

近赤外分光法による冷麺の品質評価

遠山 良*、米倉 裕一**、斉藤 博之***、
大澤 純也**

冷麺をセルの長さに合わせて17cmに切断し80gを測定用セルに充填することにより、冷麺の近赤外スペクトルを得ることができた。測定の精度は反射の方が透過スペクトルよりも高かった。小麦粉やでんぷんの種類や配合量を変えて測定した原スペクトルを主成分分析した結果、第1第2主成分を用いた座標により、使用した原料の種類や量を識別可能であった。テンシプレッサーにより測定した冷麺のテクスチャー測定値を従属変数とし、近赤外スペクトルの2次微分値を独立変数とした解析を行った結果、重回帰分析並びにPLS回帰分析により、麺のテクスチャーの予測はある程度可能と考えられた。

キーワード：冷麺、近赤外分光法、主成分分析、PLS回帰分析、重回帰分析

Evaluation of the Quality of "Reimen" (Korean noodle) by Near Infrared Spectroscopy

TOYAMA Ryo, YONEKURA Yuichi, SAITO Hiroyuki,
and OHSAWA Junya

Infrared spectra of "Reimen" were obtained with the cell for analysis, packed with 80g "Reimen" that was cut off 17 cm long, adjusted to the length of the cell. Reflectance spectra were more accurate than transmittance spectra. The kind or amount of ingredients of "Reimen" were distinguished each other, in the coordinates by 1st and 2nd principal component which was extracted by principal component analysis from the infrared spectra of various "Reimen", made from various kind and amount of wheat flours and starches. It was concluded that multiple regression analysis or PLSR(partial least squares regression) analysis could predict the texture of "Reimen" to a certain extent, by using the noodle texture analyzed by tensipresser as dependent variables, and the 2nd derivatives of infrared spectra as independent variables.

key words : "Reimen", infrared spectroscopy, principal component analysis, PLSR, multiple regression analysis

1 結 言

近赤外分光法は非破壊で食品の成分を迅速に分析する方法であり、小麦等の穀類のたんぱく質、脂質等の化学成分を分析する方法として開発された¹⁾²⁾が、近年では果物の糖度や硬度³⁾、そば粉の配合割合⁴⁾、でんぷんの糊化度⁵⁾、小麦粉の加工適性の判定⁶⁾⁷⁾等、必ずしも単一

の化学成分に帰着しない食品の性質の分析への応用も試みられている。一方冷麺はその原料となる小麦粉やでんぷんの種類や配合量により品質や特性が大きく異なる⁸⁾~¹²⁾食品である。冷麺の品質はテクスチャー等の物性と色調などの外観が重要であるが、それらを評価するには、

* 食品開発部
** 応用生物部

*** 企画情報部

テンシプレッサーによる物性測定や色差計による色調の測定⁹⁾¹⁰⁾が官能検査^{9)~12)}と並行して実施されてきた。しかし、これらの方法は、時間や人手がかかるという欠点がある。そこで、冷麺の品質評価をより迅速に行うために、近赤外分光法による冷麺の原料配合の識別やテクスチャーの予測可能性について検討した。

2 実験方法

2-1 供試試料

(1)測定方法の検討に使用した冷麺は、パレイショでんぷんと小麦粉(中力粉)の配合比率を1:9~9:1まで9段階変化させて試作した試料を用いた。

(2)主成分分析による識別と物性値の予測には以下の2通りの試作試料を合併して分析に供した。

試料グループA:でんぷん(パレイショ、サツマイモ、キャッサバ、トウモロコシ、エステル化パレイショ)と小麦粉(中力粉、準強力粉、強力粉)の種類と配合量(でんぷんと小麦粉の比率それぞれ3:7、4:6、5:5)を変えて試作した冷麺、押し出し用ダイは穴径1.1mmを使用。全ての試料は加熱殺菌処理済み。試料数は18試料。

試料グループB:冷麺用でんぷんとしてパレイショでんぷん、小麦粉には中力粉を使用し、その配合比率をそれぞれ4:6と6:4、アルカリ剤としてかん粉溶液、重曹粉末、重曹の溶液を使用しそれぞれについて、0.5と1.0%の2段階、また、エクストルーダによるメインスクリュ回転数を300rpmと900rpmの2段階に変化させた試料、ダイは穴径1.1mmを使用。全ての試料は加熱殺菌処理済み。試料数は24試料。

(3)近赤外分光法による物性値の予測には試料グループBの他に以下の試料を分析に供した。

試料グループC:Bと同様の原料配合の生地を使用して、ダイの穴の径1.5mmを使用して麺線とした。メインスクリュの回転数もBと同様に2段階に変化させて試料を調製した。全ての試料は加熱殺菌処理済み。試料数は24試料。

試料グループD:パレイショでんぷんと中力粉の比率を6:4の割合で使用し、アルカリ剤の有無(重曹使用、無添加試料)、加水量(50、55、60%)、ミキシング方法(縦型ミキサー、真空ミキサー)、緑豆でんぷんの使用等の処理条件を変えて試作した試料について加熱殺菌処理前(試料DB:13試料)と加熱殺菌処理後(試料DA:13試料)の26試料に、加熱処理による効果(包装後の

加熱処理を無処理、55、75、85、95℃と変化させた試料を、パレイショでんぷんと中力粉の比率を6:4と4:6に変えて試作した試料についてそれぞれ2種類)10試料を加えた36試料を用いた。ダイの穴の径は1.5mmを使用した。

2-2 近赤外スペクトル測定および解析条件

使用機種:NIRSystems 6500(樹ニレコ製)

使用セル:粒状/高油/高水分用大型セル、(Coarse sample、測定範囲3/4)

測定波長:400~2500nm 反射測光、透過測光

測定方法:冷麺をセルの大きさに合わせて17cmの長さで裁断し、80g採取してセルに入れて測定した。測定は1試料について麺の上下を逆になるように試料を入れ替えて2回繰り返し測定した。

使用プログラム:重回帰分析とPLS回帰分析(partial least squares regression)にはNSASを使用し、2次微分スペクトルにより解析した。主成分分析にはPCA software(Scottish Crop Research Institute)を使用した。

解析に使用した波長:測定方法の検討では400~2500nmの測定波長領域を全て使用した。主成分分析では、原スペクトルと2次微分スペクトルのそれぞれについて、700~1350nmと400~1350nmの2通り使用した。物性測定値を従属変数とした解析では重回帰分析の場合、第1波長を700~1350nmで選択した後、第2、第3波長は400~2500nmまで自動選択した。同様の試験でPLS回帰分析では700~1350nmで解析した。

2-3 麺の物性測定

テンシプレッサー(樹タケトモ電機)を使用して茹麺の圧縮試験を実施した。麺100gを1リットルの沸騰水中(2φコニカルピーカーを使用)で2分間(1.1mmダイ試料)または3分間(1.5mmダイ試料)茹たのち、直ちに水中で冷却水切りを行い、23℃の恒温水中に3分間保持した後測定を開始した。測定は10回繰り返し行い茹直後と1時間後の2回測定した。試料は測定実施中23℃の水中に保持し、室温も23℃に保持して測定した。

3 結果および考察

3-1 近赤外スペクトル測定条件の検討

図1にパレイショでんぷんの配合量を変えて試作した冷麺を、高水分用大型セルにより透過法と反射法で測定

近赤外分光法による冷麺の品質評価

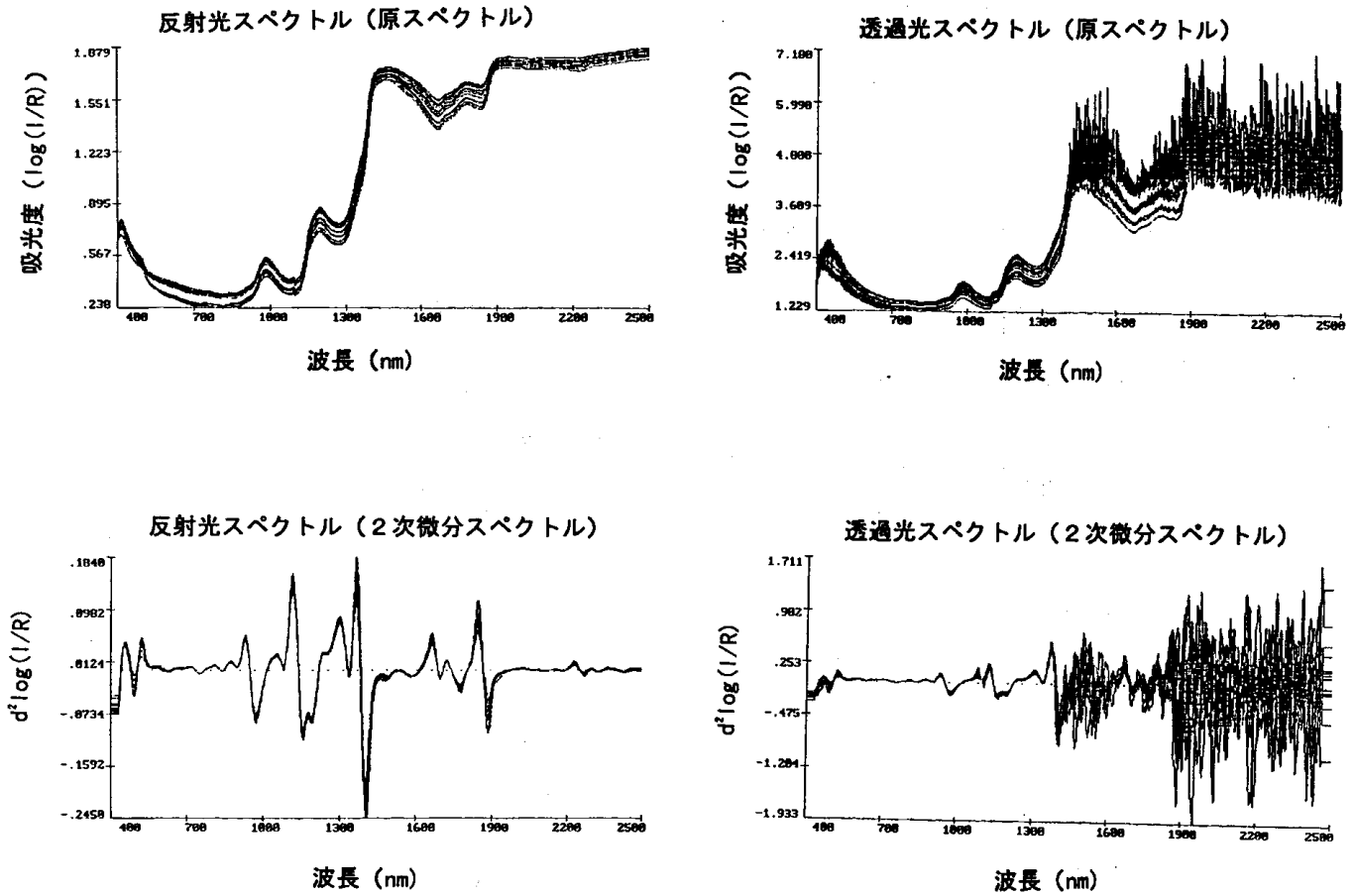


図1 バレイショでんぶん配合量を変えて試作した冷麺の透過光スペクトルと反射光スペクトルの比較

表1 近赤外分光法による冷麺のバレイショでんぶん配合量の予測（反射法と透過法の比較）

反射法			透過法		
定数	波長	単相関	定数	波長	単相関
K(0)= 53.4			K(0)= 154.448		
K(1)=-5308.5	1825	-0.981	K(1)=18043.460	1022	0.916
K(2)= 9638.8	1728	-0.832	K(2)= 3669.968	956	0.724

(標準誤差 : 1.55, 重相関係数 : 0.9977)

(標準誤差 : 4.89, 重相関係数 : 0.9762)

表2 スペクトルの採取方法と各主成分の寄与率

主成分	原スペクトル		2次微分スペクトル	
	700~1350nm	400~1350nm	700~1350nm	400~1350nm
1	96.0	79.9	89.3	61.6
2	3.2	15.7	4.3	22.9
3	0.7	3.0	2.8	7.5
4	0.0	1.0	1.3	2.3
5	0.0	0.3	0.8	1.4

表3 各主成分と官能検査値及びでんぷん含量との相関 (原スペクトル、400~1350nm)

主成分	寄与率	好み		強度		総合	色	風味	でんぷん含量
		硬さ	弾力性	硬さ	弾力性				
1	79.9	-0.328	-0.468	-0.512	-0.668	-0.293	-0.229	-0.229	-0.575
2	15.7	-0.150	-0.238	-0.204	-0.278	-0.251	-0.369	-0.340	-0.131
3	3.0	-0.100	0.137	-0.189	0.092	-0.023	-0.445	0.089	0.287
4	1.0	0.044	0.029	0.076	-0.008	0.024	0.297	0.030	-0.380
5	0.3	0.226	0.212	0.333	0.230	0.248	0.366	0.041	0.007

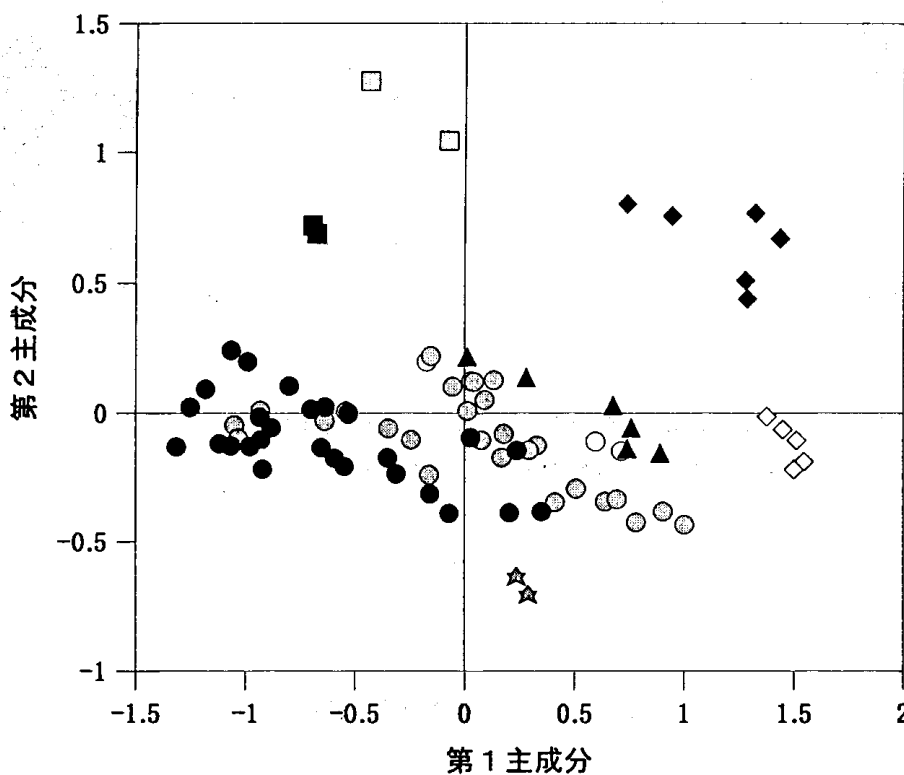


図2 近赤外スペクトルの主成分分析による各種冷麺の散布図

- ハレショでんぷん30、中力粉70
- ハレショでんぷん40、中力粉60
- ハレショでんぷん50、中力粉50
- ハレショでんぷん60、中力粉40
- ▲ キョウハでんぷん、中力粉
- ◇ コーンスターチ、中力粉
- ハレショでんぷん、準強力粉
- ハレショでんぷん、強力粉
- ☆ ハレショエスワル、中力粉
- ◆ サワヤでんぷん、中力粉

表4 重回帰分析とPLS分析による冷麺物性値の予測

グループB (1.1mmダイ使用、バレイショでんぷん添加量、アルカリ剤の種類と量、押出回転数を変化)

項目	重回帰分析				PLS分析			
	第1波長	MR1	MR2	MR3	因子数	MR	MSECV	S.E.
麺の太さ(生麺)	912	0.671	0.788	0.816	5	0.801	1.05	0.122
H50、茹直後	1142	0.559	-	-	2	0.574	1.00	0.045
H100、"	994	-0.743	0.906	0.926	8	0.947	1.09	1.206
H100/H50、"	994	-0.667	0.833	0.883	8	0.907	1.23	4.612
H50、1時間後	1222	-0.543	-	-	3	0.682	1.17	0.055
MAXL、"	994	-0.666	0.810	0.852	5	0.854	1.07	2.968
PEAK、"	994	-0.756	0.917	0.939	4	0.905	1.24	0.354
H100/H50、"	990	-0.734	0.873	0.900	9	0.941	1.19	0.911
比重(生麺)	1314	-0.816	0.880	0.909	1	0.795	1.24	0.012

グループC (1.5mmダイ使用、バレイショでんぷん添加量、アルカリ剤の種類と量、押出回転数を変化)

項目	重回帰分析				PLS分析			
	第1波長	MR1	MR2	MR3	因子数	MR	MSECV	S.E.
麺の太さ(生麺)	982	-0.766	0.856	0.917	6	0.932	1.09	0.894
H50、茹直後	1350	-0.298	-	-	1	0.182	1.00	0.089
H100、"	982	-0.739	0.842	0.904	6	0.921	1.00	1.478
H100/H50、"	980	-0.636	0.758	0.808	4	0.779	1.18	6.405
H50、1時間後	1350	-0.433	-	-	1	0.304	1.03	0.110
MAXL、"	970	-0.705	0.811	0.877	6	0.870	1.22	3.061
PEAK、"	980	-0.758	0.850	0.904	7	0.930	1.15	0.338
H100/H50、"	972	-0.663	0.741	0.799	6	0.831	1.15	1.251
比重(生麺)	978	0.721	0.892	0.927	9	0.950	1.19	0.006

グループD (殺菌後試料、1.5mmダイ使用、ミキシング方法、重曹添加、加水量の有無を変化)

項目	重回帰分析				PLS分析			
	第1波長	MR1	MR2	MR3	因子数	MR	MSECV	S.E.
麺の太さ(生麺)	700	-0.587	0.797	0.881	1	0.462	1.00	0.337
H50、茹直後	808	-0.753	0.844	0.910	4	0.823	1.18	0.033
H100、"	1276	0.675	0.830	0.875	5	0.821	1.20	1.589
H100/H50、"	1038	0.695	0.819	0.876	5	0.894	1.18	2.983
H50、1時間後	800	-0.783	0.874	0.912	3	0.785	1.07	0.066
MAXL、"	844	-0.923	0.951	0.974	2	0.878	1.00	2.088
PEAK、"	970	-0.551	-	0.776	1	0.524	1.05	2.946
H100/H50、"	968	-0.526	0.670	0.771	1	0.503	1.06	7.626
比重(生麺)	1192	0.499	0.820	0.866	3	0.821	1.00	0.008
水分(生麺)	852	-0.841	0.914	0.958				

グループD (殺菌前試料、1.5mmダイ使用、ミキシング方法、重曹添加、加水量の有無を変化)

項目	重回帰分析				PLS分析			
	第1波長	MR1	MR2	MR3	因子数	MR	MSECV	S.E.
麺の太さ(生麺)	992	-0.459	0.670	0.770	1	0.415	1.00	0.193
H50、茹直後	906	-0.769	0.903	0.946	8	0.972	1.03	0.006
H100、"	1284	0.720	0.924	0.973	9	0.987	1.00	0.562
H100/H50、"	1276	0.799	0.947	0.961	8	0.984	1.00	1.996
H50、1時間後	1236	0.682	0.815	0.894	1	0.686	1.17	0.843
MAXL、"	850	-0.931	0.953	0.961	2	0.992	1.13	0.201
PEAK、"	850	-0.920	0.972	0.977	11	0.992	1.13	2.006
H100/H50、"	908	0.872	0.938	0.957	2	0.890	1.00	2.749
比重(生麺)	722	-0.669	0.843	0.881	5	0.908	1.06	0.007
水分(生麺)	906	0.880	0.956	0.980				

注：H50：50%圧縮点応力、H100：100%圧縮点応力、MAXL：破断歪み、PEAK：ピーク点応力
 MR1：第1波長を選択した重回帰係数、MR2：第2波長まで選択した重回帰係数、MR3：第3波長まで選択した重回帰係数、MR：重相関係数、MSECV：平均標準検証誤差、S.E.：標準誤差

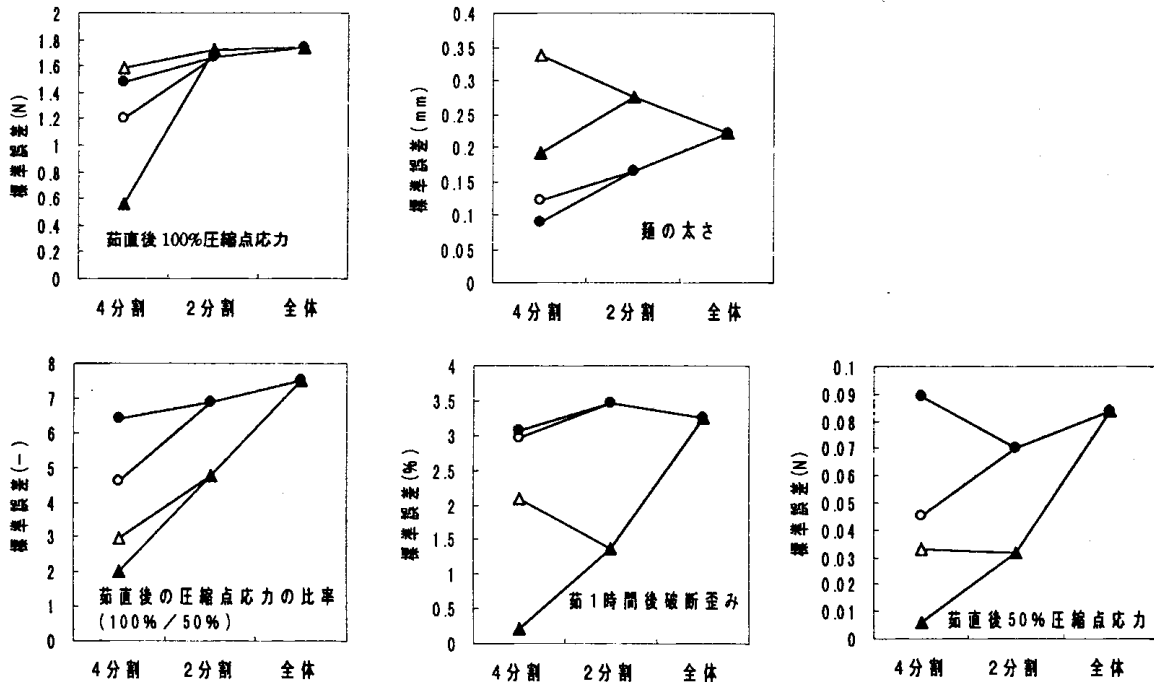


図3 試験データの統合によるPLS分析誤差の変化

○: B ●: C △: D (加熱処理後) ▲: D (加熱処理前)

全体: B、C、Dの試料すべてを統合した試料群 2分割: B、Cを統合したものと、D (加熱処理後)とD (加熱処理前)を統合した2試料群 4分割: B、C、D (加熱処理後)、D (加熱処理前)の4試料群

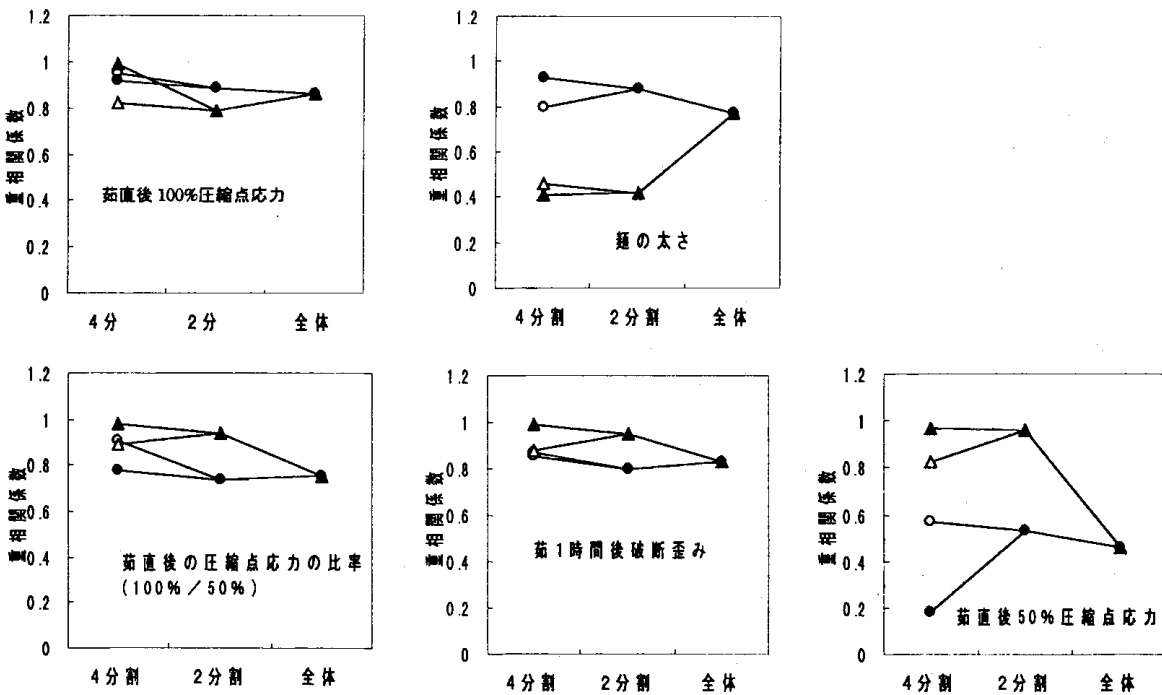


図4 試験データの統合によるPLS分析の重相関係数の変化

○: B ●: C △: D (加熱処理後) ▲: D (加熱処理前)

全体: B、C、Dの試料すべてを統合した試料群 2分割: B、Cを統合したものと、D (加熱処理後)とD (加熱処理前)を統合した2試料群 4分割: B、C、D (加熱処理後)、D (加熱処理前)の4試料群

したスペクトルを示した。スペクトルは原スペクトルと2次微分スペクトルの両方で示した。透過光スペクトルは1350nm以上の波長領域でノイズが大きく、飽和状態でありこの領域はデータ解析には適さないことを示している。また、表1には反射法と透過法により測定した結果を元にバレイショでんぷん配合量を目的変数とする重回帰分析を行った結果を示した。重回帰分析の結果、重相関係数が高く、標準誤差も小さいことから、でんぷん配合量を十分に予測可能であることが分かった。また、反射法では2波長選択した重相関係数が0.9977、透過法では0.9762であり、反射法の方が分析精度が高かった。従って、以下の解析では全て反射法により測定したデータを解析に用いることとした。

3-2 近赤外スペクトルの主成分分析

原スペクトルと2次微分スペクトルについてそれぞれ700～1350nm、400～1350nmで主成分分析を行い、その散布図により試料の分布状態を調べた結果、冷麺製造に使用した原料を第1、第2主成分により最も効率良く判別できるのは、原スペクトルの400～1350nmを使用した場合であった(表2)。

原スペクトルの400～1350nmによる主成分分析の結果、第1、第2主成分を軸とする散布図により、でんぷんの種類と小麦粉の種類が明確に分類され、バレイショでんぷんでは、配合量によっても分布に違いがみられた(図2)。各主成分のスペクトルと官能評価値およびでんぷん含量との相関(表3)からみて、第1主成分は麺の太さやでんぷん含量、第2主成分は麺の色調、第3主成分は麺の色調と何らかの化学成分を示しているものと考えられた。

3-3 物性値の予測

重回帰分析の相関係数は第3波長まで選択すれば見かけ上ほぼPLS分析と同等の値を示した。しかし、重回帰分析の場合、目的変数とスペクトルとの相関グラフの波形は理想とされる台形を示さず、鋭利なピークも認められることから、第3波長までの適切な波長の選択は困難であった。従って設定した波長領域の全情報を含むPLS回帰分析の方が物性予測には適当であると考えられた(表4)。

PLS分析の結果、物性項目の内では高い相関の得られた項目は100%圧縮応力(H100で表示)やピーク点応力(PEAKで表示)、100%圧縮応力と50%圧縮応力との比率(H100/H50)、麺の比重、破断歪み(MAXLで表示)であり、どの試料グループでもほぼ0.8～0.9台の

相関が得られ、値も安定していた。これに対し、50%圧縮応力(H50で表示)は高い相関が得られる場合もあるがほとんど相関が無い場合もあり、不安定な結果であった(表4)。

PLS分析の結果について試料グループの統合により標準誤差と相関係数がどのように変化するかを調べた結果を図3と図4に示した。その結果、試作した試料のグループにより標準誤差にはかなり大きな違いが見られた(表4、図3)。試料グループの中では試料グループD(加水量の違いや重曹の添加、無添加、ミキシング方法の違いを含む試料)が、試料グループB、C(アルカリ剤の種類と量、スクリュ回転数、でんぷん含量等の違いを含む試料)よりも標準誤差が小さかった。また、加熱殺菌処理前の試料の方が誤差は小さい傾向があった。これらの試料グループを統合していくと、麺の太さでは試料グループ間の平均的な値になったが、物性指標では誤差が最大の試料グループと同じかまたはそれよりも増大する傾向が見られた(図3)。相関係数はこれとほぼ逆の傾向であった(図4)。

加水量は重回帰分析によりかなり高い相関係数が得られた(グループD全体のデータを使用して計算し、3波長選択した場合の重相関係数:0.944)。また、同様に麺の加熱殺菌処理の影響も可視部を第1波長に選択することによりかなり高い相関係数が得られた(グループD全体のデータを使用して計算し、3波長選択した場合の重相関係数:0.939)。このことから、加水量や麺の加熱処理の程度もある程度近赤外分光法により予測可能であると考えられた(表4)。

冷麺の物性を従属変数として解析した場合、試験グループ間で標準誤差や相関係数の大きなふれが観察された。その原因は、物性にあまり直接関係せず、しかも近赤外スペクトルに大きな影響をおよぼす変動要因を含むことに起因すると考えられる。従って、評価の対象となる試料の幅を、たとえば水分含量とアルカリ剤の量だけが変動する試料の様に狭い範囲に限定することにより、製造工程管理などに目的を限定した冷麺の物性評価は可能であると考えられた。

4 結 語

近赤外分光法による冷麺の品質評価方法について検討し、以下の結果を得た。

(1)冷麺をセルの長さに合わせて17cmに切断し80gを測定用セルに充填することにより、冷麺の近赤外スペクトルを得ることができた。透過光によるスペクトルは1350nm以上の波長領域で飽和状態となった。測定の精

度は反射法の方が透過法よりも高かった。

(2) 試作した冷麺のでんぷん含量、加水量、加熱殺菌処理の影響は、可視領域も含めた近赤外スペクトルの重回帰分析により予測可能であった。

(3) 小麦粉の種類やでんぷんの種類と配合割合を変えて試作した冷麺の近赤外スペクトルを主成分分析したところ、原スペクトルの400～1350nmを解析用に使用した場合、第1、第2主成分を用いた座標により原材料を最も効率よく判別できた。

(4) テンプレッサーにより測定した物性値の予測は、重回帰分析よりもPLS回帰分析の方が適当であると考えられた。

(5) 試料の調製方法の違いによる相関係数と標準誤差の変動を調べた結果、試料の変動要因を選択し、変動の幅を狭めることにより、冷麺の物性値の予測はある程度可能と考えられた。

本研究は農林水産省補助事業、地域重要新技術開発促進事業の補助金を受け、共同研究課題「内部品質を重視した地域農産物及びその加工製品の非破壊品質判定技術の開発」で実施した研究の一部である。補助金の交付等に便宜を図っていただいた関係各位に深謝いたします。

文 献

- 1) 岩本睦夫, 河野澄夫, 魚住純: 近赤外分光法入門, p.130, 幸書房(1994)
- 2) 尾崎幸洋, 河田 聡 編: 近赤外分光法, p.157, 学会出版センター (1996)
- 3) 恩田 匠, 小宮山美弘, 乙黒親男: 日食工誌, 43, 382 (1996)
- 4) 大日向洋, 金子昌二, 伊藤輝雄, 大池和威: 長野食工試研報, 23, 48 (1995)
- 5) 恩田 匠, 阿部英幸, 松永暁子, 小宮山美弘, 河野澄夫: 日食工誌, 41, 886 (1994)
- 6) 千葉 実, 南幅正敏, 河野澄夫, 岩本睦夫: 日食工誌, 42, 796 (1995)
- 7) N. F. DEVAUX, D. BERTRAND and G. MARTIN: Cereal Chem., 63, 151 (1986)
- 8) 遠山 良, 阿部美子, 石川明日香, 伊藤 崇, 八重樫龍彦, 関村照吉, 武山進一, 荒川善行, 種谷新一, 産業間連携技術開発委員会: 岩手県工業技術センター研究報告, 3, 123 (1996)
- 9) 遠山 良, 関澤憲夫: 岩手県醸造食品試験場報告, 19, 110 (1985)
- 10) 遠山 良: 第23回食品の物性に関するシンポジウム講演要旨集, p21 (1996)
- 11) 遠山 良, 府金利幸, 柵山 貢, 関村照吉, 関澤憲夫, 岩手県醸造食品試験場報告, 25, 55 (1991)
- 12) 遠山 良, 関村照吉, 武山進一, 荒川善行, 工藤達之, 三浦 靖, 種谷新一: 日本農芸化学界東北支部, 日本栄養・食糧学会東北支部合同学術講演会講演要旨集, p37 (1994)