米飯の動的粘弾性と官能評価[†]

乙部和紀*・内藤成弘*・杉山純一*・菊池祐二*

Relation between Dynamic Viscoelasticity and Sensory Evaluation on Cooked Rice

Kazunori OTOBE*, Shigehiro NAITO*, Junichi SUGIYAMA*
and Yuji KIKUCHI*

* National Food Research Institute, Ministry of Agriculture, Forestry,
and Fisheries, Kannondai, Tsukuba, Ibaraki 305

Dynamic viscoelasticity of cooked rice was measured by using a viscoelastometer with the double-side shear mode. Sensory evaluation tests were also carried out on the same samples. Fifteen varieties of non-glutinous rice, which were produced in the research project named "Development of Improved Rice Cultivars with Superior Grain Qualities" in these two years, were examined. In this study, correlation coefficients among three sensory scores related to texture (hardness, stickiness, and smoothness) and three parameters of dynamic viscoelasticity (dynamic modulus [G'], dynamic loss [G''], and loss tangent [$\tan\delta$]) were investigated. From the viewpoint of sensory evaluation to dynamic viscoelasticity, the highest correlation was observed between stickiness and $\tan\delta$ with a correlation coefficient of 0.855. The second highest correlation coefficient was 0.817 between hardness and G' . G'' , however, had no significant relationship with any sensory scores. On the other hand, among the parameters of dynamic viscoelasticity, there were correlation coefficients of 0.728 between G' and G'' , and -0.708 between G' and $\tan\delta$. These results show that dynamic viscoelasticity, especially $\tan\delta$, is available as an instrumental index of stickiness, which is the most preferable texture of cooked rice for the Japanese. (Received Jun. 1, 1994)

官能検査を実施する場合、試料性状は可能な限り明確であることが望ましい。これは、検査の再現性や普遍性を確保するためであると同時に、既知の試料を用いることにより、パネルの特性評価に利用できるためである。さらに、食味指標取得方法の機械化に関する研究においても、機器測定データと官能検査結果の整合性を確保するために、官能検査に用いた試料と機器測定に供した試料性状の同一性が前提となる。

米の場合、産地や産出年度、貯蔵、搗精などの条件が同じであれば、成分上の同一性は確保されていると考えられる。しかし、米飯の食味においてはテクスチャーが重視されており、現状ではこのテクスチャーを左右する米飯のレオロジーを成分によって決定するには至ってい

ない。また、炊飯に伴う浸漬や加熱は澱粉の吸水、膨脹に影響することから、米飯レオロジーへの寄与が大きいと考えられるが、これらの条件がどの程度厳密であるべきかを判断できるだけの十分なデータは得られていない。したがって、検査に供試した試料は、同じ精米を使用しているとしても、炊飯によりその都度レオロジー的性状が異なる可能性もあるため、安定性の確認が必要である。

しかしながら、実際には基準試料との比較により官能検査を行う場合でも、基準やその他の試料がそれぞれ同じレオロジー的性状であることを毎回確認した上で、検査が行われていることを保証している報告は見られない。さらに、米飯の官能評価と機器測定値による食味指標との関連を研究する場合、それぞれ別個に炊飯した試

[†] 米飯の動的粘弾性に関する研究 (第3報) (前報, 文献1) 2))

** 農林水産省食品総合研究所 (〒305 茨城県つくば市観音台 2-1-2)

料について評価・測定が行われているのが実状である。その理由として、従来法では時間と労力の点から官能検査と平行して測定を行うことが難しい、あるいは再現性の点から測定器毎に特有の試料調製法を必要とする測定手法が多い、などの理由が挙げられる。したがって、これらの研究を推進する上では、調製方法に依存せず、官能検査と同時進行で測定可能な手法の開発が重要と考えられる。

一方、既報¹⁾²⁾において著者らは、微小体用動的粘弾性測定器³⁾を用いて米飯粒と米澱粉の動的粘弾性パラメータ測定を行い、レオロジー的な品種特性について検討を行ってきた。これまでの研究により、本手法は、測定値の再現性や普遍性に優れ、特別な試料調製法を必要とせず、少量の試料で測定が可能である、などの利点を有していることが確認された。また、動的弾性率 (G') と動的損失 (G'') の比である損失正接 ($\tan \delta$) は、再現性や澱粉性状との関連性などの点から、品質特性を表す指標であることが確かめられた。さらに既報¹⁾において、 $\tan \delta$ とアミログラム特性値のブレイクダウン、ならびにアミロース含量との関連が示された。この結果は、食味特性と関連が深い機器測定による指標⁴⁾と $\tan \delta$ との関連を示していることから、間接的ではあるが $\tan \delta$ と食味特性との関連を示唆していると考えられ

る。

以上の研究成果を踏まえて、本研究は、米飯の官能検査に用いた試料のレオロジー的性状を確認すると共に、動的粘弾性と食味との関連を明らかにすることを目的として実施された。上記の目的に従い、官能検査と同時進行で本手法による動的粘弾性測定を実施し、官能検査のテクスチャー項目に焦点を絞って動的粘弾性との関連を調べた。その結果、官能検査に供試した米飯のレオロジー的性状に関する詳細なデータが得られると共に、機器測定による新たな食味指標に関する知見が得られたので報告する。

実 験 方 法

1. 試 料

(1) 試料性状

農林水産省の「需要拡大のための新形質水田作物の開発 (略称：新形質米)」プロジェクトにおいて、表1のように食品総合研究所に配布された粳米を用いた。試料は品種登録されているものと未登録のものがあるが、以下では試料の総称として「品種」を用いた。

(2) 精米

供試精米は、試験直前まで4℃で貯蔵した玄米を、摩擦式精米器 (サタケモーターワンパス、佐竹製作所) に

表 1 試 料

育成系統 (品種) 名	産 年 度	育 成 場 所	試験年度	主 要 特 性
キタカオリ	4	北海道農試	5	香り米
彩	4	北海道農試	5	低アミロース
奥羽 316 号	3	東北農試	4	やや小粒
はぎのかおり	3, 4	東北農試	4, 5	香り米
ササニシキ	4	東北農試	5	—
関東 161 号	3, 4	農研センター	4, 5	低アミロース
サリクイーン	3, 4	農研センター	4, 5	細長粒, 香り米
つ系 180	4	農研センター	5	細長粒
タカナリ	3	農研センター	4	やや長粒, 多収
日本晴	3, 4	農研センター	4, 5	—
上 308	3	北陸農試	4	大粒
北陸 147 号	3, 4	北陸農試	4, 5	極多収
北陸 149 号	3, 4	北陸農試	4, 5	長粒
コシヒカリ	3, 4	北陸農試	4, 5	—
ハバタキ	3	北陸農試	4	やや長粒, 低アミロース
ホシユタカ	3, 4	中国農試	4, 5	高アミロース
西海 187 号	3, 4	九州農試	4, 5	長大粒
西海 191 号	3, 4	九州農試	4, 5	細小粒

て、精米歩留まり $90 \pm 1.5\%$ (w/w) に搗精した。搗精後の精米水分含量は $13.5 \pm 1.3\%$ (w/w) の範囲であった。これらの精米は密封した後に 4°C で貯蔵し、検査前日に室温 (20°C) に戻してから炊飯した。

(3) 炊飯

精米 600 g を電動洗米器 (EM-374, 早川電機) で2分間洗米し、水を変えてさらに2分間洗米した後、精米重量比で1.4倍の加水量となるように水を加えて1時間浸漬した。炊飯は加熱特性が同じ電気炊飯器 (RZ-1547, 日立製作所) を用いて自動炊飯し、炊飯終了後に20分間「蒸らし」を加えた。続いて「蒸らし」終了直後に水蒸気を逃がすために攪拌を行い、それ以降1時間おきに2度攪拌してから官能試験に供試した。

米飯試料の水分は 135°C 、2時間乾燥法⁵⁾により測定し、 $61 \pm 1.7\%$ (w/w) の範囲であることを確認した。

2. 官能検査

不完備型実験計画法の 4×4 単純格子法⁶⁾に基づいて、表1に記載の品種から14品種ずつをそれぞれの試験年度(4, 5年度)に供試した。検査は1回につき基準をあわせて5品種用い、2群の格子方格を満たすために8回実施した。5品種のうち、基準試料には日本晴を用いるとともに、検査精度の検討用として良食味米であるコシヒカリを毎回用いた。評価パネルとしては消費者パネル⁸⁾を想定し、食品総合研究所職員16名によりパネルを構成した。質問形式は米飯の特徴を嗜好によらない尺度で評価するために、食糧庁方式⁷⁾は採用せずに、心理的刺激の大小、強弱を記録する方式を採用した⁹⁾。尺度は、基準を0点として、刺激が大きい場合をプラス、小さい場合をマイナスとして最大で ± 3 点の範囲に設定した。また、口腔内でのレオロジー的特性に関する質問項目として、本報では「かたさ」「粘り」「滑らかさ」の3項目に着目して検討した。評点は、「かたさ」「粘り」については2群の平均値を用い、「滑らかさ」については組み合わせ効果を考慮した修正平均値を用いた。

その他の質問表や供試方法などの詳細については、内藤らの報告^{9) 10)}に基づいた。

3. 動的粘弾性測定

既報¹⁾に基づいて、「蒸らし」終了後の攪拌作業を行う直前に炊飯器内より採取した試料を密閉容器に入れて 20°C の恒温室内で1時間放置した後、微小体用動的粘弾性測定器 (レオグラフマイクロ, 東洋精機) の以下の設定で測定を行った。

<設定条件>

測定モード: 不定形ズリ振動モード

スぺーサ幅: 2.6 mm (圧縮時の厚さで 1 mm)

加振振幅: $40 \mu\text{m}$

加振周波数: 2 Hz

ただし、測定回数は測定値の変動率が変化しないことを確認した上で、既報¹⁾の10回から5回に減らし、その平均を G' 、 G'' 、 $\tan \delta$ の測定値とした。また、経時変化や水分の蒸発量に関して同一の条件で測定するために、測定する品種の順番を決めて一定の順序と間隔で入れ換えながら測定を行った。

結果と考察

1. 動的粘弾性

(1) 機器測定値の再現性

反復検査時における米飯の動的粘弾性パラメータの再現性を示す例として、平成4年度産米の格子方格群別の測定値(第1群、第2群と表す)を表2に示す。 G' 、 G'' の値を群間で比較した場合、供試品種の半数で測定値は異なっていた。これは、同じ精米および炊飯器を使用しても G' 、 G'' の値が等しい米飯試料を得るのは難しいことを示している。ただし既報¹⁾で示されたように、本報で用いた測定法では G' 、 G'' の変動率が20%程度あることを考慮すると、上記の差異は変動率の範囲内であると考えられる。一方、 $\tan \delta$ の場合は差異が認められる品種は僅かであることから、産出年度と試料調製条件が同じ米飯試料であれば、品種に関わらず再現性があると考えられる。

次に、本報の官能検査においてはコシヒカリと日本晴が重要な意味を持つことから、これらの産出年度毎の測定値の平均値と変動率、ならびに年度間の平均値の差の検定結果を表3に示す。変動率を考慮して品種間の測定値を比較すると、 $\tan \delta$ 以外のパラメータではほとんど差は見られなかった。一方、年度間差の検定では、コシヒカリの場合には全てのパラメータで差が有意となったのに対して、日本晴の場合には逆に全て有意な差はなかった。前述の品種に関する $\tan \delta$ の再現性を考慮すると、この結果はコシヒカリの産出年度による品質の変化を示唆していると考えられる。さらに、日本晴は米飯の動的粘弾性(特に $\tan \delta$) に関して産出年度に依存しない数値を示したことから、安定性のある基準試料であることが示された。

(2) 品質特性の判別

平成4年度産米を例にとり、コシヒカリ・日本晴両品種と他の品種との、動的粘弾性パラメータの差を検定した結果を表4に示す。 G' 、 G'' では半数以上の品種が5%

表 2 反復炊飯時の再現性 (平成 4 年度産)

	G' ($\times 10^5$ dyn/cm ²)		G'' ($\times 10^5$ dyn/cm ²)		tan δ	
	第 1 群	第 2 群	第 1 群	第 2 群	第 1 群	第 2 群
キタカオリ	4.20	5.20	1.10	1.33	0.262	0.257
彩	1.91	1.82	0.66	0.65	0.346	0.356
はぎのかおり	2.12	2.10	0.70	0.71	0.329	0.337
ササニシキ	2.35	1.95	0.81	0.65	0.343	0.332
関東 161 号	3.79	2.97	1.25	0.94	0.330	0.316
サリークイーン	2.98	3.76	0.85	1.04	0.286	0.282
つ系 180	2.76	2.06	0.89	0.66	0.320	0.321
北陸 147 号	2.93	2.93	0.96	1.00	0.328	0.339
北陸 149 号	2.27	3.24	0.78	1.05	0.344	0.323
ホシユタカ	4.41	3.89	0.82	0.70	0.186	0.181
西海 187 号	4.72	3.43	1.26	1.01	0.269	0.295
西海 191 号	2.69	3.15	0.76	0.90	0.283	0.287

表 3 産出年度による動的粘弾性の違い

	平成 3 年度産		平成 4 年度産		年度間差の検定	
	日 本 晴	コシヒカリ	日 本 晴	コシヒカリ	日 本 晴	コシヒカリ
G'	2.54 (7.1)	2.22 (10.4)	2.85 (13.3)	2.46 (7.8)	N.S.	*
G''	0.80 (11.1)	0.75 (11.1)	0.90 (12.8)	0.92 (7.4)	N.S.	**
tan δ	0.313 (4.7)	0.339 (4.7)	0.318 (3.3)	0.374 (4.0)	N.S.	**

G', G'' の単位: $\times 10^5$ dyn/cm²

() 内は変動率, 単位: %

* は 5% 有意水準, ** は 1% 有意水準, N.S. は有意差なし

以下の有意水準で日本晴やコシヒカリと差があると判定された。しかし、両者と比較して差がないと判定されている品種も、G' では 4 分の 1, G'' では半分近くの割合で存在していた。この原因として、G', G'' は変動率が大きく、既報¹⁾²⁾ で示したように水分含量に依存して変動し易いことなどの点が考えられる。これらの問題点は、米粒毎の成分変動や炊飯方式などに関連しているために解決が困難である。したがって、(1) で述べた反復時の再現性の低さも併せて考慮すると、炊飯器で調製した試料については、品種特性として G', G'' を用いるのは困難であると考えられる。

一方、tan δ で見た場合、コシヒカリについては「彩」を除いた全ての品種との間で有意差が認められているのに対して、日本晴については半数の品種で差が認められなかった。ただし G', G'' と異なり、明らかに食味の異なる両品種に対して、どちらとも有意差がない品種は見ら

れなかった。これは、コシヒカリと日本晴の中間の値を示す品種も判別できることを示している。

2. 官能評価と動的粘弾性との対応

(1) 総合的な相関関係の検討

官能評点は動的粘弾性パラメータのような絶対量と異なり、すべて基準に対する相対値で表されているため、検査時期の異なるデータ間の検討には注意が必要である。例えば、基準のレオロジーの特性が産出年度や試験年度によって異なる場合には、評価尺度がそれぞれ異なる可能性がある。しかし本報では、基準試料の動的粘弾性に関する同一性を確認しているため、総合的な相関分析が可能であると考えられる。

以上の前提に基づいて、表 1 の全試料を対象として動的粘弾性パラメータ、ならびに「かたさ」「粘り」「滑らかさ」の各官能評価点との単相関係数表を表 5 のように作成した。その結果、「粘り」-「滑らかさ」、tan δ -「粘

り, G' -「かたさ」の各項目間の相関は絶対値で0.8以上の値を示し, 強い関連性があることが明らかとなった。また, 「滑らかさ」- $\tan \delta$ は0.7以上の相関を示したが, これは「粘り」と「滑らかさ」の相関が高いことに由来していると考えられる。したがって, 「粘り」と相関の高い動的粘弾性パラメータは「滑らかさ」の指標にもなり得ることから, 検討すべき官能検査項目を「かたさ」と「粘り」に絞ることができると考えられる。

一方, 動的粘弾性パラメータ間の相関は, $\tan \delta$ - G' で, -0.708 , G' - G'' では0.722の弱い相関が認められたのに対して, G'' - $\tan \delta$ では無相関であった。 G'' と $\tan \delta$ は, 無相関であることから独立性の高い指標であると言える。しかし, G'' は全ての官能検査項目と相関が低く, 官能との関連性が希薄であるため, 以下では $\tan \delta$ と G' に絞って検討した。

(2) 対応関係の再現性

相関の高さの点から, G' -「かたさ」, $\tan \delta$ -「粘り」の関係に着目して, 図1および図2のように産出年度ごとにわけてプロットした。各散布図の相関係数は0.8以上の水準を保っており, 年度による大きな変動もないことがわかる。また, 表5と比較しても, 単年度の相関と2年度分のデータを総合した相関との間に大きな差は認められない。これは, 動的粘弾性パラメータを x , 官能評点を y として産出年度ごとに単回帰分析を行った場合, 回帰式($y=ax+b$)の回帰係数(a), ならびに回帰定数(b)に再現性があることを示唆している。

以上の点を確認するため, 回帰係数の年度間差の有意差検定⁶⁾を行った。表6は, 各散布図のデータを用いて回帰計算を行った結果と, 回帰係数の年度間差を検定した結果を示している。また, 各散布図には回帰直線を細

表4 平均値の差の検定(平成4年度産)

	G'		G''		$\tan \delta$	
	日本晴	コシヒカリ	日本晴	コシヒカリ	日本晴	コシヒカリ
キタカオリ	**	**	**	**	**	**
彩	**	**	**	**	**	N.S.
はぎのかおり	**	**	**	**	N.S.	**
ササニシキ	**	**	**	**	*	**
関東161号	N.S.	**	N.S.	N.S.	N.S.	**
サリークイーン	**	N.S.	**	**	N.S.	**
つ系180	N.S.	*	N.S.	N.S.	N.S.	**
北陸147号	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	**
北陸149号	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	**
ホシユタカ	**	**	N.S.	N.S.	**	**
西海187号	**	**	*	**	**	**
西海191号	N.S.	N.S.	*	*	**	**

*は5%有意水準, **は1%有意水準を表す

表5 動的粘弾性パラメータと官能検査項目間の相関

	G'	G''	$\tan \delta$	かたさ	粘り	滑らかさ
G'	1.000	0.722**	-0.708**	0.817**	-0.652**	-0.718**
G''		1.000	0.045	0.476*	-0.158	-0.349
$\tan \delta$			1.000	-0.664**	0.855**	0.740**
かたさ				1.000	-0.473*	-0.451*
粘り					1.000	0.895**
滑らかさ						1.000

*は危険率5%, **は危険率1%を表す

線で付記した。表に示したように、危険率 20% における両側 t 検定では、どちらの関係も年度間差が有意ではないことから、これらの回帰直線の傾きには類似性があると考えられる。以上の結果から、本研究においては官能評価と米飯の動的粘弾性との対応関係は試験年度に依存せず、再現性が保たれていることが示された。

(3) 外れ値¹¹⁾の影響

図 2 においては「ホシユタカ」が外れ値となっており、回帰結果にも大きな影響を与えている可能性が示唆された。そのため、図 2 のデータについて「ホシユタカ」を除いて回帰計算を行い、その影響を調べた。表 7 には、単回帰の結果と回帰係数の年度間差を検定した結果を示し、回帰直線を図 2 に太線で付記した。表 6 と比較する

と、標準誤差が減少し、回帰係数・定数ともに年度間差が小さくなっている。また、回帰係数の年度間差の t 値も大幅に低下しており、危険率を大きく見積もっても差が有意にならないことがわかる。したがって図 2 に関しては、「ホシユタカ」が外れ値となってデータ全体の傾向を大きく左右していることが明らかとなった。さらには、外れ値がなければ「粘り」- $\tan \delta$ の対応関係には高い再現性のあることが示された。

(4) 回帰からのズレの要因

図 1 (b) の「つ系 180」や「サリークティーン」の場合、粒形が細長いことから、形状要素も「かたさ」に影響している可能性が考えられる。物体の力学的特性を決める定数は物質定数と物体定数に分けられ¹²⁾、前者は G' の

図 1 「かたさ」と G' の対応

—: 回帰直線

図 2 「粘り」と $\tan \delta$ の対応

—: 回帰直線

—: ホシユタカを除いた場合の回帰直線

表6 関連項目・産出年度ごとの回帰分析結果

関 連 項 目	産年度	相関係数 (r)	決定係数 (r^2)	標準誤差	回帰係数	回帰定数
G' - 「かたさ」	3年度	0.829	0.687	0.340	7.31 E-06	-2.115
	4年度	0.844	0.713	0.475	8.64 E-06	-2.768
tan δ - 「粘り」	3年度	0.801	0.642	0.565	17.262	-5.505
	4年度	0.910	0.828	0.466	20.988	-6.700

回帰係数の年度間差の t 値

G' - 「かたさ」: $t = 0.922 < t(24, 0.2)$

tan δ - 「粘り」: $t = 0.812 < t(24, 0.2)$

危険率 20% の t 分布パーセント点: $t(24, 0.2) = 1.318$

表7 単回帰分析結果 (ホシユタカをのぞいた場合)

関 連 項 目	産年度	相関係数 (r)	決定係数 (r^2)	標準誤差	回帰係数	回帰定数
tan δ - 「粘り」	3年度	0.825	0.681	0.495	27.121	-8.602
	4年度	0.885	0.784	0.442	25.837	-8.274

回帰係数の年度間差の t 値: $t = 0.187 < t(22, 0.2)$

危険率 20% の t 分布パーセント点: $t(22, 0.2) = 1.321$

ように形状に無関係な定数で、後者は物質定数と形状要素との積によって表される。人間が物体を指で押したときに感じる力学的特性は、指が触れている範囲より物体が十分大きければ、変形範囲はほぼ一定（触れている範囲だけ）とみなせるため、物質定数が支配的となる。しかし、板状の物体を両腕で曲げる場合を考えると、板の広がり方向に曲げるのは厚みの方向に曲げるよりも大きな力が必要であることから、物体定数が支配的となることがわかる。したがって、炊飯粒の場合も同様に口腔中で粒全体に力が加わることから、「かたさ」の感覚は物体定数の影響を受けている可能性があることが示唆された。

一方、口腔内で感じる米飯粒の「粘り」は、そしゃくの初期に米飯の塊が粒単位にはぐれていく際の感覚と、そしゃくの進行にしたがって粒がつぶれて糊状になることにより生じる感覚の複合したものと考えられる。これを米飯粒の構造からみると、前者は粒表面の粘りが関与し、後者は粒内部の粘りが関与していると言える。本研究では、試料表面を測定器に固定した状態で動的粘弾性を測定しているため、内部特性だけを測定していると考えられる。したがって、図2のような回帰からのズレは表面特性が測定値に反映されないことに由来する可能性がある。

要 旨

米飯の動的粘弾性と官能評価との関連、ならびに検査試料の同一性について検討するため、平成3～4年度産の18種類の粳米を用いて官能検査を行うと同時に、供試米飯から採取した米飯粒の動的粘弾性測定を行った。産出年度の違いによる測定値変動や、動的粘弾性パラメータと官能評価項目間の相関を検討した結果、次のような知見が得られた。

(1) 官能検査を繰り返した際の米飯試料の品種特性の再現性を動的粘弾性の面から調べた結果、tan δ では再現性が認められたが、他のパラメータは再現性が低かった。

(2) 平成3～4年度産の日本晴とコシヒカリの機器測定結果から、コシヒカリでは5%有意水準で年度間差が認められたのに対して、日本晴では差が認められなかった。また、日本晴・コシヒカリ両品種と他の品種との測定値による有意差は、tan δ では5%有意水準で差が認められたが、G', G'' では差の認められない品種が多かった。

(3) 2年間にわたって行った官能試験と動的粘弾性測定の結果を総合して相関を調べた結果、tan δ と「粘り」では0.855、G' と「かたさ」では0.817の相関が見られた。また、G'' はどの評価項目とも関連しないことが明ら

かとなった。

(4) 動的粘弾性パラメータ相互の相関は、 $\tan \delta$ と G' では -0.708, G' , G'' では 0.722 の相関がみられ、 G' と $\tan \delta$ では無相関であった。

(5) 産出年度ごとに G' と「かたさ」、および $\tan \delta$ と「粘り」の単回帰式を求め、各回帰係数の産出年度間差について有意差検定を行った結果、危険率 20% でも有意な差は認められなかった。

本研究に供試した新形質米育成系統を提供して頂いた農業研究センター、北海道、東北、北陸、中国、九州各農業試験場に感謝申し上げます。また、官能検査にご協力頂いた食品総合研究所職員の皆様に御礼申し上げます。

なお、本研究は農林水産省の「新形質米」プロジェクト予算により実施され、成果の一部は日本食品工業学会第 41 回大会 (1994 年 3 月、東京) において発表した。

文 献

- 1) 吉井洋一・乙部和紀・杉山純一・菊池祐二：日食工誌, 40, 236 (1993).
- 2) 乙部和紀・吉井洋一・杉山純一・菊池祐二：日食工誌投稿中.
- 3) 杉山純一・黒河内邦夫・堀内久弥：日食工誌, 37, 61 (1990).
- 4) 嶋 浩・長野真之：米麦改良, 1, 29 (1990).
- 5) 日本食品工業学会, 食品分析法編集委員会：食品分析法 (光琳, 東京), p. 42 (1982).
- 6) 廣崎昭太：応用統計ハンドブック編集委員会編 応用統計ハンドブック, (養賢堂, 東京), p. 222, p. 115 (1978).
- 7) 食糧弘報, 42 (2), p. 18 (1992).
- 8) 佐藤 信：官能検査入門, (日科技連, 東京), p. 247 (1978).
- 9) 内藤成弘・小川紀男・山本博道：第 194 回日本作物学会講演要旨・資料集, p. 43 (1992).
- 10) 内藤成弘・小川紀男：日作紀, 63 (4), 569 (1944).
- 11) 市川伸一・大橋靖雄・岸本淳司・浜田知久馬：SAS によるデータ解析入門第 2 版, (東京大学出版会, 東京), p. 95 (1993).
- 12) 中川鶴太郎・神戸博太郎：レオロジー, (みすず書房, 東京), p. 541 (1959).

(平成 6 年 6 月 1 日受理)