g/cm<sup>3</sup>）、32.7%が0.74（g/cm<sup>3</sup>）となった。にんじん添加量が増すにつれてスポンジケーキの比容積は大きくなり、にんじん添加量15.4%、25.0%および32.7%すべてにおいて、1%の危険

表 3 にんじん添加スポンジケーキの比容積の変化

にんじんの添加量	比容積 (g/cm <sup>3</sup> )	
0%	0.31±0.01	
15.4%	0.50±0.03	
25.0%	0.59±0.04	
32.7%	0.74±0.02	
平均値 ± SD	n=24	** P<0.01

率で有意にコントロールと比べて高い値となった。

また、にんじん添加量が15.4%と25.0%においては差がほとんど見られなかったが、32.7%では値の上昇が大きかった。32.7%は生地調製時、にんじんを添加した際すでに気泡の消失が他のふたつに比べて著しかったためだと考えられる。

表4に、にんじん添加量の違いによるスポンジケーキの水分含量(%)の変化を示した。にんじん添加量0%が水分31.27%、15.4%が39.57%、25.0%が42.50%および32.7%が48.28%となった。五訂増補日本食品成分表でのスポンジケーキの水分は32.0%であった。本実験のコントロールの水分含量は31.27%であるので、ほとんど差は見られなかった。この五訂増補日本食品成分表でのスポンジケーキの配合割合は、本実験の全重量と同じ165gに合計量を合わせると、薄力粉47g、鶏卵70g、砂糖47g、バター4.7gとなり、配合割合に差はほとんど見られなかった<sup>11)</sup>。

にんじん添加量が増すにつれて、スポンジケーキの水分含量は増し、にんじんを添加すると、1%の危険率で有意にコントロールと比べて高い値となった。

表4 にんじん添加スポンジケーキの水分含量の変化

にんじんの添加量	水分含量 (%)	
0%	31.27±2.10	
15.4%	39.57±1.41	
25.0%	42.50±1.99	
32.7%	48.28±1.99	
平均値 ± SD	n=24	** P<0.01

## 2. テクスチャー特性値

図2に、にんじん添加量によるスポンジケーキのテクスチャー特性値の変化を示した。

硬さは、コントロールが2.6 (N/m<sup>2</sup>)、15.7%が2.5 (N/m<sup>2</sup>)、25.0%が2.2 (N/m<sup>2</sup>) および32.7%が1.7 (N/m<sup>2</sup>) となった。にんじん添加量が増すにつれて、硬さの値は徐々に低下した。ことに、コントロールと32.7%にんじん添加では、1%の危険率で有意にコントロールと比べて低い値となった。

凝集性は、コントロールが0.59、15.0%が0.43、25.0%が0.36および32.7%が0.24となり、にんじん添加量が増すにつれて、凝集性の値が低下した。にんじん添加によりすべてのスポンジケーキが、1%の危険率で有意にコントロールと比べて低い値となった。

凝集性はスポンジケーキの組織の内部結合力、すなわち加圧に対する保形性の強弱を表す値である。にんじん添加量が少ないと内部結合力はほとんど保持されるが、添加量が増すほど、スポンジケーキの内部結合力は低下していくことがわかった。にんじん添加量が増加するにつれて、生地中に占める卵の割合が減少する。このことから、卵の起泡性による卵泡が相対的に減少し、スポンジ状組織が保持しきれず消失したことが凝集性の低下につながったと考えられる。

付着性は、コントロールが $0.36 \text{ (J/m}^2\text{)}$ 、15.7%が $0.59 \text{ (J/m}^2\text{)}$ 、25.0%が $0.74 \text{ (J/m}^2\text{)}$  および32.7%が $0.9 \text{ (J/m}^2\text{)}$  となった。にんじん添加量25.0%および32.7%において、1%の危険率で有意にコントロールと比べて高い値となり、にんじん添加量が高いほどスポンジケーキの付着性が高くなることが示された。

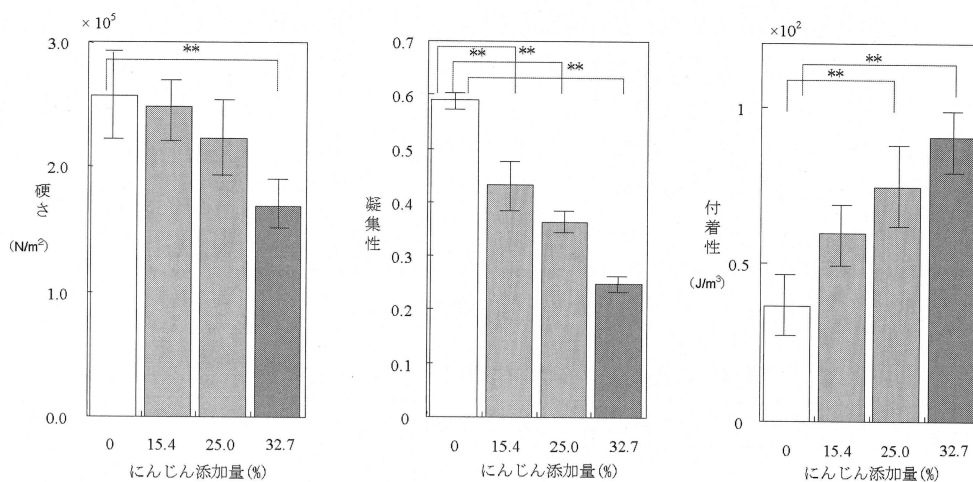


図 2 にんじん添加量によるスポンジケーキのテクスチャー特性値の変化

n=24

\*\*  $p < 0.01$

### 3. 官能評価

順位法による官能評価の結果を表5に示した。順位法の解析には、『Newell & MacFarlaneの検定表』<sup>12)</sup>を用いた。すなわち、3種類の試料の特性について、24人のパネルが順位をつけたとき、3種類のうちの調べたい2試料間に差があるかどうかを判定した。3個の試料について順位合計をそれぞれ求め、調べたい2試料の順位合計の差の絶対値が『Newell & MacFarlaneによる順位法の検定表』の値以上、すなわち17 (5%)、21 (1%) 以上であれば、2試料間に差があるとみなされる。

表 5 順位法による官能評価の結果

	15.4 %- 25.0 %		15.4 %- 32.7 %		25.0 %- 32.7 %	
きめの細かさ	15	-	24	**	9	-
やわらかさ	19	*	32	**	13	-
しっとりさ	21	**	45	**	24	**
甘味	10	-	1	-	11	-
にんじん風味	24	**	45	**	21	**
総合評価	22	**	5	-	17	*

「Newell & MacFarlane による順位法の検定表」<sup>12)</sup>から、試料 3、パネル24では、17 (\* 5%)、21 (\*\* 1%) 以上のとき有意差ありと判定される。

官能評価の結果では「しっとりさ」と「にんじん風味」の項目で3種類のにんじん添加スポンジケーキにはいずれも1%の危険率で有意差があり、にんじん添加量が増すにつれ、しっとりとし、にんじん風味の強いケーキになることが認められた。

「きめの細かさ」では添加量の少ない15.4%と添加量の多い32.7%において1%の危険率で有意差がみられ、32.7%よりも15.4%のほうがより「きめが細かい」と識別された。にんじん添加量別のスポンジケーキの断面図を図3に示した。官能評価および断面図の結果より、にんじん添加量が増すにつれ水分含量が増し、生地中に占める卵の割合が低下することで相対的に卵泡が減少したことにより、スポンジ状組織が保持しきれず消失したため、べっとりとした状態になったと考えられる。にんじん添加量32.7%では、型に生地を入れた時点で他の2種類と比較し体積の低下がみられたため、生地調製中すでに気泡が消失していたと考えられる。

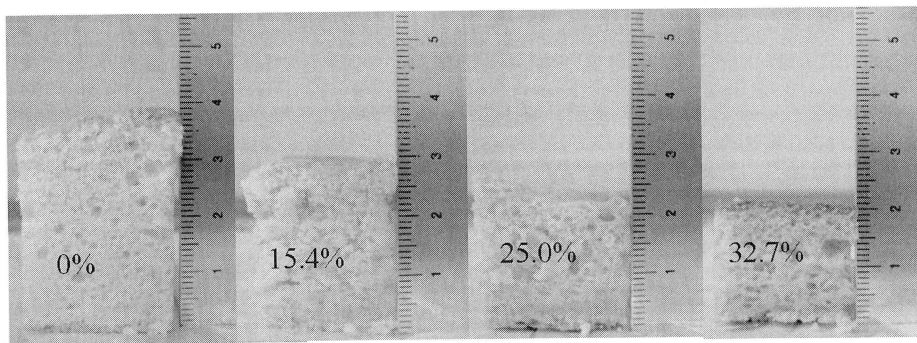


図3 にんじん添加スポンジケーキの断面図

「やわらかさ」では、にんじん添加量15.4%と25.0%において5%の危険率で、15.4%と32.7%では1%の危険率で有意差がみられた。したがって、にんじん添加量が増すにつれて生地中の水分含量が増し、「やわらかい」と感じるようになった。

「甘さ」の項目では有意差は認められなかった。

「総合評価」ではにんじん添加量25.0%と15.4%において1%の危険率で、25.0%と32.7%とでは5%の危険率で有意差がみられ、25.0%が最も高い評価となった。

以上のことから、官能評価ではスポンジケーキににんじんを添加する際には、にんじん添加25.0%が、適度なしっとり感やにんじん風味、やわらかさを兼ね揃えた特性をもち最も好まれることがわかった。

主観的測定値である官能評価の「やわらかさ」と、客観的測定値であるテクスチャー特性の「硬さ」の項目は関連があり対応がよいとされている。本実験結果からも、にんじん添加量が増すにつれて「やわらかさ」は、有意にやわらかいと評価され、「硬さ」もにんじん添加量が増すにつれて低下し、関連性が高いことが認められた。

「きめの細かさ」においては、にんじん添加量が少ないほどきめが細かいと評価されたが、これは比容積にんじん添加量が増すにつれて値が大きくなるのと同様、組織の結合力は低下し組織間に均一にたくさんあった隙間も保持しきれずに、凝集性も高くなるためだと考えられる。

「しっとりさ」においては、にんじん添加量が増すにつれてしっとりしていると評価されたが、これはにんじんを添加し水分が加わることにより、コントロールよりも水分含量が増えるのでしっとりしていると感じられる。

スポンジケーキは、基本的には小麦粉、卵、砂糖を主材料として、多孔質状の組織を形成しているケーキである。全卵や卵白を攪拌すると、卵たんぱく質が変性し、不溶性の膜を形成して空気を包み込んだ気泡となる。スポンジケーキの膨化は、生地中に多量に混入したこれらの気泡の空気の熱膨張と、気泡を核とした水蒸気圧によるものである。この生地を160℃くらいのオーブンで緩やかに加熱して焼き上げると、多孔質でふんわりとやわらかい弾力性のある口触りの製品となる<sup>13) 14)</sup>。

新座でにんじんを栽培している尾崎氏の提案により、使用するにんじんは色がきれいで芯まで赤い品種「向陽」とした。スポンジケーキににんじんを添加する場合には、25.0%が総合的に好ましいと評価された。カレーやきんぴらの具材の一つとしてにんじんは真っ先に思い浮かぶが、最近ではニンジンジュースや菓子類にも応用が広がっている。にんじんの品種の特性を知り、この料理にはこのにんじんを、という提案ができるとさらに活用の幅が広がると考えられる。

にんじんは、新座市の特色ある農産物とはいえ、一般市民にはそれほどよく知られているとはいえない。また、日常的な野菜であるがゆえに、かえて特産物としての魅力はそれほど大きくはないといえる。さらに、子どもたちにとっては、嫌いな野菜として、ピーマンとならんでよく取り上げられる野菜である。にんじんのメリットは、鮮やかな色であり、また、野菜を使用したスイーツが若い女性たちを中心に静かな人気を呼んでいること、野菜のもたらす健康イメージは、現代的ニーズということもできる。これらの特徴をいかした加工品として、スポンジケーキは可能性が高いものと思われる。他の地域では、にんじんジャム、にんじんパンなどの例があるが、新座市で栽培されているにんじんの品種特性をいかすという面から、色についてもさらに検討し、新座ならではのにんじんスポンジケーキをめざすことができよう。

## 要 旨

にんじん添加量15.4%、25.0%および32.7%の3種類のスポンジケーキの嗜好特性、品質特性を調べるために、テクスチャー測定および順位法による官能評価を行った。併せて、にんじん添加スポンジケーキの比容積と水分含量を測定した。

パネルは十文字学園女子大学人間生活学部食物栄養学科の21～24歳の健康な女性24人を対象とした。試料は焼成後のスポンジケーキを2時間常温に放置した後、縦横25mm、高さ15mmに切断した。テクスチャー測定では、硬さ、凝集性および付着性は、にんじん添加量が増すにつれて値が低下した。ことに、凝集性と付着性は、コントロールと比べてにんじん添加により有意に低下することが明らかとなった。

官能評価では、「しっとりさ」と「にんじん風味」の項目で3種類のにんじん添加スポンジケーキにはいずれも1%の危険率で有意差があり、にんじん添加量が増すにつれ、しっとりとし、にんじん風味の強いケーキになることが認められた。総合評価」ではにんじん添加量25.0



%と15.4%において1%の危険率で、25.0%と32.7%とでは5%の危険率で有意差がみられ、25.0%が最も高い評価となった。

以上の結果から、スポンジケーキににんじんを添加する際には、にんじん添加量15.4%、25.0%および32.7%の中では、適度にしっとりとし、にんじん風味もよく、やわらかいなどの特性を備えた25.0%が最も好まれることがわかった。

## 謝 辞

本研究は平成20年度十文字学園女子大学人間生活学部共同研究費の助成のもとに行われた。にんじんの使用にご便宜をいただいた尾崎農園の尾崎氏に感謝いたします。また、本研究のデータの収集にご協力いただいた学生の皆様に御礼申し上げます。

## 引用文献

- 1) Mizukoshi,M.,Kawada,T.andMatsui,N.: CerealChem.,62,242-246 (1985)
- 2) 川染節江、山野善正：家政誌、37、759-766 (1986)
- 3) 前田智子、浅川具美、森田尚文：家政誌50、571-579 (1999)
- 4) 渡辺豊子、喜代吉夏子、山田光江：日調科誌25、293-300 (1992)
- 5) 渡辺豊子、北尾敦子、大喜多祥子、山田光江：日調科誌27、39-44 (1994)
- 6) 井川佳子：食科工45、357-363 (1998)
- 7) 斎藤寛子、松本時子：山形県立米沢女子短期大学紀要40、71-77 (2005)
- 8) 高澤まき子、佐々木弘美、保井明子：日本食生活学会誌14、316-322 (2004)
- 9) 市川朝子、菊嶋和菜、下村道子：日調科誌40、82-89 (2007)
- 10) 松元文子、吉松藤子：四訂調理実験、柴田書店、東京、136-137 (1997)
- 11) 文部科学省科学技術・学術審議会 資源調査分科会報告：五訂増補 日本食品標準成分表、国立印刷局、p220-221 (2006)
- 12) 日本フードスペシャリスト協会：新版 食品の官能評価・鑑別演習〔第2版〕、建帛社、p 28~33 (2007)
- 13) 木戸詔子、池田ひろ：食べ物と健康④調理学、化学同人、p47 (2003)
- 14) 河田昌子：お菓子の「こつ」の科学、柴田書店、東京、p 88~99 (1999)