

近赤外分光分析法によるパン原料の配合量の推定 (第II報)

米倉 裕一^{*}、遠山 良^{**}、斉藤 博之^{***}
大澤 純也^{*}

近赤外分光分析 (NIR) によりパン生地およびパンクラム (内層) からショートニング、小麦粉、食塩、糖、イースト、水の原料配合割合の予測を重回帰分析により行った。サンプルは、ホームベーカリーにて焼成したものをパンクラム用に、もう一つは、製パン機械を使いストレート法にて製造したものを生地およびパンクラム用とし測定および解析した。その結果、パン生地では、予測した全ての成分が精度良く予測でき、パンクラムでも糖以外は予測可能であることが解った。

キーワード：近赤外分光分析、パン、予測

The Prediction of the Composition in Bread and Dough by Near Infrared Spectroscopy

YONEKURA Yuichi, TOYAMA Ryo, SAITO Hiroyuki
and OHSAWA Junya

Near infrared (NIR) spectroscopy has employed for predicting the composition of shortning, flour, yeast, water and salt in sliced white bread (clumb) and dough. NIR refractance at several wavelengths were measured using two samples from 54 loaves by homebakery and 20 loaves by bakery machine, and 20 doughs of different composition. The results showed that NIR refractance had high potential for the prediction of shortning, flour, yeast, water and salt contents of bread and dough samples.

key words : near infrared spectroscopy, bread, prediction

1 緒 言

近赤外分光分析法による食品の組成分析は、あらゆる形態 (液体、ペースト、個体) を非破壊の状態、しかも迅速かつ簡便に行える可能性を秘めており、極めて高い関心が寄せられている。今日、近赤外分光分析法は果物の熟度判定や米の食味計などに実用化されているほか、製造工程および製品の品質管理などに、幅広く活用されている。製パン関連においての近赤外分光分析法の技術は、パン切片試料のタンパク、水分、脂肪の成分分析¹⁾、パンの体積膨張度²⁾等の報告がなされている。

前報³⁾では、出来上がったパンクラムを用い原料配合割合の予測式をたてた。本報は、前法の製法に加えて、

さらに違う製法で作成したパンクラムを用い予測式の検証を行った。また、パン生地中からの原料配合予測も併せて行った。

2 実験方法

2-1 原材料および製法

原料は、小麦粉 (昭和産業 (株) 製イーグル)、砂糖 (日新製糖 (株) 製グラニュー糖)、ショートニング (クリスコ (株) 製)、食塩 (関東化学 (株) 製特級)、イースト、水 (蒸留水) は、小麦粉の重量を 100 としてそれに対するそれぞれの重量で配合した (表 1)。

製法は、前報³⁾と同様にホームベーカリーを用いて製パンしたものと、当センター製パン設備を使用したスト

* 応用生物部
** 食品開発部
*** 企画情報部

表1 パンの配合割合

| | 対粉比(%) | 全体比率(%) | 乾物当(%) |
|---------|--------|---------|--------|
| 小麦粉 | 100 | 45~60 | 67~97 |
| 砂糖 | 0~25 | 0~13 | 0~20 |
| 食塩 | 0~4 | 0~2.5 | 0~4 |
| 油脂 | 0~25 | 0~13 | 0~20 |
| イースト | 2 | - | - |
| イーストフード | 0.1 | - | - |
| 水 | 55~75 | 31~41 | - |

レート法のものとした。ホームベーカリーで製パンしたパンは、パンクラムの測定のために用い、製パン機械で製パンしたものは、パン生地およびクラムの測定に用いた。

2-2 パン生地およびパンの製法

製パン設備を用いた生地およびパンの製法は、オシキリ製ラボミキサーVM05を用い、小麦粉600gで低速2分、高速1.5分、さらにショートニングを投入後、低速1.5分、高速5分、高速度ミキシング(L2,H1.5,L1.5,H5)分行い、こね上げ温度が26℃±0.5℃になるようにミキシングした。その後、直ちに生地の近赤外測定を行った。1次発酵は、体積が2.3~2.5倍となった時点で一度パンチし、さらに2.1~2.3倍程度で450gに分割した。パンチタイムは15分間とり、その後、アイコー製モルダーにより成形し、2斤用パン型に入れ型下5mmになるまで2次発酵した。焼成は、型に蓋をし、210℃、45分間とした。焼成した後食パンを1時間放冷し、ビニール袋に入れ、翌日のクラム測定に使用した。

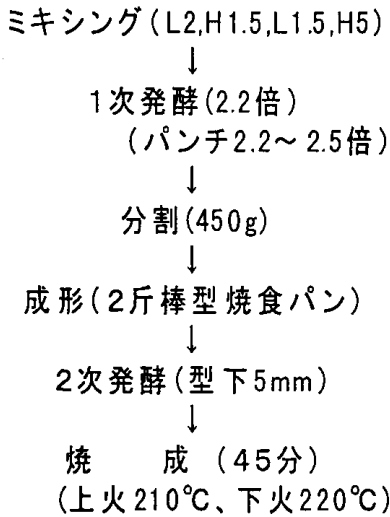


図1 製パン工程

2-3 測定

サンプル調整は、生地では、生地約20gをスタンダードサンプルセル ((株)ニレコ製) に入れ、クラムでは、高油分水分セル ((株)ニレコ製) の大きさに合わせるために、厚さ2cm、長さ8cm、幅4cmにパンクラムを2枚スライスし縦に2枚並べ入れた。測定には、(株)ニレコ製NIRS6500型を用い、400~2500nmの範囲で2n

mごとに反射法によるNIRスペクトルを測定した。測定は、1試料について2回行い、その平均スペクトルを求めた。

2-4 解析

解析は、(株)ニレコ製NSAS(Near infra-red spectral analysis software) プログラムにより2次微分スペクトルを使って重回帰分析を行った。

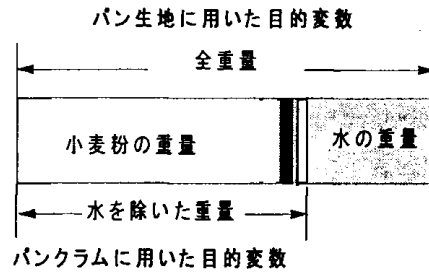


図2 解析に用いた目的変数

パン生地の解析は、20サンプル全てを検量線作成用とし、2~4波長を用いての回帰式を作成した。目的変数は、パンの配合量を百分率を用いて示した。

パンクラムの解析は、前報で高い相関を示した反射光で行い目的変数は添加した水分を除いたもので行った。ただし、水の添加量については、全重量に対する重量%とした。サンプルは、ホームベーカリー用54サンプルと、製パン機械で製造したパン20サンプルを用い検量線および検証用とした(図2)。

3 結果

3-1 パン生地の解析

パン生地において、小麦粉、グラニュー糖、油脂、食塩、イースト、水の添加量の予測した結果、重相関係数0.948以上、標準誤差0.67以下と高い精度で予測ができた。特に、ショートニング、イーストは、重相関係数が0.99以上で標準誤差も0.1以下と非常に精度が良かった。

ここで、イーストの予測式に着目すると、その第1波長は440nmである。この波長領域は、青から紫の可視

表2 パン生地配合割合の予測式

| 原料 | 波長(nm) | 重相関係数 | 標準誤差 | 評価 |
|---------|------------------------|--------|--------|----|
| 小麦粉 | 2138, 2188, 2256, 1144 | 0.9489 | 0.663 | ○ |
| グラニュー糖 | 2262, 2198, 1618, 2166 | 0.9882 | 0.342 | ○ |
| 食塩 | 1808, 1624, 2382, 2046 | 0.9506 | 0.0984 | ○ |
| ショートニング | 1718, 2168 | 0.9991 | 0.0813 | ○ |
| 水 | 1146, 1822, 1228, 1996 | 0.9627 | 0.465 | ○ |
| イースト | 440, 1334 | 0.9944 | 0.0316 | ○ |

部であることから、色の影響によりイーストの予測に影響が出るのではないかと考え、このことについてさらに検討した。イーストは、イースト会社により色の濃さが異なることから3社の生イーストを用いた。また、生イーストは、時間経過とともに色が褐変してくるから、経時的に測定した。その結果、イーストそのものを測定した場合は、各社、時間的変化によりスペクトルが変化したが、イーストを生地に0~4%添加した場合には440nm スペクトルは収束し変化が小さかった(図3)。

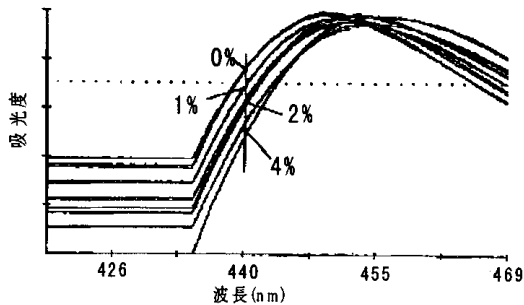


図3 イーストの440nm付近の2次微分スペクトル

3-2 パンクラムの解析

ホームベーカリーで製造したパンで予測式を作り、当センターのパン製造機械を用いて製造したパンで検証した結果、バイアス、スロープが生じた(図4)。そこで、ホームベーカリーとパン製造機械で作ったパンを用い予測式を作り直し検証した結果、表3のようになった。ショートニングは、相関係数が高く、標準誤差も小さい値

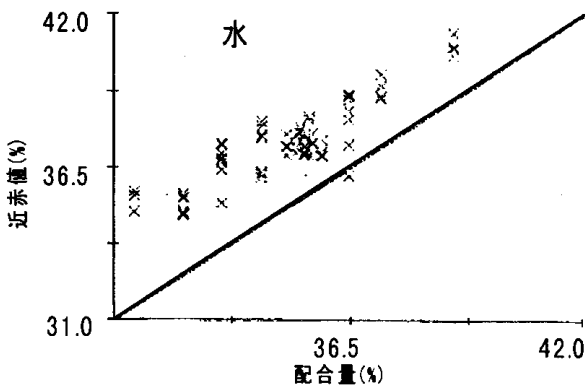


図4 パンクラムの予測式の検証
 検量線: ホームベーカリー(n=54)
 検証: 製パン設備(n=20)

を示した。食塩は、重相関係数は他と比べあまり高くなかったが、標準誤差が小さかった。小麦粉、水はその添加範囲が45~60、31~41%と狭い割に、標準誤差が小さかった。しかし、グラニュー糖は、添加範囲が0~20%であるにも関わらず、標準誤差が大きく良い精度は得られなかった(図5)。

表3 パンクラム配合割合の予測式

| | 波長(nm) | 重相関係数 | SEC | SEP | 評価 |
|---------|-----------------------|--------|-------|-------|----|
| 小麦粉 | 2286, 2138, 1908 | 0.9858 | 1.01 | 2.01 | △ |
| グラニュー糖 | 2108, 1590 | 0.9649 | 1.01 | 2.08 | × |
| 食塩 | 1808, 1614, 2274 | 0.9507 | 0.186 | 0.324 | ○ |
| ショートニング | 2352, 1716 | 0.9986 | 0.264 | 0.514 | ○ |
| 水 | 2366, 1818, 910, 2252 | 0.9207 | 0.786 | 1.12 | △ |

SEC: キャリブレーションの標準誤差
 SEP: プレデクションの標準誤差
 キャリブレーション: 製パン機械ストレート法(n=20)+ホームベーカリー(n=30)
 プレデクション: ホームベーカリー(n=54)

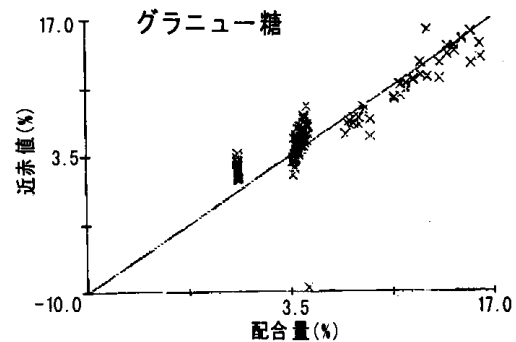
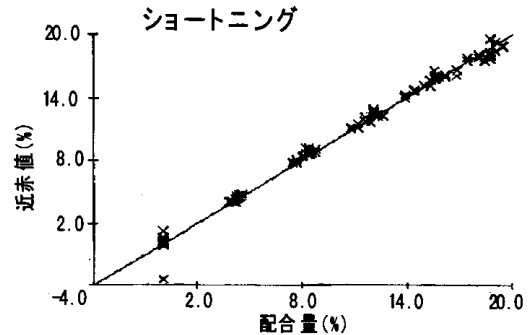


図5 パンクラムの予測式の検証

4 考察

4-1 パン生地

今回の予測の結果、小麦粉、グラニュー糖、食塩、ショートニング、水、イースト全てに於いて相関係数が高く、予測誤差も低く十分に予測可能と思われた。このことは、こね上げ直後の測定であるため、発酵による成分のロスまたは、水分の蒸散等がほとんど無かったためであると思われる。各成分に使用された波長について見ると、小麦粉は、2138, 1144nm、グラニュー糖は、2198nm、ショートニングは、1718nm、水では、1146nmとそれぞれタンパク、糖、油脂、水の帰属波長付近を選択している。また、食塩は、それ自体吸収を持っていないので水の吸収1808nmを帰属波長としていた。ただし、イーストは、440nmと青から紫の可視光領域を帰属波長としており、色素を添加した場合など大きく変わる可能性があるため、色素のある添加物を配合する場合は十分に気を付ける必要がある。

4-2 パンクラム

ホームベーカリーで作ったパンで予測式をたて、製パン機械で作ったパンで検証した場合、スロープやバイアスが生じた。これらはいずれもストレート法であるが、ホームベーカリーの製法は、決まった時間毎に次の工程に進み製パンしていくのに対し、製パン機械の場合は、生地ポリウムにより次の工程に進めていく。また、焼成もオープン火力、焼成時間も全く異なっている。よって、スロープおよびバイアスが出るのは当然と思われる。しかし、この2つの製法で作ったパンの両方を使い予測式を立て直し検証した場合、スロープ、バイアスが改善され2つの製法にマッチした予測式が出来上がった。このことは、中種法等他の製パン方法も網羅した予測式を立てられる可能性あり今後の課題といえる。

また、今回グラニュー糖の予測誤差が大きく配合予測は不可能であった。これは、糖はイーストの発酵原料であり、また、イーストは原料配合により生地中の浸透圧が変化しその時々で活性が異なる。よって、糖の消費が一定とならず予測不可能であったと思われる。

なお、本研究は日本食品科学工学会にて発表した。⁵⁾

5 結 語

1. パンクラムの原料配合予測は、製法がある程度変わっても、ショートニング、食塩、小麦粉、水は可能と思われた。しかし、グラニュー糖では予測誤差が大きく予測不可能であった。

2. パン生地配合の予測は、小麦粉、グラニュー糖、食

塩、ショートニング、水、イースト全てにおいて予測が可能であると思われた。

3. パン生地配合の予測の中で、イーストは、選択波長が440nmの可視領域であった。その色の影響について検討したが、イーストの種類、古さによる色の差があっても生地に添加した場合は配合予測が可能であった。

本研究を実施するに当たり、解析等について指導下さった株式会社ニレコの篠原公之氏に深謝いたします。また、助言、試料提供等して頂いた岩手県パン工業組合、並びに県内製パン会社の技術者のみなさんに感謝いたします。

本研究は、農林水産省地域重要新技術開発事業により実施した。

文 献

- 1) B. G. Osborne, G. M. Barrett, S. P. Cauvain and T. Fear, *J. Sci. Food Agric.*, **35**, 940 (1984)
- 2) 的場輝佳: 飯島記念食品科学振興財団, **53** (1990)
- 3) C. Starr, D. B. Smith, J. A. Blackman and A. A. Gill: *Anal. Proc.*, **20**, 72 (1983)
- 4) 米倉裕一, 齊藤博之, 遠山良, 大澤純也: 岩手県工業技術センター報告, **3**, 163 (1996)
- 5) 米倉裕一, 齊藤博之, 遠山良, 大澤純也: 近赤外分光分析によるパン生地およびパンクラムからの原料配合予測, 日本食品科学工学会第44回大会講演集 (1997)