

味覚と運動

—官能検査手法の検討 第2報 閾値の解析方法について—

玉木 雅子 鵜飼 光子

Effect of exercise on taste with reference to the method
of sensory evaluation
—Analytical procedure of threshold—

Masako TAMAKI and Mitsuko UKAI

Abstract

Analytical procedure of sucrose threshold was studied. Threshold was measured by the method of limits. Analyzing of these ranked data, some procedures were applied such as Triangle test, calculation of Geometric mean and Logistic analysis. The results are as follows.

- 1) There was no variation in the values evaluated by Triangle test and Logistic analysis using computer.
- 2) Threshold evaluated by calculation of Geometric mean was not correct, because the value varied with the technique of the method of limits.
- 3) Logistic analysis using computer evaluated correct threshold and the fiducial limits.

Key word : Threshold, Sensory evaluation, Method of limits, Triangle test, Geometric mean, Logistic analysis

キーワード：閾値 官能検査 極限法 三点識別試験法 幾何平均 ロジスティック解析

はじめに

一般に、疲労時には甘味を要求するといわれるように、運動をすることにより、甘味に対する嗜好や味覚が変動するであろうことは十分に予想される。嗜好について筆者らは、運動後には平常時に比べて甘味の強い溶液を好むことを確認したが¹⁾、味覚の変動については検索中である。運動前後の味覚の変化を知るためには、運動負荷を伴う実験における官能検査手法の確立が必要である。このことについて筆者らは、3点識別法と極限法について検討し、極限法による閾値の測定が、運動前後の測定に有効な手段になりうることを既に報告

した²⁾。

極限法は、味覚閾値の測定方法として一般的な手法であるにもかかわらず、解析方法は一定しておらず、いろいろな報告例がみられる^{3)~5)}。従来の解析方法⁶⁾⁷⁾は、正規確率紙を用いたグラフの作成、正規分布表、重み係数の表、及び仮の作業偏差値の数値表等、有効数字が4~5桁の何枚にもわたる数値表の読み取り、加えて、多くは有効数字10桁の数値を用いた計算を、繰り返し行うという大変煩雑なものである。このことは、極限法が、実験方法としては採用されるにもかかわらず、統計的な閾値の解析に至らない報告が多い要因だと考える。

筆者らは、前報²⁾において、各濃度における正

判断率から偶然による確率を差し引いた補正値を基に、ロジスティック解析（統計ソフト STATISTICA を用いた）を行い、閾値を求めた。補正方法は従来⁶⁾の方法に従った。しかし、その後の実験から、この方法では対応できない結果が得られ、補正方法は必ずしも適切ではないと判断した。また、運動前後での閾値を比較するためには、閾値を点で求めるだけでなく、ばらつきの幅をも求めることが望ましいと考えた。これらの点を解決するために、統計ソフト SAS を用いて専用のプログラムを組み、新たに閾値の解析を行った。本報告では、実際の実験で得られたいくつかのデータをもとに、SAS による解析結果に加え、丸山³⁾、田口⁴⁾、および石田⁵⁾を参考にした手法、及び前報の手法²⁾による解析結果をそれぞれ示すことにより、閾値の解析方法の検討をするとともに、運動前後の閾値の測定に有効な解析方法について検討するものである。

方 法

1) 実験方法

前報に準じ、3点識別法を用いた極限法を、下降系列的に行った。試料は、0.688%、0.344%、0.172%、0.086%、0.043%、0.0215%のショ糖溶液である。被検者は本短大生で、43人ずつの異なる4つの集団（A～D）とした。

2) 解析方法

(1) 3点識別法の検定表による閾値の決定

3点識別試験法は、2種類の試料間の差を正しく識別することができるかどうか、また各被検者に識別する能力があるかどうかの検討を目的とした試験法である。n回の判定で正しく判定できた度数を数え、3点識別試験法検定表の値に等しいか、または大きいとき、2種の試料を識別する能力があると判定される。本実験では、被検者数が43人であったため、正解者が21人以上であれば、この集団には危険率5%で、識別能力があると判定される。正解者数が23人なら1%、25人なら0.1%の危険率で同様の判定がされる。極限法では、これを下降系列的に行うため、検査が進み、試料濃度が薄くなれば、

正しく判断できる者の人数は減っていく。この様にして、被検者の集団が識別能力を持つと判定される最低濃度を、その集団の閾値と考える方法である。ただし、判定は高濃度の試料から行い、ある濃度で能力がないと判定された場合は、それよりも低濃度で判定能力が認められても、それを閾値とせず、最初に判定能力がないと判定された1段階高濃度を閾値とした。

(2) 個人の閾値の決定とその幾何平均値

個人の閾値は、連続して正解した時の最低濃度とした。例えば、0.688、0.344、0.172、0.043%の試料については正しく判別できたが、0.086、0.0215%の試料については判別できなかった場合、その閾値は0.172%となる。最高濃度の0.688%でも正解できなかった者は1.376%、6試料全て正しく判断できた者は0.0215%と閾値を仮定した。集団の閾値はその幾何平均値とした。

(3) 従来⁶⁾の方法による閾値の解析

統計ソフト STATISTICA (Stat Soft, Inc.) のプログラムに当てはめて、ロジスティック解析を行った。偶然による確率の補正方法は、官能検査ハンドブック⁶⁾および山口⁷⁾に紹介されている以下の2方法に従った。

i) 本実験の極限法では、3点識別試験法を用いているため、偶然でも1/3の正解を得ると考えられている。そこで、アボットの補正式

$$p_u = p_o + P_u (1 - p_o)$$

P_u : 感覚的基礎に立った正しい判断の出現率

p_o : 当て推量の判断の出現率

p_u : P_u と p_o の両者が混在している、判断Uの実測出現率

に $p_o = 1/3$ を代入して導いた補正式

$$P = (3P' - 1) / 2$$

P : 真の正判断率

P' : 見かけの正判断率

を用い、実測値（見かけの正判断率； P' ）を補正して、真の正判断率（ P ）を算出した。

この場合、閾値は、横軸を濃度としたときに真の正解率（ P ）が描くロジスティック曲線が、 $P = 1/2$ となるときの濃度として求め

られる。

補正式は、偶然でも1/3の正解を得るという前提に基づいたものであるが、実際の実験では、正判断率が1/3以下になることもあり、その結果、真の正判断率がマイナス値を持つという矛盾が生じた。確率がマイナス値をとることは不自然であるが、この値を0に置き換えることは、見かけの正判断率を上げる操作でもある。マイナス値の扱いが及ぼす閾値への影響を調べるために、次の3通りについて解析を行った。①マイナス値をそのまま扱う。②マイナス値を0に置き換える。③マイナス値のデータは捨てる。

ii) 補正をせずに実測値で描いたロジスティック曲線が $P=2/3$ となるときの濃度を閾値とする方法である。つまり、偶然でも1/3の正解を得られるのなら、正解率は1/3~1の範囲で存在するはずなので、閾値はその中心、つまり $P=2/3$ となる点に存在するという考え方である。

(4) 統計ソフトSASを用いたロジスティック解析
統計ソフトSAS(Statistical Analysis System)を用いて、偶然による確率の補正をも含めた解析を行った。このプログラムでは、実測値(見かけの正判断率)を用いながら、真の正判断率と濃度の関係を解析することができ、事前の補正作業を必要としない。また、ロジスティック曲線の95%信頼区間をも求めることができた。

3) 結果および考察

(1) 3点識別法の検定表による閾値の決定

A~Dの4集団に対して極限法を行ったときの各濃度での正解者数をTable 1に示した。判別能力があると判定される最低濃度を集団の閾値と考え、Table 2のような結果が得られる。危険率0.1%で判定した結果では、閾値は $A(0.344) > B=C=D(0.172)$ 、危険率5%では $B(0.172) > A=C=D(0.086)$ となり、危険率の基準によりA~D間で異なる傾向が得られてしまった。実際の実験では、必ずしも高濃度の方が正判断率が高いとは限らず、試料濃度と正判断率の関係に逆転が生じることもあ

たので、この様なばらついた結果が得られたものと考えられる。このばらつきを小さくするためには、検体数、被検者の質等に関する条件の検討が必要であろう。また、この方法では閾値が設定濃度のいずれかに強制的に振り分けられてしまうため、閾値の変化が試料間の濃度の差よりも小さい場合には、差がないと判定されてしまう。これを解決するためには、濃度の差を狭く設定し、1段階ごとの差を収縮すればよいのだが、そのためには、被検者が数多くの試料を検査しなければならず、方法の煩雑化のみならず被検者の疲労が予想され、適切な測定方法とはいえない。

Table1 Number of correct answer in method of limits

Sucrose(%)	(n=43)			
	A	B	C	D
0.688	42	37	41	41
0.344	34	33	34	34
0.172	21	29	29	27
0.086	22	19	23	24
0.043	13	24	14	17
0.0215	15	17	20	15

Table2 Analysis of threshold (1)

Error (%)	Sucrose Threshold (%)			
	A	B	C	D
0.1	0.344	0.172	0.172	0.172
1	0.344	0.172	0.086	0.086
5	0.086	0.172	0.086	0.086

(2) 個人の閾値の分布およびその平均値

集団A, B, C, Dについて、個人の閾値の分布と、その幾何平均値(集団の閾値と考える)をFig. 1に示した。すでに述べたとおり、本解析では、設定試料の最高濃度でも正しく判別できなかった者の閾値は便宜的にその2倍の濃度とし、全て判別できた者の閾値は実験条件における最低濃度としたため、この手法を適応して閾値を正確に求めるためには、まず、試料

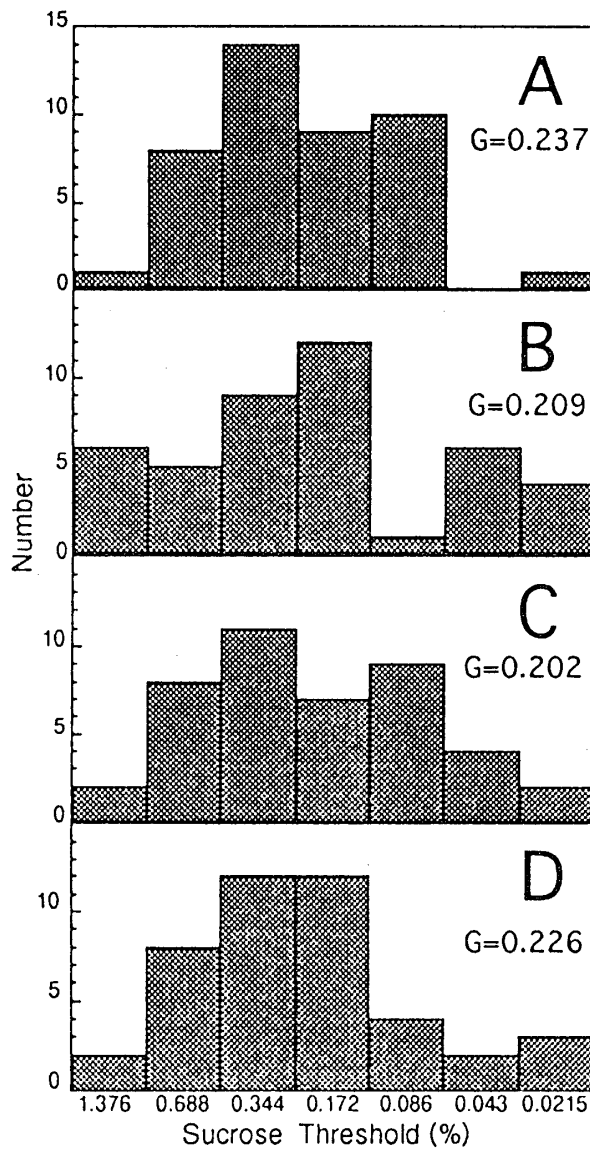


Fig.1 Distribution of sucrose threshold
G : Geometric mean

濃度の幅を増加することが望ましい。また、(1)と同様、試料数の増加も必要と考えられる。

3点識別法や、一対比較強制選択法では、偶然でも1/3あるいは1/2の正解が得られるはずなので、閾値の解析のためには適切な補正が行われるべきである。本解析方法のように個人の閾値を求める場合には一人が受ける検査回数が多い方が望ましい。石田ら⁹⁾は、同じ試料に対する検査を2回ずつ行うことにより、偶然による影響を小さくしており、被検者も、内容をよく理解している8名とし、9週間にわたって12回ずつの検査を受けさせ、個人の閾値をその平均値とすることで、データーの正確さを高めている。

Table 1に示したデーターは、集団の閾値を求めるために組まれた実験の結果であり、石田ら⁹⁾が行ったような個人の閾値のばらつきに対する考慮はされていないので、この方法をそのまま適応させることは適切ではないと考えた。

(3) ロジスティック解析による閾値の決定

正判断率とその補正値をTable 3に示した。偶然でも1/3は正解することを前提として補正を行ったが、実際の実験では1/3以下の判断が出現し、補正正判断率がマイナス値をとる場合が生じてしまった。

Fig. 2およびTable 4に、集団Cを例として、方法I、IIによる解析結果を、Fig. 3には方法I-②、Fig. 4およびTable 5には統計ソフトSASを用いたロジスティック解析の結果を、集団A~Dについて示した。

Table3 Probability of correct answer in method of limit

Conc. (%)	Apparent probability				Probability			
	A	B	C	D	A	B	C	D
0.688	97.7	86.1	95.4	95.4	96.5	79.1	93.0	93.0
0.344	79.1	76.7	79.1	79.1	68.6	65.1	68.6	68.6
0.172	48.8	67.4	67.4	62.8	23.3	51.2	51.2	44.2
0.086	51.2	44.2	53.5	55.8	26.7	16.3	30.2	33.7
0.043	30.2	55.8	32.6	39.5	-4.7	33.7	-1.2	9.3
0.0215	34.9	39.5	46.5	34.9	2.3	9.3	19.8	2.3

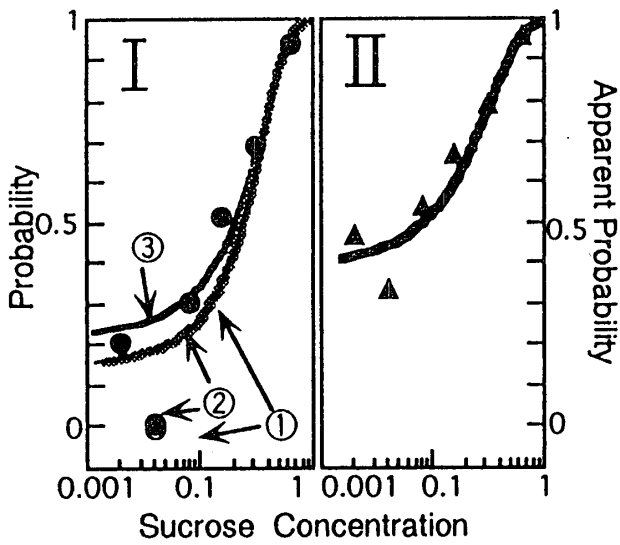


Table4 Analytical example of threshold (1)

	Threshold (I)			Threshold (II)
	①	②	③	
A	0.280	0.278	0.271	0.246
B	0.291			0.263
C	0.242	0.240	0.213	0.213
D	0.252			0.222

Fig.2 Corrective method and logistic curve

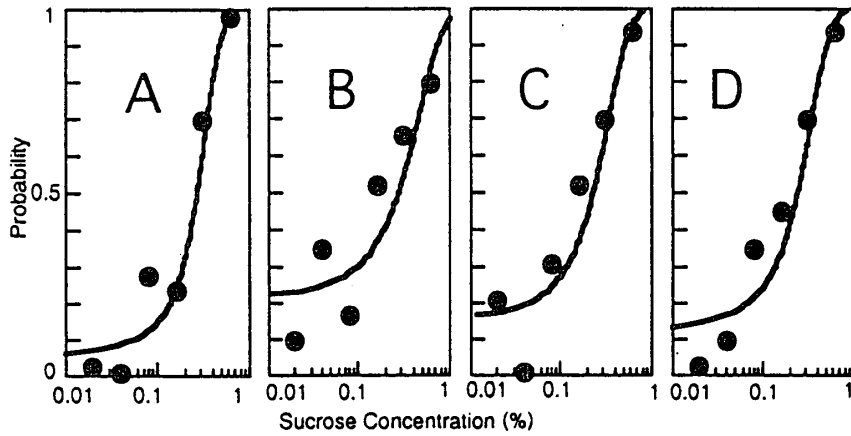


Fig.3 Logistic curve of usual method

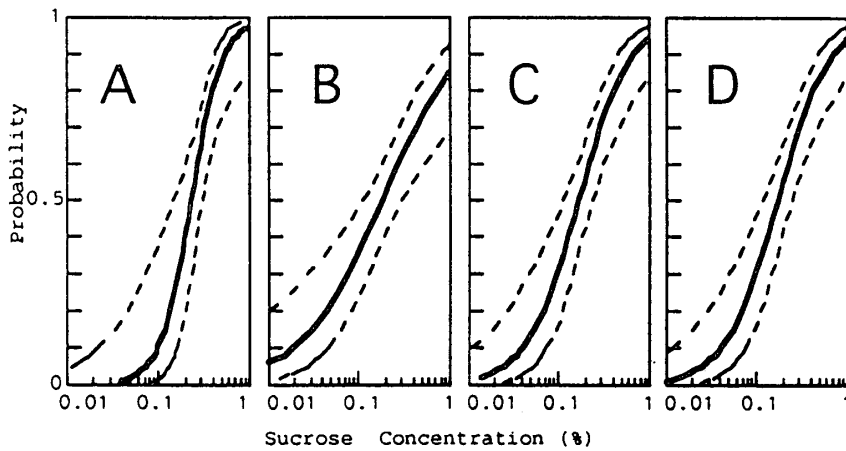


Fig.4 Logistic curve and 95 percent fiducial limits

— Expected value
 - - - -95 percent fiducial limits

Table 4からわかる様に、方法 I、II、および①～③で得られた閾値は、一致しなかった。①～③に現れた差は、Fig. 2で見られる様に、低濃度部分での値が低くなると、曲線全体の勾配が変化するために生じた差である。方法 I と II では、一見同じ結果が得られそうに思えるが、実際には得られた閾値は異なった。事前に補正された補正正判断率が描くロジスティック曲線と、見かけの正判断率が描くロジスティック曲線では、得られる閾値が一致しないことが分かった。また、どちらの値も、SASで得られた閾値とは一致しない。これらの差が生じる原因は、I および II が、正しく解析されていないからであると考えられる。ロジスティック解析とは、縦軸の中央、つまり $P=1/2$ に近いほどばらつきが大きく、 $P=0$ または $P=1$ に近いほどばらつきが小さいことを前提とした解析方法である。しかし、事前の補正により算出された P' はこの性質が異なる。従って、性質の異なる補正值 P' をロジスティック解析に当てはめた I の方法は正しく解析されなかったことになろう。II の方法で得られた結果は、Table 5 に示した 95% 信頼区間の範囲内ではあるが、高めの値である。低濃度では $P=1/3$ に近づく曲線を描く本データを、ロジスティック解析に当てはめることから、ゆがみが生じたものと考えられる。

Table 5 Analysis of threshold(2)

	Sucrose Threshold	95% fiducial limits
A	0.240	0.147~0.305
B	0.186	0.110~0.296
C	0.172	0.112~0.235
D	0.177	0.116~0.243

以上のように、3点識別試験法の結果のような偶然による確率を含んだデータを用いてロジスティック解析を実施するには、適切な補正が必要であるが、データを事前に補正すべきではなく、専用のプログラムを用いた解析が望ましいと結論した。

(4) 解析方法による閾値の比較

Fig. 5 に全ての解析結果を示した。SASによる解析結果を基準として比較すると、従来の方法をロジスティック解析に当てはめて得られた値は、高めでばらつきも大きく、解析が適切に行われていないことが確認され、補正方法の重要性が示唆された。

3点識別試験法検定表により危険率0.1%において決定した閾値と、幾何平均値として求められた閾値の2つは、SASで求められた閾値と大きく離れてはいない。なかでも検定表による

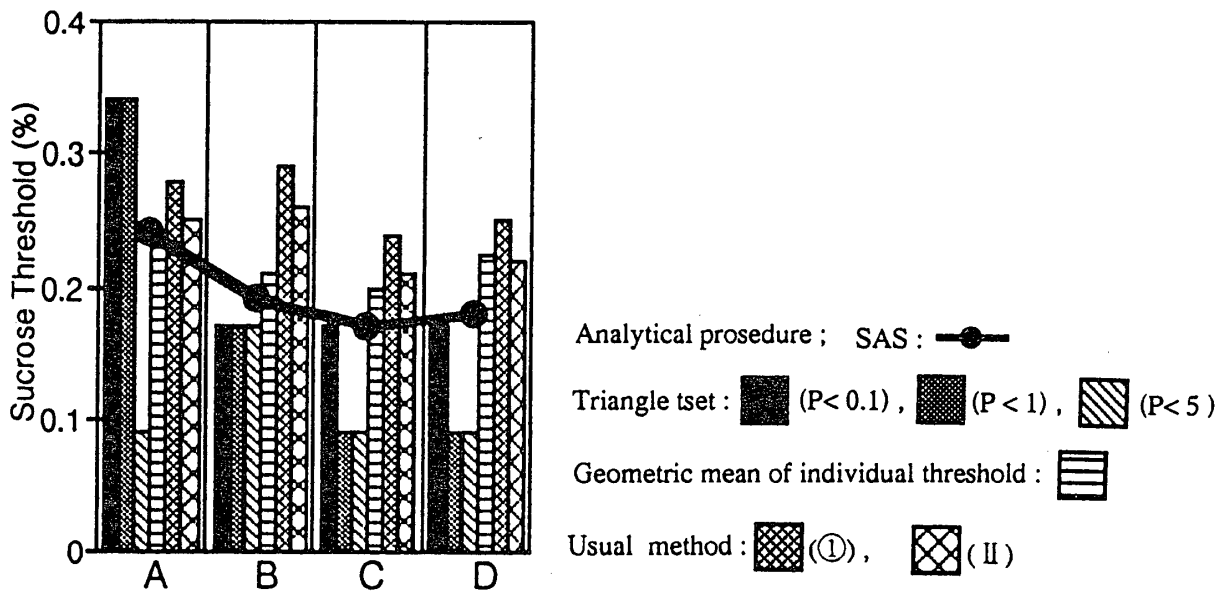


Fig.5 Analytical proedure and threshold

閾値は、Aの値はかなり高いが、 $A > B \approx C \approx D$ という傾向をよく表している。前述したように、この方法では、閾値が設定試料の濃度に振り分けられるので、Aでは、1段階の違いがこのように大きな差として表れたものである。濃度の設定が適切であれば、3点識別試験法検定表による閾値の解析は、簡便でかつ有効に傾向を表す方法である可能性が示唆されたが、このことを確認するには数多くの解析例が必要である。

ま と め

シヨ糖溶液を試料に、3点識別法を用いた極限法の実際のデータをもとに、閾値の解析方法を検討した。

3点識別試験法検定表による判定では、データのばらつきによる影響が大きく、得られる値がおおまかであることから、運動前後の味覚の変化を求めることを目的とする筆者らの実験の解析方法としては適当でないと判断していたが、今回の解析例に限れば、危険率を0.1%に狭めた場合にはSASで得られる閾値の傾向に近似した結果を示しており解析方法として信頼しうると考えた。ただ、両者の相関性については更に検討を加えることが必要であり、今後の課題である。

個人の閾値を決定し、その幾何平均からも閾値を求めることができたが、この値の信頼性を高めるためには、実験方法自体の検討が必要と考えた。

ロジスティック解析を行うには、偶然による確率に対する適当な補正が必要であり、補正も組み

込んだ、専用のプログラムを用いることで、信頼性の高い閾値を求めることができた。

本研究に際し、東京理科大学工学部芳賀敏郎教授に多大なご指導を賜りました。ここに深謝申し上げます。また、統計ソフトSASの使用に当たっては、(株)SASインスティテュート ジャパンのエンジニア奥山真一郎氏にご便宜をはかっていただきました。感謝申し上げます。

参 考 文 献

- 1) 溝井雅子 鵜飼光子：甘味に対する味覚と運動 家政学会第46回大会研究発表要旨集174 (1994)
- 2) 溝井雅子 鵜飼光子：味覚と運動—官能検査手法の検討— 武蔵丘短期大学紀要2号 27—34 (1994)
- 3) 丸山郁子 山口静子：味わい方と味覚：特にうま味を中心として 第24回官能検査シンポジウム発表報文集 181—186 (1994)
- 4) 田口田鶴子 岡本洋子：老年期の人々の甘・酸・塩味に対する嗜好傾向と味覚閾値 家政誌 41 6 501—516 (1990)
- 5) 石田裕美 菊池正一他：若年成人女子における亜鉛およびビタミンA栄養と食塩に対する味覚 栄食誌 46 1 23—31 (1993)
- 6) 印東太郎 小谷津孝明：「新版 官能検査ハンドブック」日科技連官能検査委員会編 日科技連出版社 東京 (1973) pp398—418
- 7) 山口静子：官能検査 調理科学 20 1 26—32 (1987)