

アルコール飲料における テクスチャー(食感)の物性評価法と官能評価

キリン株式会社 R & D 本部 酒類技術研究所 主任研究員

お だ い ひで はる
小 田 井 英 陽

1. はじめに

テクスチャー(食感)は食品のキャラクターを形成する重要な要素であり、食品のおいしさの約30%占めるといわれている。日本語のテクスチャー用語は早川によって445語に整理されているが、その数は外国語よりもはるかに多く、日本人はテクスチャーに対して敏感で繊細であると思われる^{1, 2)}。

飲料では咀嚼動作が不要なこと、口腔内での滞留時間が短いことから、おいしさや嗜好に対するテクスチャーの重要性はやや落ちるものの、ビール、ワイン、日本酒などのアルコール飲料では、「のどごし」、「口当たり」などテクスチャーに関する評価項目も重要視されており、客観的な測定手法の検討も行われつつある^{3, 4, 5)}。

様々な固形食品で、テクスチャーの物性や、テクスチャーの味、香り及び嗜好に対する効果が研究されている。しかしながら、逆に、香味物質が粘性に与える変化についての研究は数少なく、飲料、特にアルコール飲料での検討もほとんど報告がない。

そこで、今回、基礎的な知見を得るために、アルコール飲料における粘性の官能評価や嗜好に対する影響、及び各種物性値を用いた予測手法の検討を行ったので、報告する。

2. 方法

2-1 実験材料

増粘剤の選抜は、飲料に良く使用されていること、水に易溶で調製法が簡単であること、余計な

雑味が少ないことを基準にして行った。その結果、キサンタンガム(ビストップD-3000-B-S 三栄源株式会社)及びペクチン(GENU PECTIN LM-102AS-J 三晶株式会社)を選抜し実験に供した。評価溶液の調製に使用した糖、酸、アルコールは、それぞれ、フジラクトF-100ブドウ糖加糖液糖(JAS品)(日本食品化工株式会社)、精製クエン酸(無水 食品添加物)(扶桑化学工業株式会社)、酒類原料用アルコール(第一アルコール株式会社)である。

2-2 物性値測定

液体の粘性に関わる物性値として外せないのは、「粘度」である。JIS Z 8803「液体の粘度-測定方法」では6種類の粘度計の記載があり、中でも安価なB型回転粘度計が多用されている。しかしながら、1つのコーンプレートで測定できる粘度範囲が狭い、異なるコーンプレートでのデータを比較できない、などの欠点がある。一方、振動式

第1表 各種飲料、食品の静粘度

食品	静粘度 (mPa·s)	温度 (°C)
水	0.92	23.6
20%エタノール水	1.75	25.0
牛乳	2.27	20.7
しょうゆ	4.76	23.5
トマトジュース	18.7	22.7
サラダ油	54.5	24.2
スポーツ飲料(ゼリー状)	106	23.0
中濃ソース	167	23.2
マスタード	428	23.3
トマトケチャップ	1660	23.3

エー・アンド・デイ社 SV-Aシリーズ ユーザーハンドブックより
http://www.aandd.co.jp/adhome/pdf/tech_doc/analytical/sv_handbook.pdf

第2表 粘性に関する物性値と測定機器

物性値	略語	測定機器
静粘度	SV	音叉型振動式粘度計(A&D 社 SV-10)
せん断粘度 (せん断速度 1 1/s)	rot(1)	レオメーター HAAKE MARS III サーモフィッシャー サイエンティフィック社 ローテーションモード
せん断粘度 (せん断速度 10 1/s)	rot(10)	
せん断粘度 (せん断速度 100 1/s)	rot(100)	
貯蔵弾性率	G'	レオメーター HAAKE MARS III
損失弾性率	G''	サーモフィッシャー
損失正弦接	δ	サイエンティフィック社 オシレーションモード

粘度計の中でも音叉型振動式粘度計は、世界で株式会社エー・アンド・デイ 1社が独自の技術を基に製作&販売している機器だが、測定範囲の広さ（特に低粘度領域）と再現性の良さ、簡便性とコストパフォーマンスは他の粘度計を凌駕している。この方式で測定される粘度は他の機械で得られる粘度（せん断粘度あるいは動粘度）と区別するために、静粘度という名称が提唱されている⁶⁾（第1表）。

今回、第2表のように、静粘度（20℃）は音叉型振動式粘度計 SV-10（株式会社エー・アンド・デイ）で測定した。また、サーモフィッシャーサイエンティフィック株式会社のレオメーター HAAKE MARS III のローテーションモードでせん断粘度を、オシレーションモードで粘弾性率を測定した。測定は20℃で行い、コンプレートは cone C60/2°TiL を使用した。

2-3 官能評価, 統計解析

分析型官能評価は、アルコール飲料の官能評価に慣れているパネルの中から粘度の強さの識別に十分な能力を持つ8名で、マグニチュード推定法にて評価した。また、嗜好型官能評価は、社内的一般パネル・20代から50代の男女33名で行った。

実験計画法によるサン

プル設計、ならびに、相関分析、部分的最少二乗回帰（以下 PLS）、multistep PLS-VIP（後述）及びクラスター分析などの統計解析は JMP Pro 13（SAS Institute Japan 株式会社）を用いた。

PLS では、NIPALS 法及び、検証は1つ取って置き法で実施した。multistep PLS-VIP は、変数重要度（以下 VIP）0.8以上を目安に、変数の数を絞り込みながら、複数回 PLS を繰り返す、すべての項目の VIP が0.8以上になるまで実施した⁷⁾。

3. 結果

3-1 増粘剤水溶液の粘性の

官能評価と物性測定

スティーンブンスは様々な物理的刺激を知覚する強さをマグニチュード推定法で測定し、感覚量が刺激量のべき乗に比例している事を示した（スティーンブンスのべき法則）⁸⁾。式で表すと

$$R=kS^p$$

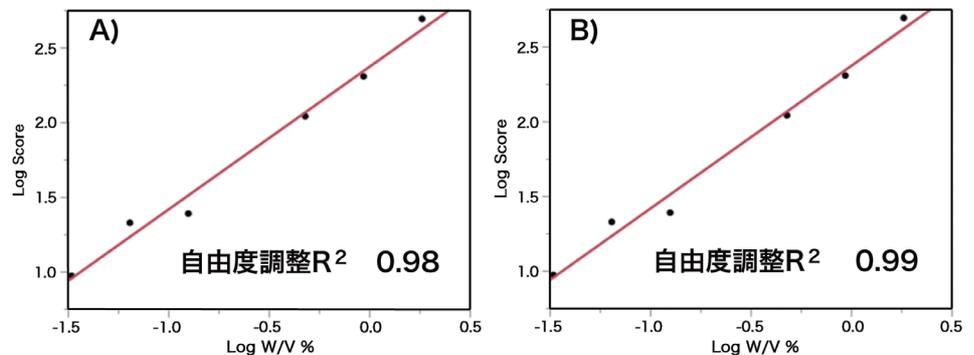
(R は感覚量, S は刺激量, k と p は定数)

となり、それぞれの対数をとると

$$\log R = p \log S + \log k$$

となる。溶液での粘性の官能評価スコアもやはり、スティーンブンスのべき法則に従うのか、物性値とも比例し官能評価スコアの予測ができそうか、確認するために、濃度を振ったキサントガムもしくはペクチンの水溶液 6品ずつを評価した。

第1図に示すように、どちらの溶液においても、マグニチュード推定法での官能評価のスコアの対



第1図 粘性の官能評価スコアと増粘剤の添加濃度との関係

A)キサントガム溶液 B)ペクチン溶液

粘性の官能評価スコア, 添加濃度, それぞれの対数値をプロットした。

第3表 各種濃度のキサンタンガムとペクチン溶液における粘性の官能評価スコアの対数と各種物性値の対数との相関係数

	Log W/V%	Log SV	Log rot1	Log rot10	Log rot100	Log G'	Log G''	Log δ
Log Scor(xanthan gum)	0.97	0.97	0.96	0.96	0.97	0.96	0.97	-0.94
Log Scor(pectin)	0.99	0.97	0.95	0.97	0.97	0.99	0.99	-0.99

第4表 糖、酸、アルコールの添加水準を変えた溶液の組成及び粘性に関する官能評価スコア及び物性値

サンプル名	増粘剤種類	増粘剤量	アルコール	糖	酸	粘度スコア	SV10	rot(1)	rot(10)	rot(100)	G'	G''	δ
Kコントロール	キサンタンガム	0.25	0.1	0.01	0.001	1.00	12.0	510.9	149.4	35.4	0.6530	0.7590	1.16
K1			9	8	0.07	0.54	10.5	261.5	100.6	27.5	0.4510	0.5920	1.31
K2			3	8	0.03	0.73	11.3	375.5	121.7	29.4	0.6920	0.7720	1.12
K3			3	2	0.07	0.56	10.4	276.2	104.8	27.7	0.4940	0.6330	1.28
K4			6	4	0.07	0.58	11.0	266.1	94.2	25.0	0.4890	0.6240	1.28
K5			3	4	0.05	0.74	9.8	292.1	105.3	27.2	0.5170	0.6330	1.22
K6			9	2	0.03	0.99	11.1	364.5	119.5	29.0	0.6490	0.7210	1.11
Pコントロール	ペクチン	2.0	0.1	0.01	0.001	1.00	21.5	23.8	25.3	25.5	0.0062	0.1610	25.91
P1			9	8	0.07	0.89	25.4	28.4	30.0	29.8	0.0011	0.1880	164.62
P2			3	8	0.03	1.22	22.4	30.6	27.9	26.8	0.0015	0.1640	108.97
P3			3	2	0.07	1.04	20.2	26.5	26.2	26.0	0.0057	0.1620	28.54
P4			6	4	0.07	1.26	22.3	26.9	27.3	27.2	0.0038	0.1690	44.59
P5			3	4	0.05	1.02	22.0	31.7	27.6	27.0	0.0814	0.2440	3.00
P6			9	2	0.03	1.11	21.7	29.7	27.6	26.8	0.0058	0.1550	26.69

*増粘剤量は水溶液濃度%, アルコール, 糖, 酸は重量%

数は濃度 (%) の対数と比例関係があり, ステイブンスの法則に従うことを確認した。それと同時に, 官能評価のスコアの対数はどの物性値の対数とも良い相関が認められ, どの物性値からでも官能評価のスコアの予測はできると考えられた (第3表)。評価した溶液の粘度は, さらさらのものからドロドロまで, 粘性の幅が広がったため, どの物性値を用いても差はなかったと思われる。

3-2 糖, 酸, アルコールの粘度に対する影響

糖, 酸, アルコールの添加で粘性に関する物性値が変化するかどうか確認するために, 0.25%キサンタンガム水溶液あるいは, 2.0%ペクチン水溶液に糖, 酸, アルコールの添加水準を変えた溶液を作成し, マグニチュード推定法による溶液の粘度の官能評価と物性値の測定を行った (第4表)。その結果, 糖, 酸, アルコールの添加によって, キサンタンガム溶液では官能評価及び物性値とも粘性が弱くなっていたが, ペクチン溶液では, わずかに強い傾向となった。

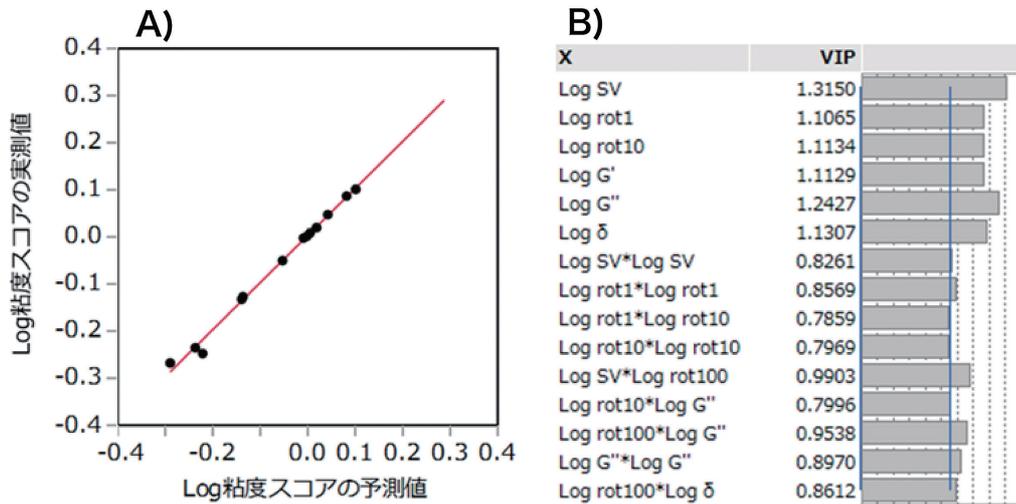
糖, 酸, アルコールの添加率の対数及びそれらの二乗項, 交差項を説明変数とし, 静粘度値あるいは, 粘度の官能評価スコアを目的変数とし,

multistep PLS-VIP を行い, 最終的に得られたモデルの変数重要度を比較すると, キサンタンガム溶液では酸の添加率の重要度が一番高かったが, ペクチン溶液では, 糖及び, 種々の交差項の重要度が高く, 相違がみられた (data not shown)。

キサンタンガム, ペクチンともに多糖類であるが, 前者は主にグルコース, マンノース, ガラクツロン酸から, 後者はガラクトン酸とそのメチルエステル体からなり, 分子量, 主鎖・側鎖の数, 長さなども異なる^{9, 10, 11)}。このため, 溶液中の存在状態や添加物による構造変化の差が上記の違いをもたらしたと思われる。

上記の溶液の各物性値を測定し, 官能評価による粘度スコアとの相関分析を行うと, もっとも相関係数が高かったのはSV-10による静粘度値であったが, それでもR²が0.75にとどまっていた。そこで, 各物性値及びそれらの二乗項, 交差項を用いて multistep PLS-VIP を行ったところ, 当てはまりの非常に良い予測式 (R²=0.99) が得られた (第2図)。

キサンタンガムやペクチンは, 飲料で比較的良く用いられる増粘剤であるが, 他の増粘剤を選択



第2図 糖，酸，アルコールの添加水準を変えたキサンタンガム・ペクチン溶液の官能評価スコア（粘度スコア）の各種物性値によるmultistep PLS回帰
 A) 粘度スコアの実測値とmultistep PLS回帰によって得られた予測値のプロット
 B) multistep PLS回帰後，選択された物性値の変数重要度（VIP）表

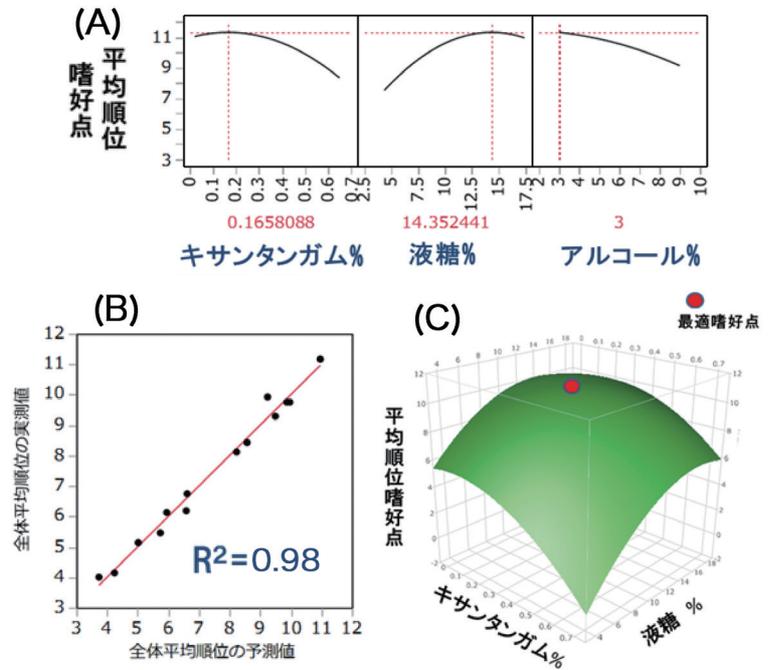
する場合もある。その場合，糖，酸，アルコールの粘度に対する影響はまた異なると予想されるので，今後，他の増粘剤も考慮した予測式を作るには，さらに，官能評価スコアと物性値データを追加して検証する必要がある。

3-3 粘性の嗜好に対する影響の確認

さらに，増粘剤による粘性が嗜好にどう影響するか，味，香りの無い水溶液の代わりに果汁，香料，酸味料を含むピーチフレーバーのモデル液を用いて検討した。添加した増粘剤（キサンタンガム）は4水準（0.02，0.18，0.35，0.65%），液糖は3水準（4.4，8.7，17.4%），アルコールは3水準（3，6，9%）とし，実験計画法により，14サンプルを設定した。嗜好型官能評価は社内の20代から50代の男女33名で行った。嗜好は9段階尺度法，粘性，その他の味などは，7段階尺度法で評価した。物性値は結果3-1，3-2と同様に取得した。

粘性についての官能評価は，口腔内で感じたとろみの強さ及び，飲み込んだ時に喉で感じたとろみの強さ，に分けて評価してもらったが，相関係数0.99とほ

とんど差がなかった。この理由としては，設定した粘度の幅が広がったためと思われる。今回，キサンタンガム，ペクチン以外の増粘剤による飲料中の粘度の感じ方の検討は行っていないが，より細分化した評価用語の設定が必要になるかもしれない。



第3図 パネル全体の嗜好点のPLS回帰
 (A) 嗜好点の予測プロフィール (B) 実測値と予測値のプロット
 (C) 嗜好点，キサンタンガム添加量，液糖添加量の応答曲面表示

第5表 嗜好点による2つのクラスターにおける男女の人数の比較

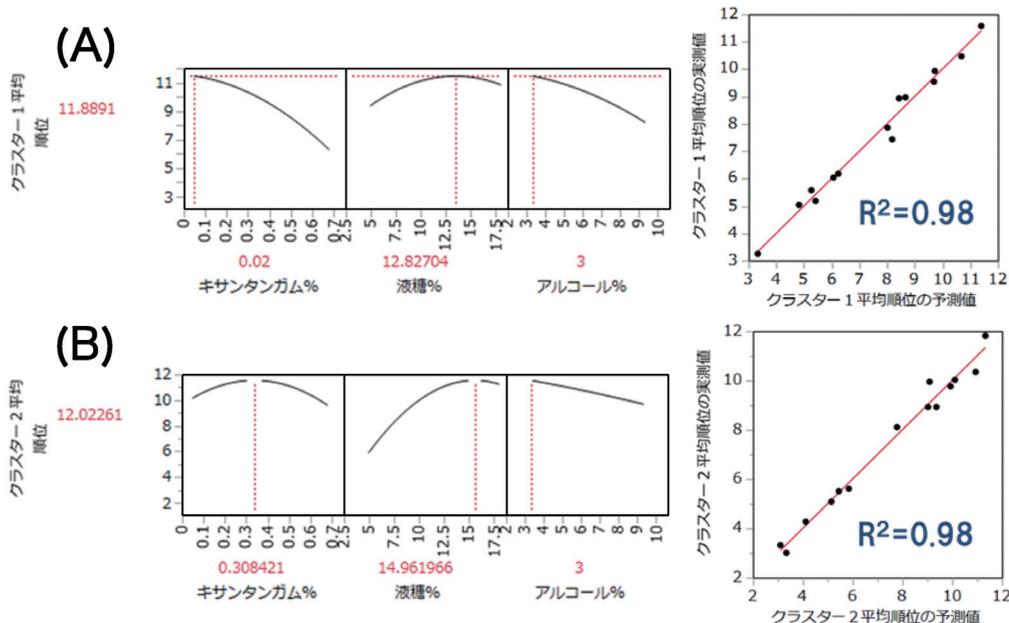
	クラスター1	クラスター2
男性	10人	8人
女性	4人	11人
計	14人	19人

官能評価のスコアと各物性値との相関を検討したところ、結果**3-2**とは異なり、結果**3-1**と同様、相関係数の絶対値はいずれも0.85以上であり、高い相関関係が確認できた。液体中の増粘剤の濃度範囲が大きい場合には、官能評価値を予測するために、どの物性値を選択しても大きな差はないものと考えられる。

嗜好評価において、パネリストによって、使用する尺度範囲が異なることが知られている。パネルの嗜好点を解析するために、評価者毎に平均順位化した後、サンプルごとの平均点を求めた（以下、嗜好点と省略）。嗜好点が最大になる増粘剤、糖、アルコールの添加濃度を推測するために、目的変数を嗜好点、説明変数を増粘剤、糖、アルコールの添加濃度、及びそれらの二乗項、交差項として、PLSを行った。因子数5を選択すると、嗜

好点の実測値と予測値の自由度調整 R^2 が0.98という、当てはまりの良い予測式が得られた。嗜好点に対するVIP（変数重要度）は、糖（1.84）、アルコール（1.36）、増粘剤（1.31）、増粘剤*増粘剤（0.90）の順に高かった。予測式において、嗜好点が最大になる添加濃度は、キサンタンガム0.16%、糖14.4%、アルコール3%となり、増粘剤（キサンタンガム）がわずかに入っていたほうがパネル全体の嗜好点が高くなることが示された（**第3図**）。

さらに、パネルを嗜好点で階層型クラスター分析（Ward法）すると、2クラスターに分かれた（**第5表**）。パネル全体と同様に、両クラスターの各サンプルに対する嗜好点の平均のPLSを行ったところ、**第4図**のように、クラスター1は粘度がほとんどないサンプルを好み、クラスター2は、ある程度粘度と甘味が高い方を好むことが分かった。**第5表**に示した通り、男性の割合はクラスター1で高く、女性は、クラスター2に11名とクラスター1の4名の3倍弱の人数であることから、女性と男性の粘性や甘味に対する嗜好性の差が反映されたのかもしれない。



第4図 クラスター1, 2の嗜好点のPLS回帰
 (A)クラスター1の予測プロファイル（左）及び実測値と予測値のプロット（右）
 (B)クラスター2の予測プロファイル（左）及び実測値と予測値のプロット（右）

今回、ピーチフレーバーのモデル液で検討したが、果物の種類によってその果汁の粘度は異なっている¹²⁾。当然、お客様も感覚的にその違いを認識し、果汁を使ったアルコール飲料においても、果汁相当の粘度を想起すると想像される。お客様にとって、最も果実感を感じる粘度が、果汁とアルコール飲料で大きな違いがあるのかどうかは、今後の検討課題である。

嗜好については粘度が大きく影響するものの、味、香りの影響とのバランスも必要である。また、飲料の粘性が、味、香りの感じ方、匂いの立ち方に影響することも知られている^{13, 14)}。今回は、サンプル数の制限から、増粘剤、糖、アルコール

の添加量のみ、変動させた。しかしながら、実際の商品開発においては、同じフレーバーであっても果汁、香料、酸味料の種類、量を変動させて検討しなければならず、予測モデルを活用しながら、いかに、お客様調査を少なくし、的確に処方を決めていくか、今後もさらに検討が必要である。

***謝辞**

本研究の実施、発表までに、下記の方にお世話になっております。ここに、深謝いたします。

(敬称略)

キリン株式会社 魏丹丹, 野畑順子, 遠藤麻恵
(一社) 食感性コミュニケーションズ 相良泰行, 上田玲子, 柴田真理朗, 守田愛梨

参 考 文 献

- 1) 早川文代, 日本語テクスチャー用語の体系化と官能評価への利用, 日本食品科学工学会誌, **60**, 311-322 (2013).
- 2) 小島義郎, 擬声語・擬態語の日英比較, 「英語辞書学入門」, 三省堂, 191-206 (1984)
- 3) ビール酒造組合国際技術委員会(分析委員会)編, BCOJ 官能評価法, 日本醸造協会 (2002)
- 4) 宇都宮仁, 磯谷敦子, 岩田博, 中野成美, 清酒の官能評価分析における香味に関する品質評価用語および標準見本, 酒類総合研究所報告, **178**, 45-52 (2006)
- 5) Miura, Y., Morita, Y., Koizumi, H., Shingai, T., Effects of taste solutions, carbonation, and cold stimulus on the power frequency content of swallowing submental surface electromyography. *Chemical Senses*, **34**, 325-331 (2009)
- 6) 出雲直人, 小岩井淳志, 静粘度 [sv] と振動式粘度計について, 第24回センシングフォーラム資料, 計測自動制御学会, **24**, 141-146 (2007)
- 7) 守田愛梨, 荒木徹也, 池上翔馬, 岳上美紗子, 住正宏, 上田玲子, 相良泰行, チェダーチーズの粘弾性特性と香气成分から官能評価スコアを予測する品質評価モデルの開発, 食品科学工学会誌, **63**, 1-17 (2016)
- 8) Stevens, S. S., On the psychophysical law. *Psychological Review*, **64**, 153-181 (1957)
- 9) P. A. Williams, G. O. Phillips, Introduction to food hydrocolloids, In G. O. Phillips, P. A. Williams (Eds.), Handbook of hydrocolloids, Cambridge, Woodhead Publishing Ltd., 1-19 (2000)
- 10) 船見孝博, 堤之達也, 岸本一宏, とろみ調整食品や介護食品に使用されている増粘剤およびゲル化剤, 日本調理科学会誌, **39**, 233-239, (2006)
- 11) 川端晶子, ペクチン, 日本食品科学工学会誌, **43**, 1238 (1996)
- 12) (社)日本果汁協会監修, 最新果汁・果実飲料辞典, 朝倉書店 (1997)
- 13) E. R. Morris, Rheological and organoleptic properties of food hydrocolloids, In K. Nishinari, E. Doi (Eds.), Food Hydrocolloids, Structures, Properties, and Functions, New York Plenum Press, 201-210 (1993)
- 14) D. J. Cook, R. S. T. Linforth, A. Taylor, Effects of hydrocolloid thickeners on the perception of savory flavors. *J. Agric. Food Chem.*, **51**, 3067-3072 (2003).