

## Studies on evaluation of processing abilities and development of a selection method for an improved flour quality of hard wheats

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2019-03-22 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 伊藤, 美環子 メールアドレス: 所属:
URL	<a href="https://doi.org/10.24514/00001353">https://doi.org/10.24514/00001353</a>

<>

目次

<>

- [I. 緒論](#)
- [1. 日本における小麦粉生産と品種育成](#)
- [2. パンと小麦粉デンプン](#)
- [3. 中華麺と小麦粉デンプン](#)
- [4. 中華麺色に影響する小麦粉特性](#)
- [5. 研究の目的](#)
- [II. 小麦粉の特性と製パン適性及びパンの老化](#)
- [1\)材料及び方法](#)
- [2\) 結果](#)
- [3\) 考察](#)
- [III. 小麦粉の特性と中華麺の色及び物性](#)
- [1\)材料及び方法](#)
- [2\)結果及び考察](#)
- [IV. 中華麺品質改善のための選抜法の開発](#)
- [1. 良粉色系統選抜のための胚乳断面色の測定による評価法](#)
- [1\) 材料及び方法](#)
- [2\) 結果及び考察](#)
- [2. 麺の変色の少ない系統選抜のための小麦粉のポリフェノールオキシダーゼ活性の簡易評価法](#)
- [1\) 材料及び方法](#)
- [2\) 結果及び考察](#)
- [V. 総合考察](#)
- [VI. 摘要](#)
- [VII. 謝辞](#)
- [VIII. 引用文献](#)
- [Summary](#)

<>

[次へ進む 研究報告第191号目次へ](#)

<>

## I. 緒論

### 1. 日本における小麦粉生産と品種育成

平成17年度の日本におけるコムギの全体需要は621万tであり、このうちパン用が158万t、日本麺用が65万t、中華麺等を含むその他の麺が124万tとなっている。これに対し、国内産コムギの需要はコムギ全体で88万t、このうちパン用が1万t、日本麺用が41万t、その他の麺用が4万tであり、各用途に占める国内産コムギの割合は各々0.1割、6割、0.3割となっている。従って、パンや中華麺に用いられる硬質コムギのほとんどを輸入麦に頼っているのが現状であるといえる。農林水産省は、平成10年に策定した「新たな麦政策大綱」に基づき、平成11年度から「麦新品種緊急開発プロジェクト」を立ち上げ、実需者のニーズを踏まえた早生化、高品質化等を目標とした新品種育成を推進した。以来、平成17年度までに麺用、パン用合わせて20以上の新品種が育成されてきた。

[次へ進む](#)   [前に戻る](#)   [目次に戻る](#)

## I. 緒論

### 1. 日本における小麦粉生産と品種育成

平成17年度の日本におけるコムギの全体需要は621万tであり、このうちパン用が158万t、日本麺用が65万t、中華麺等を含むその他の麺が124万tとなっている。これに対し、国内産コムギの需要はコムギ全体で88万t、このうちパン用が1万t、日本麺用が41万t、その他の麺用が4万tであり、各用途に占める国内産コムギの割合は各々0.1割、6割、0.3割となっている。従って、パンや中華麺に用いられる硬質コムギのほとんどを輸入麦に頼っているのが現状であるといえる。農林水産省は、平成10年に策定した「新たな麦政策大綱」に基づき、平成11年度から「麦新品種緊急開発プロジェクト」を立ち上げ、実需者のニーズを踏まえた早生化、高品質化等を目標とした新品種育成を推進した。以来、平成17年度までに麺用、パン用合わせて20以上の新品種が育成されてきた。

[次へ進む](#) [前に戻る](#) [目次に戻る](#)

## I. 緒論

### 2. パンと小麦粉デンプン

以上のような情勢のもと、日本ではパンや中華麺の加工適性が優れる高タンパク質の硬質コムギ品種の育成が求められるようになってきている。特に北海道では高品質の硬質コムギ品種の育成が主な育種目標となっており、春播コムギでは「春よ恋」（ホクレン農業協同組合連合会）、秋播コムギでは「キタノカオリ」（独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構北海道農業研究センター）がパン用品種として育成され、普及に移された。これらの品種は「ハルユタカ」（北海道立北見農業試験場）のような従来のパン用品種に比べ、収量性や耐病性等の農業特性や製パン適性が高い（山内ら 2001a）ため、栽培面積の拡大が順調に進んでいる。現在、これら2つの新しいパン用品種は、国内の市場で製パン用として用いられており、その製品は顧客から非常に高い評価を受けている。

製パン適性はグルテンを構成するタンパク質組成に影響されることが良く知られているが、デンプン組成にも大きく影響される。これらの新品種はデンプン組成においては、パン用の外国産銘柄とは異なる特徴、すなわち、3つのWxタンパク質のうちWx-B1が欠失しており、その結果アミロース含量が低いという特徴を持っている。6倍体のコムギには3つのWx遺伝子座（Wx-A1, Wx-B1, Wx-D1）が7A染色体短腕と4A染色体長腕、7D染色体短腕上にそれぞれ存在しており（CHAO et al. 1989）、3つの遺伝子座全てで変異が起こるとアミロースを含まないコムギができる（NAKAMURA et al. 1995）。また、3つの中でWx-B1タンパク質の欠如がアミロース含量を最も大きく減少させる（MIURA and Sugawara 1996）。アミロース含量がパンの老化や物性に与える影響についてはいくつかの報告がなされており（BHATTACHARYA et al. 2002, LEE et al. 2001）、3つのWxタンパク質のうち2つが欠失しているタイプやWx-B1が欠失している単欠タイプのコムギから作ったパンは柔らかく老化が遅いこと（BAIK et al. 2003, MARTIN et al. 2004）や糯性のデンプンや粉をブレンドするとパンの老化が遅くなること（GHIASI et al. 1984, MORITA et al. 1998, MORITA et al. 2002, TAKATA et al. 2005）も報告されている。

[次へ進む](#)   [前に戻る](#)   [目次に戻る](#)

## I. 緒論

### 3. 中華麺と小麦粉デンプン

これらの新しいパン用品種は、パン用だけではなく中華麺用としての利用も期待されている。生麺、ゆで麺、蒸し麺を含む中華麺は日本における全製麺量のほぼ50%を占めている。中華麺特有の風味や食感は製麺時に添加するかんすいと呼ばれるアルカリ性の塩（通常は炭酸カリウムと炭酸カルシウムの混合物）によるものである。

中華麺は硬く、弾力があり、なめらかであるのが理想的である（MISKELLY and MOSS 1985, SHELKE et al. 1990）。中華麺の食感に関する研究では、コムギ粒や小麦粉のタンパク質含量が麺の硬さと正の相関関係にあり（SHIRAO and MOSS 1978, SHELKE et al. 1990, ROSS et al. 1997）、なめらかさとは負の相関関係にあると指摘されている（KONIK et al. 1994, ROSS et al. 1997）。麺の食感はまた、タンパク質の質にも影響され、より強い生地物性を持つ小麦粉からはより硬く（MOSS 1984, MISKELLY and MOSS 1985, ROSS et al. 1997）、より粘弾性がある（MISKELLY and MOSS 1985, ROSS et al. 1997）麺ができるが、なめらかさは劣る（ROSS et al. 1997）。

麺の食感の改良は、小麦粉の糊化温度を低く（NAGAO et al. 1977）、デンプンペーストの最高粘度を高く（SHIRAO and MOSS 1978, MOSS 1980, ODA et al. 1980, CROSBIE 1991, KONIK and MOSS 1992, YUN et al. 1996）、デンプンや粉の膨潤度を高くする（遠藤ら 1988, CROSBIE 1989, 1991, TOYOKAWA et al. 1989, CROSBIE and LAMBE 1990, 1993, McCORMICK et al. 1991, CROSBIE et al. 1992, KONIK et al. 1993, WANG and SEIB 1996, YUN et al. 1996）方向へ行われてきた。一方、BAIK et al.（1994b）は、うどんに比べると中華麺を含むその他の麺にとってデンプンの特性はさほど重要でないと報告している。しかし、最近の研究では、デンプンの組成が重要であることが明らかとなり、中華麺の食感とRVAによる小麦粉の糊化特性（最高粘度やブレイクダウン）、または全粒粉による膨潤度との間には有意な相関があると報告されている（KONIK et al. 1994, BATEY et al. 1997, ROSS et al. 1997）。アミロース含量とデンプン糊化特性の関係についても多くの報告がある（ZENG et al. 1997, ARAKI et al. 2000, NODA et al. 2001）。一般にアミロース含量が低いと最高粘度やブレイクダウンが高くなると考えられている。ISHIDA et al.（2003）はうどんの物性が主に小麦粉のアミロース含量とデンプンの糊化特性によって左右されると報告している。彼らはまた、Wx-B1あるいはWx-D1タンパク質のどちらかが欠失した単欠タイプ、Wx-A1とWx-D1タンパク質の両方が欠失したダブル欠タイプ、特に後者の小麦粉から作ったうどんが望ましい食感を持っていたことを報告している。

[次へ進む](#)   [前に戻る](#)   [目次に戻る](#)

## I. 緒論

### 4. 中華麺色に影響する小麦粉特性

中華麺の重要な品質項目として、上記に述べたような食感の他に麺色があげられる。麺色は、原料となる小麦粉が元々持っている粉色に大きく影響される。国産コムギの主な用途であるうどん等の日本麺は、明るく冴えた色調のものが好まれるため、これまでわが国のコムギの育種プログラムの中では、粉色を改善することに多くの努力が払われてきたが、硬質コムギにおいても、中華麺用として用いる場合には、優れた粉色を持つ品種・系統の選抜が必要となってくる。

粉色は土壌条件（飯田ら 1989）や気象条件に影響され年次間の変動も比較的大きく、測定には製粉工程を必要とするため、初期世代における選抜や遺伝的な解析が困難であり、選抜の効率をあげるのが難しい品質項目の1つといえる。

粉色に影響する要因としては、微生物の繁殖、夾雑物、粉の粒度、カロチノイド等の胚乳に含まれる色素、製粉特性すなわち製粉時のふすまの「切れ込み」と呼ばれる断片の混入（SHUEY 1975, OLIVAR et al. 1992）、子実のタンパク質含量（BUSHUK et al. 1969, MOSS 1971, MISKELLY 1984, 飯田ら 1991, 久保田ら 1994）がある。前二者は品種の特性とは無関係であり、粒度の影響は粉に水を加えペースト状にすることによりある程度除くことができる。また、タンパク質含量は、胚乳の色の変化、あるいはコムギ粒の物理的特性及び製粉性の変化によるふすまの切れ込みの変化を通じて間接的に粉色に影響するものと思われる。従って、粉色を遺伝的に改善するには、胚乳の色とふすまの切れ込みの2つを改善する必要がある、これらを別々に評価することによって、より効率的な選抜が可能になると考えられる。

以前から、粉色は明るさと黄色みの両方により評価されるべきであると考えられてきており

（KENT-JONES and HERD 1927, FERRARI and BAILEY 1929, YASUNAGA and UEMURA 1962）、Kent-Jones color grader（KENT-JONES and AMOS 1967）、Agtron（GILLIS 1963, PATTON and DISHAW 1968, SHUEY 1975）、比色計等による測定が行われてきた。わが国でも、従来、粉色は製粉した粉に蒸留水を加え、ペースト状にしたものを反射型分光光度計を用いてR455（波長455nmの反射率であり、白さの指標となる）やR554（波長554nmの反射率であり、明るさの指標となる）を測定することにより評価されてきた。また、柳沢ら（1991）は、従来よりも簡便で得られる情報量が多い評価法として、色彩色差計によるL\*a\*b\*表色系を用いて粉色を評価した。1976年にCIE（国際照明委員会）で規格化されたCIELAB（L\*a\*b\*）表色系は、現在あらゆる分野で最も普及している表色系であり、L\*で明度を示し、a\*、b\*で色相や彩度に関する量を示す（ $h^\circ$ （色相角度） $=\arctan(b^*/a^*)$ 、 $C^*$ （彩度） $=\sqrt{a^{*2}+b^{*2}}$ ）。

しかし、いずれの測定法にしても製粉後の粉を用いるため、ふすまの影響を除いた評価は不可能であった。BARNES（1986）は、種子を切開し、胚乳を取り出して粉碎した粉の色を測定しているが、作業に時間がかかり、得られる試料の量も少ないため、より簡易な胚乳色の測定法が求められている。

また、中華麺は購入される前に1日あるいはそれ以上の期間、生の状態で貯蔵されるため麺色の安定性も特に重要である。これまでの研究で、麺の変色にはポリフェノールオキシダーゼ（PPO）やペルオキシダーゼ等の酵素反応によるフェノール類の酸化生成物が関与していることが報告されてきた（PIERPOINT 1969, SINGLETON 1987, TAYLOR and CLYDESDALE

1987, HATCHER and KRUGER 1993, 1996)。これらの要因のうち、PPO活性は麺類、特に生のアルカリ麺の変色程度と関係のあることが指摘されている (KRUGER et al. 1992, 1994a, b, BAIK et al. 1994a, 1995)。麺の変色は子実中のタンパク質含量とも関係があり (BAIK et al. 1994b, 1995, LANG et al. 1998, MISKELLY 1984, OH et al. 1985), 品種内ではPPO活性よりもタンパク質含量との相関が高いことが報告されている (BAIK et al. 1995)。PPO活性には品種間差があり, 古くから品種の判別やロット内の他品種の混入を調査するためにフェノール (CSALA 1972, FRASER and GFELLER 1936, JOSHI and BANERJEE 1969, MAGUIRE et al. 1975, WRIGLEY 1976) やカテコール (MILLER and GOULD 1951), チロシン (MAHONEY and RAMSAY 1992) 等を基質としてコムギ粒中の酵素による酸化反応を利用した着色テストが行われてきた。さらに, 近年では麺の変色の少ない系統選抜にPPO活性を利用した簡易選抜法が研究されてきている。BERNIER and HOWES (1994) は, コムギ種子5粒をマイクロプレートに入れ, 0.2mLのチロシン溶液を基質として加え, 37°Cで2.5時間インキュベート後, 上澄みを別のマイクロプレートに移して吸光度を測定する方法により, PPO活性を評価した。また, KRUGER et al. (1994b) は, チロシンやフェノールより生成物の着色が濃くなるカテコールを使用し, 16時間吸水した種子に基質液を加え, 37°Cで30分間インキュベートし, 上澄みで測定した吸光度が, 従来の酸素電極を用いたPPO活性測定法 (MARSH and GALLIARD 1986) による結果と平行な関係にあることを明らかにした。さらに, McCAIG et al. (1999) は, 90mMカテコールと10mMチロシンを用いて比較し, 両基質によって測定された吸光度の相関は $R^2=0.85$ と高く, チロシンは反応時間がカテコールの5倍長いものの, 発芽には影響を与えなかったのに対し, カテコールでは90mMで80%の発芽が阻害されたことを報告している。ANDERSON and MORRIS (2001) は, これらの方法をさらに簡略化し, 種子を浸漬せずに, L-DOPA (3,4-Dihydroxy-L-phenylalanine) 溶液に浸し, pH6.5, 室温で30分間インキュベートした後, 反応液の吸光度を測定する方法を開発した。

[次へ進む](#)   [前に戻る](#)   [目次に戻る](#)

## I. 緒論

### 5. 研究の目的

以上のように、硬質コムギについての製パン適性や中華麺適性等の二次加工適性に関する研究は主に海外で多く行われてきたが、麦緊急プロジェクト開始以降に新しく育成された国内の硬質コムギについての二次加工適性の詳細な研究は未だ行われていないため不明な点が多く、品質改善のための選抜手法についても改良が必要と考えられる。そこで、本研究では国産硬質コムギの小麦粉の成分特性や物理的特性を把握し、これらの小麦粉の特性とパン適性、パンの老化及び中華麺適性との関係を検討した。また、これらの二次加工適性を改善するための選抜手法として、主に中華麺を対象とした加工製品の色相改善を図るため、胚乳断面色の測定による粉色の評価法及び麺色劣化の少ない系統選抜のためのPPO活性の簡易評価法の開発を行った。

なお、本内容は北海道大学へ平成20年に学位論文（学位記番号 第6626号）として提出したものであり、本内容の一部は学術雑誌（小綿ら1999, ITO et al. 2007a, 2007b, 伊藤ら2008）に公表されている。

[次へ進む](#)   [前に戻る](#)   [目次に戻る](#)

## II. 小麦粉の特性と製パン適性及びパンの老化

近年になって新しく育成された国内の硬質品種については、パンの物性の詳細な研究は着手されたばかりで、特に老化については不明な点が多い。そこで、本章では北海道の新しい硬質コムギ2品種とパン用として評価の高い外国産銘柄（カナダ産，アメリカ産，オーストラリア産の小麦は、産地，粒質，粒色，播種や栽培の時期等によりいくつかの銘柄に区分されており，さらに品質により各等級に区分されている。各銘柄は複数の品種により構成される。主な外国産銘柄の詳細を第1表に示した。）である「1CW」（No.1 Canada Western Red Spring）及び「HRW」（Hard Red Winter）を用いて，パンの老化特性を比較し，YAMAUCHIらの速度論的解析手法（YAMAUCHI et al., 1993）を用いて詳細な分析を行った。また，デンプン特性がパンの老化や物性に及ぼす影響を明らかにするため，パン中のデンプンの老化やデンプンゲルの物性を調査した。本研究においては老化とは貯蔵中のパンの硬さの変化を示している。

[次へ進む](#) [前に戻る](#) [目次に戻る](#)

## II.小麦粉の特性と製パン適正中及びパンの老化

### 1) 材料及び方法

#### (1) 供試材料

北海道で育成された国内の2品種（「春よ恋」，「キタノカオリ」）と外国産銘柄2種（「1CW」，「HRW」）の計4サンプルを供試した。これら2つの国内品種は現在北海道で普及しているものであり，Wx-B1タンパク質が欠失していること（NAKAMURA et al.（1993）の方法により確認），既存品種である「ハルユタカ」に比べ製パン適性が優れていることが明らかとなっている。「1CW」，「HRW」及び「キタノカオリ」の市販粉を江別製粉（江別市）から，「ハルユタカ」の市販粉を横山製粉（札幌市）から購入した。品質劣化を防ぐため，これらの小麦粉を5℃で保存し，試験に供試する前日に低温庫から出して，吸湿しないような条件下で室温に戻した。

#### (2) 小麦粉及びデンプンの測定

MANGALIKA et al.（2003）の方法で小麦粉からのデンプンの分離を行い，デンプン1gを乾燥器内で115℃で3時間乾燥し，水分含量を測定した。MIURA and TANII（1994）の方法に従い，デンプン100mg中のアミロース含量をAuto Analyzer System II（Bran + Lubbe Co., Ltd）を用いて比色法で測定した。キャリブレーションには，アミロース含量が既知の市販の小麦粉を用いた。小麦粉のタンパク質含量は近赤外分光分析機（Inframatic 8120, PerCon Co.）を用いて測定し，灰分含量はAACC法（American Association of Cereal Chemists 1991a）に従って測定した。小麦粉の糊化特性はRapid Visco Analyser（RVA）（RVA-4, Newport Scientific Pty. Ltd.）を用いて分析した。小麦粉2.82g（乾物重量）に蒸留水25mlを加え10%の懸濁液を作り，50℃で1分間保持後，12.6℃/minの速度で95℃まで加熱し，95℃で2.5分保持し，11.8℃/minの速度で50℃まで冷却した。最高粘度，ブレイクダウン，セットバック，糊化開始温度をRVA曲線から読み取った。粘度は，RVAの単位RVUで示した。

#### (3) 製パン法及びパンの評価

製パン試験はノータイム法の標準法で行い，小麦粉200g，砂糖10g，ショートニング（スノーライト，株式会社カネカ）10g，食塩4g，イースト（レギュラーイースト，日本甜菜製糖株式会社）4g，アスコルビン酸20mg，蒸留水適量を混ぜて生地を作成した（YAMAUCHI et al. 2001b）。AACC法（American Association of Cereal Chemists 1991b）に従い，ファリノグラフ（Brabender GmbH Co.KG）で生地が500B.U.（Brabender Unit：Brabender社が独自に設定している単位）の硬さになる時の加水率から最適な加水量を概算した。ミキサーのモーターの電流値を記録し，電流値のカーブを観察しながら生地を混捏し，カーブがピークに達した直後にミキサーを止めた。このようにして作成した生地を100gずつ2つに分割し，丸めて30℃のホイロに20分間置き，38℃，湿度85%で70分間発酵させた後，200℃で25分間焼成した。パンの内相は，焼成したパンを放冷後スライスし，速やかに断面をカラーコピー機で複写し，目視で評価した。1時間室温に放置して，冷ました後，パンの比容積（SLV）をAACC法（American Association of Cereal Chemists 2001）に従い，菜種置換法で測定した。パン水分含量は，クラムを115℃で3

時間乾燥させて測定した。

#### (4) 生地特性の評価

パン生地を20g用いて、生地のガス保持力を山内ら（2000）の方法で測定した。ガス保持力は、75mmHgの低圧力下でメスシリンダーに入れた生地の最大容積を測定することにより評価した。ベンチタイム後の生地を20g用いて30℃の時の1時間、2時間、3時間後のガス発生量をファーモグラフ（Fermograph II, アトー株式会社）で測定した。

#### (5) パンの老化とデンプンの老化

YAMAUCHI et al. (2001b) が開発した方法を用いてクラムの硬さと凝集性を測定することにより、パンの老化特性を評価した。すなわち、焼成直後のパンを2cmの厚さにスライスし、超音波カッター（model USC-3305, 株式会社山電）で中央から3cm四方の正方形のクラムを切り出し、水分が蒸発しないようにアルミのラミネートバッグに入れ、20℃で5日間貯蔵した。これらのクラムについて、1日置きに2cmの厚さから1cmになるまで2回圧縮することにより、圧縮による応力-変形曲線から、硬さ（1回目圧縮時の最大応力）と凝集性（2回目圧縮時の最大応力/1回目圧縮時の最大応力）の値を求めた。クラムの硬さの限界値はAXFORD et al. (1968) の報告に従い、5℃で10日間貯蔵した時の硬さとした。パンの老化速度定数（SRC：Staling Rate Constant）とデンプンの老化速度定数（RRC：Retrogradation Rate Constant）はYAMAUCHI et al. (2001b) の方法により以下の方程式で算出した。

$$\ln\{ (HL-H_0) / (HL-H_t) \} = kt$$

H<sub>0</sub>及びH<sub>t</sub>は0時間及びt時間貯蔵後のクラムの硬さを示し、HLは硬さの限界値、kはSRC、tは貯蔵時間を示している。デンプンの老化速度は上記の方程式の硬さ（H）の代わりにアミロペクチンの老化エンタルピー（ΔH）を入れた式により算出される。パンのΔHとX線回折パターンは、パンの脱水サンプルを用いて測定した。すなわち、ΔHは、パンのクラムの脱水サンプル50mgに蒸留水150mgを加え、示差走査熱量計（micro DSCIII, Setaram Instrumentation）を用い5℃から110℃まで1℃/minの速度で加熱することにより測定した。X線回折パターンはX線回折装置（Rint 2100, 株式会社リガク）を用い、target, Cu; voltage, 40kV; current, 40mA; step width, 0.02° ; emission slit, 1/2° ; light reception slit, 0.3 mmの条件で測定した。

#### (6) 小麦粉及びデンプンゲルの物理的特性の評価

小麦粉ゲルとデンプンゲルは以下の方法で調製した。RVAを用いて小麦粉とデンプンを糊化させ、冷却を70℃で止めること以外は上記の糊化特性の測定方法と同様に設定した。糊化したペースト6gを50mlの平底のプラスチックの試験管に入れ、3000rpmで5分間遠心分離することにより、泡の除去と整形（直径2.5cm、高さ1cmの円筒形）を行った後、試験管を20℃のウォーターバスに2時間漬け、ペーストをゲル化した。このようにして作成した円筒形のゲルを用い、レオナー（model RE-33005, 株式会社山電）による圧縮試験を行った。円筒形プランジャー（Type No.3）を用い、厚さ1cmのゲルを0.5cmまで1mm/sの早さで2回圧縮し、パンの物性測定と同様に硬さと凝集性の値を求めた。

[次へ進む](#)   [前に戻る](#)   [目次に戻る](#)

## II.小麦粉の特性と製パン適正中及びパンの老化

### 2) 結果

#### (1) デンプンのアミロース含量と小麦粉の特性

コムギデンプンのアミロース含量と小麦粉の特性を第2表に示した。アミロース含量は、「HRW」が最も高く、次いで「1CW」が高かった。一方、Wx-B1タンパク質欠失タイプである2つの新品種は、「1CW」や「HRW」に比べ約2%有意に低い値を示した。タンパク質含量は、4つのサンプル間でそれぞれ有意差があり、「キタノカオリ」は他のサンプルに比べ低かった。灰分含量は、4サンプル間で比較的大きな差が認められた。RVAの糊化特性についてみると、最高粘度は、「春よ恋」と「1CW」が最も高く、次いで「キタノカオリ」が高く、「HRW」は最も低かった。ブレイクダウンは、「春よ恋」が最も高く、次いで「キタノカオリ」と「1CW」が高く、「HRW」が最も低かった。また、セットバックは「HRW」が最も高く、次いで「1CW」が高く、「春よ恋」と「キタノカオリ」では低い値を示した。以上のように、「キタノカオリ」と「春よ恋」の小麦粉は、ブレイクダウンが高く、セットバックが低くなるというODA et al. (1980) が報告した低アミロースの小麦粉の典型的な特徴を示していた。小麦粉の糊化開始温度は「HRW」でわずかに高いのを除き、ほぼ同程度の値を示した。

#### (2) 小麦粉の生地特性と製パン適性

小麦粉の生地特性と製パン適性を第3表に、パンの内相の写真を第1図に示した。吸水率は「キタノカオリ」が著しく高い値を示したが、他のサンプル間ではほぼ同程度の値であった。ガス保持力は全サンプル間で有意差が認められなかった。発酵後のガス発生量は、「春よ恋」が「1CW」及び「HRW」より多く、「キタノカオリ」が他のサンプルより少なかった。また、パンのSLVについてはサンプル間に有意差はなかった。パンの内相は外観やすだちには大きな差はなかった。パンの水分含量については、「キタノカオリ」が他のサンプルに比べ高く、「キタノカオリ」の小麦粉の高い吸水率を反映していた。これらの結果から、SLV、外観、すだちを含む製パン適性は、吸水率やガス発生量のような生地特性がやや異なることを除き、サンプル間に大きな差はないことが明らかとなった。

#### (3) パンの老化と凝集性及びパン中のデンプンの老化

第2図に貯蔵中のパンの硬さと凝集性の変化を示した。2つの国内品種のパンは貯蔵2日目まで「1CW」や「HRW」に比べ非常に柔らかく、全貯蔵期間を通してパンの老化が遅い傾向が認められ、特に「キタノカオリ」では貯蔵後半の老化が遅かった。また、凝集性についてみると貯蔵1日目までは、国内品種が「1CW」や「HRW」よりやや高く、それ以降は、「キタノカオリ」と「1CW」が「春よ恋」や「HRW」に比べ高い傾向を示した。これらの結果は、「春よ恋」や「キタノカオリ」のパンが、貯蔵初期の段階では「1CW」や「HRW」に比べ、圧縮に対する回復力が高いことを示していた。第3図にDSCで測定した貯蔵中の老化アミロペクチンのエンタルピー(H)の変化を示した。Hはパン中のデンプンの老化の指標となるものであり、その値が大きいほど老化が進んでいることを示している。「キタノカオリ」は他のサンプルに比べ、Hが貯蔵期間を通してやや低く推移した。また、「春よ恋」についても貯蔵2日目までは「HRW」や「1CW」

よりやや低く推移した。第4図にX線回折装置で観察されたパン中のデンプンの老化を示した（「HRW」と「キタノカオリ」のみ表示）。X線回折パターンは全サンプルとも $2\theta$ ,  $17^\circ$  付近にピークがみられ、貯蔵期間が長くなるに従って、ピークの大きさが増加した。「キタノカオリ」では貯蔵期間0日間（0d）や1日間（1d）のような貯蔵初期のピークが非常に小さく、貯蔵期間中のピークの大きさの変化も小さいのに対し、「HRW」では貯蔵0日間、1日間のピークが「キタノカオリ」に比べ大きく、貯蔵初期の変化がかなり大きかった。これらの結果は、「キタノカオリ」が貯蔵期間全体を通してデンプンの老化が遅いのに対し、「HRW」では貯蔵初期の老化が速いことを示しており、図3のHの傾向と一致していた。以上の「キタノカオリ」と「春よ恋」の両品種の結果から、アミロース含量は貯蔵期間初期のパンの老化及びパン中のデンプンの老化に影響を与えることが示された。第4表にSRC, RRC, HLとH0の差（HL-H0）、HLとH0の差（HL-H0）を示した。HLとH0はそれぞれHの限界値（ $5^\circ\text{C}$ 、10日貯蔵）、貯蔵0日間のHを表している。SRCとRRCとではやや異なる傾向が認められたが、他のサンプルに比べ、「キタノカオリ」のSRCがやや低く、「春よ恋」のRRCがやや高かったことを除き、サンプル間でほぼ同程度の値を示した。HL-H0及びHL-H0の値をみると、「HRW」は他のサンプルより値が大きく、「キタノカオリ」は小さい傾向が認められた。

#### (4) 焼成直後のパン、小麦粉ゲル及びデンプンゲルの硬さと凝集性

焼成直後のパン、小麦粉ゲル、デンプンゲルの硬さと凝集性を第5表に示した。基本的にはアミロース含量が高くなるほどパンとゲルの硬さは硬くなり、凝集性は低くなった。国内品種のパンは「1CW」や「HRW」に比べて柔らかく、凝集性が高かった。これらの結果から、本研究に用いられた、Wx-B1タンパク質を欠失し、アミロース含量が低いタイプである国内品種の小麦粉から作ったパンは焼成直後柔らかく、凝集性が高い食感を持つことが示された。これは、炊飯米の場合と同様の関係であった。

[次へ進む](#)   [前に戻る](#)   [目次に戻る](#)

## II.小麦粉の特性と製パン適正中及びパンの老化

## 3) 考察

第2図の結果から、国内品種のパンは「1CW」や「HRW」に比べ、焼成直後から貯蔵初期まで非常に柔らかく、老化が遅いことが示され、特に「キタノカオリ」では、貯蔵終盤までその傾向が顕著であった。第3図、第4図の結果もまた、貯蔵初期の新品種のデンプンの老化が「1CW」や「HRW」より遅いことを示していた。一方、第5表は国内品種の焼成直後のパンが、「1CW」や「HRW」に比べ柔らかかったことを示している。4つのサンプルの焼成直後のパンの硬さと凝集性は小麦粉やデンプンゲルの硬さや凝集性と一致し、特に硬さの値の全てが第2表のアミロース含量の高低と一致していた。これらの結果に基づき、国内品種のパンの老化の遅さ、特に貯蔵初期における遅さの原因は、第3図や第5表に示されるように貯蔵初期のパン中のデンプンの老化がやや遅く、パン中のデンプンゲルが極端に柔らかいことに原因があると考えられた。また、「キタノカオリ」の老化が貯蔵期間を通じて遅いのは、第4表に示されるようにSRC、HL-H0及びHL-H0の値が小さいためであると考えられた。BAIK et al. (2003) やMARTIN et al. (2004) は低アミロースの小麦粉で作ったパンは非常に柔らかく、老化が遅いことを報告している。2つの国内品種のパンが「1CW」や「HRW」より柔らかく老化が遅かったという結果は上記の報告と一致していた。本研究のように貯蔵中のパン中の水分移動が少なく、水分の蒸発もない条件下ではパンの老化に影響を与える主な要因はSRCとHL-H0であり、前者を制御する主な要因はパン中のデンプンの老化速度定数(RRC)、後者を制御するのはSLVやすだちやパン中のデンプンゲルの物性等を含むパンの構造である(YAMAUCHI et al. 2001b)。以上の結果から、4つのサンプルの老化の違いは以下のように考察された。第4表をみると、「キタノカオリ」の全データは基本的に他のサンプルよりやや低く、「HRW」のHL-H0とHL-H0はやや高かった。第3表や第1図はSLVやすだち等のパンの構造にはサンプル間に大きな差がなかったことを示している。これらのことから、「キタノカオリ」の一貫した老化の遅さはSRCとHL-H0が小さいこと、「HRW」の老化の早さはHL-H0が大きいことによるものであることが示唆された。その上、「キタノカオリ」のSRCやHL-H0が小さいことには、アミロース含量が低く、パンの水分含量が高いことが影響しており、以下の項で示すように、特に後者の影響が大きいと考えられる。また、第4表の「1CW」と「春よ恋」のデータは非常に近い値を示しており、SRCとHL-H0の値だけではこれら2つのサンプルの特徴を区別することはできない。しかし、上記に示したように「春よ恋」の貯蔵初期段階での老化の遅さは、パンの極端に柔らかい物性とデンプンゲルの遅い老化が主な原因と考えられ、それらにはアミロース含量が低いことが関係していると考えられた。2つの国内品種、「キタノカオリ」と「春よ恋」は、アミロース含量のようなデンプンの特性や比容積、すだちのようなパンの品質には大きな差がなかった。これらの2つの間の老化の差について以下のように考察した。第3表に示されるように「キタノカオリ」のパンの水分含量は、「春よ恋」より2%高く、それは「キタノカオリ」の粉の吸水率が高いことが原因である。高水分のパンやデンプンゲルは比較的老化が遅いことはこれまでも報告されている(PIAZZA and MASI 1995, ROGERS et al. 1988, ZELEZNAK and HOSENEY 1986)。従って、2つの品種の間でパンの老化が大きく異なる原因の1つが、パンの水分含量であると考えられた。これらのことから、第3表のSRCやHL-H0に示されるように、「春よ恋」より「キタノカオリ」のパンの老化

が遅い原因として、パンの水分が最も重要であり、それは粉のアミロース含量が与える影響よりも重要であると考えられた。

第5表のデータのうち、いくつかを除いては、国内品種のパンが「1CW」や「HRW」に比べ、柔らかく、凝集性が高いことを示している。これらの結果は、パン中のデンプンゲルの物性が焼成直後のパンの硬さと凝集性に大きく影響しており、国内品種の硬さと凝集性における特徴は低アミロースというデンプン特性によるものであることを示唆している。さらに、新品種のデンプンゲルの物性は貯蔵初期段階のパンの柔らかさやデンプンの遅い老化に影響していると考えられた。これらの結果は、これまでの研究の結果、すなわち低アミロース含量の粉から作られたパンやゲルは非常に柔らかく、老化が遅いという結果（BAIK et al. 2003, BHATTACHARYA et al. 2002, HAYAKAWA et al. 1997, LEE et al. 2001, MARTIN et al. 2004）と基本的に一致していた。

上記に示すように、最近日本で育成されたWx-B1を欠く2つのパン用新品種は「1CW」や「HRW」と比較してみるとパンの品質や生地の物性がほとんど同じであり、さらにパンの老化は遅く焼成後の貯蔵初期段階では良い食感を持っている、すなわち柔らかく、弾力性があることが示唆された。これらの特徴は、主にアミロース含量が低いというデンプン特性に起因するものであった。

[次へ進む](#)   [前に戻る](#)   [目次に戻る](#)

### Ⅲ. 小麦粉の特性と中華麺の色及び物性

北海道で育成された秋播硬質小麦品種「キタノカオリ」は低いアミロース含量や黄色みの強い粉色といった特徴のある形質を持っている。また、春播硬質品種である「春よ恋」も「キタノカオリ」と同様に、低いアミロース含量を持つことが知られている。これらの国産硬質品種の小麦粉は主にパン用として用いられるが、同時に中華麺用としての利用も期待されている。本章では、「キタノカオリ」、「春よ恋」の他、中華麺用として評価の高い外国産銘柄「PH」（Australian Prime Hard）、パン用外国産銘柄「HRW」（[第1表](#)）及び中華麺用市販粉を用いて、小麦粉の成分特性及び物理的特性と中華麺の色や物性との関係を調査し、これらの国産硬質品種の中華麺適性を評価した。

[次へ進む](#) [前に戻る](#) [目次に戻る](#)

### III. 小麦粉の特性と中華麺の色及び物性

#### 1) 材料及び方法

##### (1) 供試材料

「キタノカオリ」, 「春よ恋」, 「HRW」, 「PH」及び市販の強力粉を供試した。「キタノカオリ」と「春よ恋」はそれぞれ2003年の9月下旬と2004年4月下旬に北海道農業研究センター育種試験圃場（北海道河西郡芽室町）に播種した。「キタノカオリ」は1区が畦幅15cm, 畦長5m, 8畦からなる試験区で, 「春よ恋」は畦幅72cm, 畦長8m, 1畦からなる試験区で栽培し, 北海道農業研究センター麦育種研究室の標準法に従って栽培管理を行った。「HRW」と「PH」は農林水産省食料総合局から提供を受けた。また, 中華麺用の市販粉として日清製粉株式会社より「天安門」を購入した。

遠心粉碎器（ZM 1, Retsch Co., Ltd.）を用いてコムギ粒を粉碎したものを全粒粉の分析に用いた。また, コムギ粒は16%の水分になるように加水し, テンパリングを行った後, ビューラー式製粉機（Bhler Inc.）で製粉し, 上級粉から60%を採取し（60%粉）, これを小麦粉の分析に供試した。各小麦粉サンプルからODA et al.（1980）の方法でデンプンを分離した。

##### (2) 全粒粉, 小麦粉及びデンプンの測定

灰分含量はAACC法（American Association of Cereal Chemists 2000）に従って測定し, タンパク質含量は近赤外分光分析機（Inframatic 8120, PerCon Co.）で測定した。デンプン中のアミロース含量はJULIANO（1971）の方法を改変した方法（農林水産省食品総合研究所 1992）により分析を行い, ポテトアミロース（シグマ社製）をキャリブレーションに用いた。PPO活性はMARSH and GALLIARD（1986）の方法に従い, 生物用酸素モニター（5300A, Yellow Spring Instrument Co.）でモニタリングした酵素反応中の酸素の消費速度（nmolO<sub>2</sub>/g/min）で表した。ポリフェノール含量はプルシアンブルー法（PRICE and BATLER 1977）で測定した。小麦粉の糊化特性はRapid Visco Analyzer（RVA）（3D, Newport Scientific Ptd., Ltd.）で分析を行った。手順は以下の通りである。3.6gの小麦粉に25mlの蒸留水またはかんすい溶液（炭酸カリウム：0.0216g, 炭酸カルシウム：0.0144g, 塩化ナトリウム：0.036g/ 25ml蒸留水）を加えて分散させ, 50°Cで1分保持後15°C/minの速度で95°Cまで温度を上昇させ, 4分間95°Cで保持し, その後15°C/minの速度で冷却した。最高粘度, ブレークダウン, セットバックをRVA曲線から読みとった。各分析は3反復行った。

##### (3) 中華麺帯の作成と生地色の測定

中華麺帯の作成は「小麦の品質評価法」（農林水産省食品総合研究所 1980）による中華麺製麺法を改変した方法（材料の量を全て10分の1に縮小）に基づいて行った。小麦粉試料は13.5%水分ベースで50gを使用し, 最終的に生地水分が34%になるように計算して加水した。かんすい（炭酸カリウム：0.3g, 炭酸カルシウム：0.2g）と食塩0.5gを上記で計算した量の蒸留水に溶解させてから小麦粉に加え, 家庭用製麺・製パン機（MK精工）で10分間混捏した後, 試験用製麺機（三和商会）を用いて, ロール間隙を段階的に狭め, そぼろ状の生地を圧延し, 最終的な厚さが1.4mmになるように麺帯を作成した。さらに, 1枚の麺帯を円形にくりぬき, 2枚の円形サン

プルを作成してこれを反復とし、生地色測定に用いた。サンプルはチャック付きのビニール袋に入れ、25℃の恒温器で保存し、生地色の測定は、生地作成直後（0h）、4時間後（4h）、24時間後（24h）、72時間後（72h）に色彩色差計（CM-3500d、ミノルタカメラ株式会社）を用いて行い、生地色はx時間後のL\*（明るさ）、a\*（赤み）、b\*（黄色み）をL\*（xh）、a\*（xh）、b\*（xh）で表した。L\*は値が大きいほど明るいことを示し、a\*は+側で赤みの強さを、-側で緑みの強さを、また、b\*は+側で黄色みの強さを、-側で青みの強さを示す。

#### (4) 中華麺、小麦粉及びデンプンゲルの物性測定

上記と同様に作成された中華麺帯を長さ20cmに切り、試験用製麺機を用いてNo.2カッターで1.5mm幅に切り、麺線にした。このようにして作成された生麺を3Lの沸騰水中で3分間または7分間（3分後に消火し、4分放置）ゆでた後、20℃に設定したウォーターバス中に1分間浸した。麺の表面の水分をキムワイプでふき取り、物性の測定に供試した。

2000gのロードセルを備えたレオメーター（model RE-33005、株式会社山電）を用いて、物性の測定を行った。切断試験用のプランジャー（Type No.21）を用いて生麺及びゆで麺の切断試験を5 mm/sの速度で行った。サンプル台（Type No.102）の溝に対して直角の方向に5 cmに切った麺を置き、プランジャーに取り付けたステンレス製の刃で麺を切断した。応力-変形曲線から、応力が最大になる点を読み取って破断応力（BF：breaking force）とし、BF/変形（BD：breaking deformation）の値を計算した。また、ゆで麺については、谷藤ら（2003）の方法に基づき、楔形のプランジャー（P-31）を用いて圧縮試験も行い、圧縮曲線から最大応力（硬さ）と粘弾性（硬さ/最大変形量の50%変形時の応力）を求めた。これらの試験は4反復行った。

小麦粉及びデンプンのゲルは以下のように準備した。小麦粉とデンプンの糊化はRVAを用い、冷却時に50℃ではなく70℃で冷却を止めることを除き、上記に記した糊化特性の分析方法と同様の条件で試料を調製した。糊化した試料を6 g取って50mlの平底のプラスチック製試験管に入れ、泡を除去し、直径2.5cm高さ1 cmの円筒状に成形するために3000rpmで5分間遠心分離機にかけた。その後、試験管を20℃に設定したウォーターバスで2時間インキュベートし、ゲル化させた。さらに、レオメーターを用いて小麦粉ゲル及びデンプンゲルの圧縮試験を行った。ゲルを試験管から取り出し、レオメーターの台の中央に乗せ、直径16mmの円筒形のプランジャー（Type No.3）で最初の厚さの90%まで1 mm/sの速度で圧縮した。圧縮曲線より、最大応力（硬さ）と粘弾性（硬さ/最大変形量の50%圧縮時の応力）を計算した。これらの分析は3反復行った。

#### (5) 中華麺の官能評価

中華麺の官能評価試験は日本の標準法に基づいて行った。67gの生麺を3Lの沸騰水中で3分間ゆで、試験に供試し、6人のパネラーによる中華麺の食感の評価を行った。評価項目は、多くの報告において最も重要な中華麺の評価項目として使用されている硬さ、粘弾性、なめらかさの3つとした。コントロールとして用いた市販の強力粉「カメリヤ」を2.5点とし、各項目を5点満点で比較評価した。

[次へ進む](#)   [前に戻る](#)   [目次に戻る](#)

### III. 小麦粉の特性と中華麺の色及び物性

#### 2) 結果及び考察

##### (1) タンパク質, 灰分, PPO活性, ポリフェノール含量及びアミロース含量

**第6表**に粉のタンパク質含量, 灰分含量, PPO活性, ポリフェノール含量及びアミロース含量を示した。タンパク質含量は「PH」が最も高く(13.0%), 市販粉が最も低かった(11.2%)。他の3つのサンプルはそれらの中間の値(11.5%~12%)を示した。

全粒粉の灰分含量は, 「PH」が最も低かった。一方, 小麦粉の灰分含量は「キタノカオリ」と「春よ恋」が高く, 市販粉が低い値を示した。

全粒粉のPPO活性とポリフェノール含量は, 「キタノカオリ」が低く, 他の3つのサンプルは高い傾向を示した。一方, 小麦粉のPPO活性とポリフェノール含量は, 「キタノカオリ」, 「PH」及び市販粉が低い値を示した。PPOとポリフェノールはアリューロン層や皮の部分に局在する(Marsh and Galliard 1986, Baik et al. 1994a)。「キタノカオリ」と「PH」は小麦粉のPPO活性とポリフェノール含量が低かったが, 「PH」は全粒粉ではPPO活性及びポリフェノール含量いずれも「キタノカオリ」より高く, 「春よ恋」や「HRW」と同程度の値を示した。これらの結果から, 小麦粉のPPO活性やポリフェノール含量が低いのは「PH」の場合は製粉時のアリューロン層や皮部の混入が少ないためであり, 「キタノカオリ」ではコムギ粒自体に含まれる量が少ないためであると考えられる。

アミロース含量は, 「キタノカオリ」及び「春よ恋」が低く, 「HRW」が最も高かった。「キタノカオリ」と「春よ恋」はWx-B1タンパク質が欠失しているタイプであることはNAKAMURA et al. (2002)の方法により明らかになっており, 「HRW」は野生型の小麦品種から構成されている。従って, 「PH」や市販粉にはWx欠失タイプと野生型の品種が混在していると推察される。

##### (2) 小麦粉の粉色と生中華麺生地色

**第7表**に5つの小麦粉サンプルの粉色と生中華麺生地色を示した。小麦粉の粉色に関しては, 明るさ(L\*値)は市販粉が最も高く, 次いで「PH」が高く, その他のサンプルは同程度の値を示した。赤み(a\*値)は市販粉が最も低く, 「キタノカオリ」が最も高かった。黄色み(b\*値)は「キタノカオリ」が最も高く, 「春よ恋」と「PH」が低かった。

作成直後の麺生地色の明るさ(L\*(0h))は市販粉が最も高く, その他のサンプルは同程度の値を示した。赤み(a\*(0h))は市販粉と「PH」が低く「キタノカオリ」が高い値を示した。黄色み(b\*(0h))は「キタノカオリ」が最も高く, 市販粉が最も低かった。

貯蔵72時間後の生地色の明るさ(L\*(72h))は市販粉が最も高く, 次いで「キタノカオリ」と「PH」が高かった。赤み(a\*(72h))は市販粉が最も低く, 次いで「キタノカオリ」と「PH」が低かった。黄色み(b\*(72h))は「キタノカオリ」が最も高い値を示した。

貯蔵中の生地色の変化を**第5図**に示した。全てのサンプルでL\*は減少し, a\*は増加した。一方, b\*は貯蔵4時間まで増加し, その後徐々に減少した。「キタノカオリ」, 「PH」及び市販粉の0~72時間のL\*の変化量(L\*=L\*(0h)-L\*(72h))は比較的小さかった(**第7表**)。BAIK et al. (1994b, 1995)とKRUGER et al. (1994b)は, 時間の経過に伴う麺の明るさの減少や色の安定性の低下は粉のPPO活性によって起こると報告している。本研究においても,

「キタノカオリ」, 「PH」及び市販粉はPPO活性が低かった(第6表)。従って, これら3つのサンプルの明るさの安定性は低い小麦粉のPPO活性によるものと考えられた。一方,  $a^*$  ( $a^*(0h) - a^*(72h)$ ) 及び  $b^*$  ( $b^*(0h) - b^*(72h)$ ) では「キタノカオリ」と市販粉が小さかったが, 「PH」は大きい値を示した。コムギ粒の高いタンパク質含量もまた, 変色と関係があることが報告されており (BAIK et al. 1994a, 1995, LANG et al. 1998, MISKELLY 1984, OH et al. 1985), 「PH」のタンパク質含量が高かったため,  $a^*$  及び  $b^*$  が大きくなったものと考えられた。

### (3) 小麦粉の糊化特性

蒸留水及び塩化ナトリウムを含むかんすい溶液を用いた場合の小麦粉の糊化特性を第8表に示した。蒸留水を用いたRVAの最高粘度のサンプル間の差は小さかった。ブレイクダウンについてみると「キタノカオリ」と「春よ恋」が高く, 「HRW」が低く, 「PH」と市販粉が中間の値を示した。セットバックは, 「春よ恋」が最も低く, 次いで「キタノカオリ」が低い値を示し, 他のサンプルは同程度であった。ISHIDA et al. (2003) は, Wx-B1欠失タイプは野生型よりブレイクダウンが高く, セットバックが低いと報告しており, 本研究の結果はこの報告と一致していた。高いブレイクダウンや低いセットバックという糊化特性は, 一般的にその糊化したペーストが高い粘性を持ち, 時間の経過に伴う硬さの増加の程度が小さいということを示している。かんすい溶液を用いたRVAの最高粘度はサンプル間で大きな差がみられ, 「キタノカオリ」が最も高い値を示した。ブレイクダウンは「キタノカオリ」が最も高く, 「HRW」が最も低かった。セットバックは「キタノカオリ」と「春よ恋」が低く, 次いで「HRW」が低く, 「PH」と市販粉が高かった。また, 「PH」を除く全サンプルの最高粘度は蒸留水よりかんすい溶液を用いた場合の方が高い値を示し, 特に「キタノカオリ」や「春よ恋」で顕著であった。一般にかんすいは, タンパク質の弾力性と伸展性を増し, デンプンの糊化を促進する働きをされていることから, 「キタノカオリ」及び「春よ恋」の最高粘度の増加は, かんすいによる低アミロースデンプンの糊化の促進が主たる要因であると考えられる。さらに, かんすい溶液を用いたときの「キタノカオリ」のブレイクダウンは, 蒸留水に比べ顕著に高い値を示した。このように, 「キタノカオリ」は, かんすいを用いた場合の糊化特性の変化が他のサンプルに比べ大きかった。この理由については本試験では明らかにしていないが, かんすいがタンパク質に作用することを考えると, 「キタノカオリ」と「春よ恋」のタンパク質組成の違いに起因するのではないかと推察される。

### (4) 小麦粉ゲルとデンプンゲルの物性

各々0.13%の塩化ナトリウムとかんすいを含む溶液で作成した小麦粉ゲル及びデンプンゲルの物性を第9表に示した。小麦粉のゲルについてみると, 硬さは「HRW」が最も高く, 「キタノカオリ」が最も低く, 他の3つのサンプルはそれらの中間の値を示した。粘弾性は, 「春よ恋」が最も高く, 次いで「キタノカオリ」, 「HRW」が高く, 「PH」と市販粉が最も低い値を示した。

デンプンゲルについてみると, 硬さは「HRW」が最も高く, 「キタノカオリ」が最も低い値を示した。また, 粘弾性は, 低アミロースのサンプル, すなわち「春よ恋」と「キタノカオリ」が他の高アミロースのサンプルより高い傾向を示し, これらのことからアミロース含量がデンプンゲルの粘弾性に関係していると考えられた。

### (5) 中華麺の生麺及びゆで麺の物性

第6図に「キタノカオリ」の中華麺の物性を表す応力-変形カーブを示した。測定項目は破断応力 (breaking force : BF) , 変形 (breaking deformation : BD) 及び粘弾性の指標となる BF/BDとした。BF/BDは、値が小さいほど粘弾性が高いことを示す。また、第10表に中華生麺とゆで麺の物性を示した。

生麺では、BFは試料による大きなばらつきが認められ、「PH」が最も高く、「春よ恋」が最も低い値を示した。BDは、「PH」が最も高く、次いで「HRW」と市販粉が高く、「春よ恋」と「キタノカオリ」が低かった。BF/BDは「春よ恋」が最も低かった。しかし、BF、BD及びBF/BDは、タンパク質含量やアミロース含量の違いによる影響はみられなかった。

3分後のゆで麺では、「PH」のBFが最も高く、次いで「春よ恋」が高い値を示した。BDは「キタノカオリ」が最も高く、次いで「春よ恋」、市販粉の順で高い値を示した。BF/BDは「キタノカオリ」が最も低く、次いで「春よ恋」、市販粉の順で低い値を示した。

一方、7分後のゆで麺では、BFは「HRW」及び「PH」が高い値を示し、「キタノカオリ」、「春よ恋」、市販粉が低い値を示した。BDは全サンプルで有意差は認められなかったものの「キタノカオリ」と「春よ恋」で高い傾向を示し、BF/BDは「キタノカオリ」、「春よ恋」、市販粉の順で低い傾向が認められた。以上のようにゆで麺では「キタノカオリ」及び「春よ恋」の2つの低アミロースのサンプルがBDでは高く、BF/BDでは低い傾向を示したことから、ゆで麺のBDとBF/BDはアミロース含量の影響を受けていることが示唆された。ISHIDA et al. (2003) は、小麦粉のアミロース含量が低いほどBDが増加、BF/BDが減少し、より粘弾性が強く、柔らかい麺になると報告している。本研究における中華麺の結果は、ISHIDA et al. (2003) が報告したうどんの結果と一致していた。

圧縮試験による粘弾性指数を第10表に示した。3分後のゆで麺では、「春よ恋」、「キタノカオリ」、「PH」の順で指数が高く、「HRW」は低い値を示した。また、7分後のゆで麺では、粘弾性指数に有意差はみられなかったものの、「キタノカオリ」、「春よ恋」で高い傾向を示した。以上のように、「キタノカオリ」や「春よ恋」は、圧縮試験においても粘弾性が高く、切断試験によるBF/BDの結果と一致していた。

#### (6) 中華麺のゆで麺の官能評価

中華麺の官能評価試験の結果を第11表に示した。評価項目のうち硬さについてはサンプル間に有意差はみられなかった。粘弾性は、「キタノカオリ」と「春よ恋」が高く、「HRW」が低かった。この結果もまた、低アミロースの小麦粉から作った中華麺が高アミロースの粉から作ったものより高い粘弾性を持つことを示していた。官能評価における粘弾性の評点とアミロース含量の関係はデンプンゲルやゆで麺の粘弾性とアミロース含量の関係と同様であった。なめらかさは、「キタノカオリ」が最も高く、次いで「春よ恋」及び「PH」が高く、「HRW」が最も低い値を示した。この結果は、なめらかさもまたアミロース含量の影響を受けることを示唆していた。総合点では「キタノカオリ」が最も高かった。以上より、低アミロースの小麦粉から作った中華麺は優れた食感を持ち、特に粘弾性となめらかさにおいて優れていることが明らかとなった。

#### (7) 「キタノカオリ」の中華麺適性の評価

「キタノカオリ」は低PPO活性と低アミロース含量という2つの特徴を持っており、これらの特徴は色や食感において非常に重要と考えられている。

「キタノカオリ」の中華麺は、低PPO活性であるため、麺の明るさの低下が少なかった。それに加え、赤みや黄色みの変化も他のサンプルより小さかった。また、「キタノカオリ」は粉と中華麺の両方において黄色みが強く、これらの色における特性は中華麺に適するものと考えら

れた。

物性と食感についてみると、「キタノカオリ」はRVAのブレイクダウンが高く、セットバックが低く、デンプンゲルや中華麺の粘弾性が高く、官能評価における粘弾性となめらかさの評点が高いという特性を持っており、それらは全てアミロース含量が低いことによる結果であると考えられた。官能評価においては、「キタノカオリ」の総合点が他のサンプルに比べ高かった。以上より「キタノカオリ」の中華麺は、低PPO活性と低アミロース含量という2つの特徴を持つことにより、優れた中華麺適性を示すことが明らかとなった。

[次へ進む](#) [前に戻る](#) [目次に戻る](#)

## IV. 中華麺品質改善のための選抜法の開発

### 1. 良粉色系統選抜のための胚乳断面色の測定による評価法

うどん等の日本麺に用いられる中間質または軟質コムギと同様に、硬質コムギにおいても、中華麺用として用いる場合には優れた粉色を持つ品種・系統の選抜が必要となってくる。粉色を遺伝的に改善するには、胚乳の色とふすまの切れ込みの2つを改善する必要がある。これらを別々に評価することによって、より効率的な選抜が可能になると考えられる。しかし、従来の測定法にしても製粉後の粉を用いるため、ふすまの影響を除いた評価は不可能であった。また、育種プログラムで多検体を扱える簡便な測定法は報告されていない。そこで、本章第1節では、歯科などで使用されている微小面分光色差計を用いて、コムギ粒の胚乳断面の色 ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ) を測定することにより、ふすまの影響を除いた粉色の評価法を検討した。

[次へ進む](#)   [前に戻る](#)   [目次に戻る](#)

## IV. 中華麺品質改善のための選抜法の開発

### 1) 材料及び方法

#### (1) 供試品種

第12表-aに供試品種・系統の一覧を示した。東北農業試験場産のコムギ19品種・系統は、1996年9月26日に播種し、栽培様式は畦幅70cm、条間12cm、株間10cmの2条千鳥点播とした。全品種・系統とも翌年の7月に収穫し、乾燥舎内で自然乾燥した後、脱穀及び調整を行い、胚乳断面色の測定及び製粉に用いた。

製粉試験はブラベンダー社の小型テストミル (Quadrumat junior II) (以下、ブラベンダー製粉機と記載) で行い、A粉 (低灰分粉)、B粉 (高灰分粉)、ふすまの3つに分け、A粉を品質分析に用いた。比表面積、タンパク質含量と胚乳の色相との関係を調べるため、「小麦品質検定方法」(農林水産省農林水産技術会議事務局 1968) 及び「小麦品質検定簡易マニュアル (一次案)」(農林水産省農業研究センター作物第二部 1990) に従って、比表面積、粗タンパク質含量を測定した。また、A粉の粉色 (R554, R455) は、従来法である反射型分光光度計を用いた測定により評価した。

なお、胚乳断面色、比表面積、粗タンパク質含量については比較のため、1997年に秋田県農業試験場で収穫された「あきたっこ」(以下、秋田産「あきたっこ」) 及び福島県農業試験場会津支場で収穫された「しゅんよう」(以下、会津産「しゅんよう」) もあわせて測定を行い、胚乳断面色については、さらに食糧庁提供の「ASW」(Australian Standard White)、「WW」

(Western White) 及び「HRW」(Hard Red Winter) についても測定を行った (第1表, 第12表-a)。

#### (2) 胚乳断面色測定試料の調製

胚乳断面色の測定に用いる試料は以下の方法で調製した。コムギ種子をカッターナイフで半分になり、胚側は播種するために残し、胚を含まない半粒をさらに2mmの厚さの輪切りにした後、外周の皮を取り除いた (第7図)。従来法では、粉の粒度による影響を除くため、小麦粉に蒸留水を加えてペースト状にしたものを測定に用いるため、これらの試料も蒸留水に浸漬した。試料の蒸留水への浸漬時間を検討するため、東北農業試験場 (以下、東北農試と記す) 産及び食糧庁より提供されたコムギ8品種 (第12表-b) を上記の手順で調製し、蒸留水に浸漬した後、1時間ごとに1品種につき10粒ずつ胚乳断面の色を測定した。

#### (3) 胚乳断面色及び胚乳粉色の測定

コムギ種子の胚乳断面及び胚乳粉色の測定は、微小面分光色差計 (MSP-Σ90, 日本電色工業) の測定部を上下反転して、試料台に載せた試料の下から光をあてて測定できるように改造したものをを用いて行った。蒸留水に浸漬した試料を取り出して、ろ紙に載せて水分を軽く取り除き、微小面分光色差計のガラスの試料台の上に5粒ずつ並べ、測定径0.2mmで測定を行った。

また、胚乳断面色測定に用いた品種系統のうち、東北農試産の19品種・系統の中からランダムに選んだ9品種 (第12表-a) と秋田産「あきたっこ」、会津産「しゅんよう」をあわせた計11品種について、ふすまの切れ込みによる影響のない胚乳色を評価するため、胚乳のみからなる粉 (以

下胚乳粉とする)を調製した。調製方法は以下の通りである。コムギ種子をカッターナイフで半分に分けて皮及び胚を完全に除去し、胚乳のみを取り出した後、乳鉢で粉碎して、100メッシュ(150 $\mu$ m $\times$ 150 $\mu$ m)の篩に通した。次に、胚乳粉1.5gを秤量し、従来法による粉色の測定と同じ比率(小麦粉:蒸留水=3:4)の蒸留水(2ml)を加えて攪拌したものを高さ、口径ともに1cmの円筒形透明セルに充填し、微小面分光色差計で粉色を測定した。

また、胚乳粉と製粉後の粉色の違いを比較するため、ブラベンダー製粉機で製粉したA粉についても、反射型分光光度計による測定とは別に、胚乳粉と同様にして、微小面分光色差計でL\*, a\*, b\*を測定した。

[次へ進む](#) [前に戻る](#) [目次に戻る](#)

## IV. 中華麵品質改善のための選抜法の開発

### 2) 結果及び考察

#### (1) 試料の浸漬時間

試料の蒸留水への浸漬時間による胚乳断面色のL\*の変化を第8図に10粒の平均値で示した。「中間母本農6号」や「コユキコムギ」では、浸漬時間が長くなるに従ってL\*値が増加したが、「農林61号」ではほとんど変化がみられなかった。また、蒸留水への浸漬時間が長くなるに従い、品種間差が小さくなる傾向が見られた。

コムギの胚乳断面の色の変化を肉眼で観察したところ、乾燥時のコムギの胚乳断面は、「農林61号」では白く、製粉後の粉色に近い色をしていたが、硝子状を呈する種子の割合、すなわち硝子率が高い「中間母本農6号」や「コユキコムギ」では、半透明となる傾向がみられた。これらを蒸留水に浸漬したところ、農林61号では胚乳断面の色にあまり変化は見られなかったが、「中間母本農6号」や「コユキコムギ」では半透明から「農林61号」と同様の白色に変化した。従って、胚乳断面色のL\*が増加したのは、半透明から白色へ透過性が変化したためであると考えられた。

さらに、浸漬を続けた結果、4時間後には、全品種で安定した値をとるようになり、浸漬6時間以上では胚乳が崩壊する品種・系統がみられ、測定が困難となった。従って、胚乳断面色の測定は、浸漬後4時間で行うこととした。

#### (2) 胚乳断面色と胚乳粉色の関係

第9図に東北農試産9品種・系統及び秋田産「あきたっこ」、会津産「しゅんよう」（計11品種・系統）の胚乳断面の色調と胚乳粉色の関係を示した。なお、以下に示す胚乳断面色のデータは全て10粒の平均値を用い、L\*、a\*、b\*の変動係数の品種・系統平均は、各々1.4%、15%、9.5%であった。L\*は、胚乳断面では69.6~72.1、胚乳粉では75.8~76.9の範囲に分布しており、これら2つの項目間の相関係数は $r=0.854^{***}$ であった。a\*は、胚乳断面では-1.47~-0.59、胚乳粉では-2.02~-1.05の範囲に分布しており、項目間の相関係数は $r=0.783^{**}$ であった。また、b\*は、胚乳断面で3.78~5.91、胚乳粉で5.65~9.08の範囲に分布しており、項目間の相関係数は $r=0.966^{***}$ であった。以上のように、胚乳断面色と胚乳粉色の間にはL\*、a\*、b\*いずれにおいても高い相関関係が認められた。従って、胚乳断面色を測定することにより、胚乳粉色を推定できることが明らかとなった。

#### (3) コムギ品種・系統の胚乳断面の色相及び彩度

第10図-aに東北農試産コムギ19品種・系統、秋田産「あきたっこ」、会津産「しゅんよう」及び外国産コムギ3銘柄（「ASW」、「WW」、「HRW」）（計24品種・系統及び銘柄）におけるa\*とb\*の関係を示した。これらの品種・系統のa\*とb\*の間には高い負の相関関係が認められ（ $r=-0.901^{***}$ ）、 $\arctan(b^*/a^*)$ で計算される色相角度（ $h^\circ$ ）がほぼ一定になることから、コムギ品種・系統の胚乳の色相はほぼ同じであることが明らかとなった。CIELABの色相ダイアグラムでは、a\*をX軸、b\*をY軸とした座標において、正方向のX軸を0とし、ここから半時計回りに移動した角度（ $h^\circ$ ）で色相がわかるようになっており、同座標における原点からの距離で彩度

( $C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$ ) が示される (VOSS 1992)。全品種・系統の色相角度の平均値を計算したところ、 $h^\circ = 100$  となり、色相ダイアグラム上の位置から、色相はやや緑がかった黄色であることが示された。従って、コムギの胚乳色においては、彩度が高い品種・系統ほど黄色みが強い。

さらに、 $b^*$  と彩度 ( $C^*$ ) の関係を見ると、 $a^*$  の絶対値が  $b^*$  に比べ非常に小さい値であるため、 $b^*$  と  $C^*$  の間には極めて高い相関関係が認められた ( $r = 0.999^{***}$ ) (第10図-b)。従って、コムギの胚乳断面色の彩度は  $b^*$  とほぼ一致することが示された。

第10図-cにこれらの品種・系統の明度 ( $L^*$ ) と彩度 ( $C^*$ ) における分布を示した。東北農試産及び秋田、会津産の品種・系統のうち  $L^*$  が高かったのは、秋田産「あきたっこ」(72.1)、会津産「しゅんよう」(71.4)、「Recital」(71.4)、「白火」(71.4)、「関東107号」(71.1)、「Thatcher」(71.1)、「タイセツコムギ」(70.8) などであったが、秋田産「あきたっこ」を除き、いずれも外国産の銘柄である「ASW」(72.1)や「WW」(72.7)に比べ低かった。一方、彩度の分布についてみると、 $C^*$  が5以下に分布するものと6前後に分布するものの2つの品種・系統グループに分かれる傾向がみられた。 $C^*$  が6前後に分布する黄色みが強い品種・系統グループには、「Rosella」(6.68)、「タイセツコムギ」(6.43)、会津産及び東北農試産の「しゅんよう」(6.01, 5.94)、秋田産「あきたっこ」(5.78)があり、 $C^*$  が4以下の品種・系統・銘柄には、「HRW」(3.73)、「Recital」(3.83)、「コユキコムギ」(3.86)、「b-B8088」(3.94)があった。また、 $L^*$  と  $C^*$  の間には相関関係が認められず、明るさと彩度については独立に選抜できるものと推察された。

#### (4) 胚乳断面色と従来法によるA粉色との関係

第11図に東北農試産19品種・系統の胚乳断面色と機械製粉したA粉の従来法によるR554(明るさの指標)及びR455(白さの指標)の関係を示した。R554は、胚乳断面の  $L^*$ 、 $a^*$ 、 $b^*$  のいずれとも相関関係が認められなかった。一方、R455は、胚乳断面の  $L^*$  とは相関関係が認められなかったものの、 $a^*$  とは正の、 $b^*$  とは負の高い相関関係が認められた。このことは、胚乳断面の  $a^*$  及び  $b^*$  の絶対値が大きいもの、すなわち彩度が高いものほど従来法によるR455が低いことを示している。

R554は主としてふすまの混入に影響され、値が高いほど明るいことを示すのに対し、R455は主として胚乳色素による黄色みに影響され、値が高いほど白く、低いほど黄色みが強い(農林水産省農業研究センター作物第二部 1990)。従って、これらの品種・系統の従来法による粉色と胚乳断面色は、明るさにおいては異なる傾向を示し、黄色みにおいては一致した傾向を示すことが明らかとなった。また、粉の明るさが、胚乳断面の明るさと異なる傾向を示すのは、製粉時のふすまの混入による影響を受けるためであると考えられた。

#### (5) ふすまの混入による粉色の変化

第12図に、微小面分光色差計により測定した胚乳粉色(胚乳のみからなる粉でふすまを含まない)及びA粉色(ふすまの混入の影響を受ける)を示した。胚乳粉の  $L^*$  は「Recital」,「関東107号」,「タイセツコムギ」で高い値を示したが、A粉の  $L^*$  は「タイセツコムギ」,「キタカミコムギ」,「白火」で高い値を示した。A粉の  $L^*$  は全品種・系統で胚乳粉に比べ低い値を示したが、その差は品種によって変動がみられ、「Recital」,「関東107号」,「Rosella」は他の品種・系統に比べ、胚乳粉とA粉の  $L^*$  の差が大きかった。従って、ふすまの混入はA粉の  $L^*$  を低下させ、低下の程度は品種・系統によって異なるものと考えられた。 $a^*$  は、胚乳粉及びA粉とも、「タイセツコムギ」,「Rosella」,「白火」で低い値を示した。A

粉のa\*は全品種系統で胚乳粉に比べ高い値を示し、その差は、全品種・系統とも同程度であった。b\*は、胚乳粉及びA粉ともに、「タイセツコムギ」,「Rosella」で高い値を示した。A粉のb\*は全品種・系統で胚乳粉に比べ低い値を示し、その差は全品種・系統とも同程度であった。以上のことから、a\*及びb\*では、胚乳粉色とA粉色間で、これらの品種・系統が同様の傾向を示すのに対し、L\*では異なる傾向を示し、A粉により胚乳粉の黄色みを推定することはできるが、明るさを推定することはできないことが明らかになった。

#### (6) 胚乳断面色と比表面積及び粗タンパク質含量の関係

第13図に、東北農試産コムギ19品種・系統及び秋田産「あきたっこ」、会津産「しゅんよう」(計21品種・系統)の胚乳断面のL\*及び比表面積における分布を示し、第14図に胚乳断面のL\*及びA粉の粗タンパク質含量における分布を示した。コムギは比表面積2000cm<sup>2</sup>/gを境界として、軟質コムギと硬質コムギに分けることができるとされている(伊藤ら1995)。本研究においても、A粉粗タンパク質含量が非常に低かった秋田産の「あきたっこ」を除き、比表面積を指標として硬質コムギと軟質コムギに分けることができ、硬質、軟質いずれのグループにも胚乳断面のL\*が高いものが存在した。

A粉の粗タンパク質含量は、東北農試産のものは、秋田産「あきたっこ」や会津産「しゅんよう」に比べいずれも高い値を示した。一般に、粗タンパク質含量が高くなると、粉色が劣化することが知られている(MISKELY 1984, 飯田ら 1991, 久保田ら 1994, 小綿ら 1996)が、粗タンパク質含量が13~15%ときわめて高い品種・系統でも、胚乳断面のL\*が高いものが存在した。一方、東北農試産「しゅんよう」と会津産「しゅんよう」を比較してみると、胚乳断面のL\*は東北農試産が69.4であるのに対し、会津産は71.4と明らかに高い値を示した(t検定の結果、n=10, t=3.85, 危険率0.4%で有意差あり)。また、比表面積は、東北農試産が2509cm<sup>2</sup>/gであるのに対し、会津産が2828cm<sup>2</sup>/gとやや高い値を示し、粗タンパク質含量は、東北農試産が12.5%ときわめて高い値であるのに対し、会津産が6.6%ときわめて低い値を示した。従って、「しゅんよう」においては、粗タンパク質含量が低く、比表面積が大きい会津産の胚乳色が明らかに優れる傾向が認められた。

#### (7) 胚乳断面色による評価法の育種への利用

コムギ種子の胚乳断面色を測定するための試料の調製方法について検討した結果、測定前の試料の蒸留水への浸漬時間が長くなるに従い、硬質コムギの胚乳断面のL\*値が増加し、硝子率による差が減少した。また、4時間後には全品種・系統とも安定した値をとるようになった。硝子率は、硝子状を呈する硝子質種子の割合を示すものであり、一般に硝子率が高いほど粒が硬く(硬質)なる。硝子質の種子では胚乳中のデンプン粒の間隙を埋めるタンパク質の量が多く、胚乳組織が緻密になっている。従って、硝子率の高い硬質品種では、試料の蒸留水への浸漬により、このような胚乳の構造に何らかの変化が起き、光の反射特性が変わることによって、胚乳の硝子率による影響が排除され、胚乳断面色が、従来法で用いられるペースト状の粉色に近づくものと考えられた。また、浸漬時間は、6時間以上になると、胚乳の形が崩壊し、測定が困難となるため、4時間が適当であることが示唆された。

胚乳断面色とふすまの混入による影響のない胚乳粉色の間には、L\*, a\*, b\*のいずれにおいても高い相関関係が認められた。一方、胚乳断面色と従来法によるA粉の粉色の関係をみると、黄色みに関係する測定値間(R455とa\*, b\*)では相関関係が認められたが、明るさに関係する測定値間(R554とL\*)では相関関係が認められなかった。このことから、従来法による評価と胚乳断面色による評価は黄色みにおいては一致するが、明るさにおいては一致せず、胚乳断面色を指標

として粉の明るさの選抜を行った場合、従来法による選抜とは異なるものを選抜することになると考えられた。このことは、胚乳断面色による粉色の評価法は、従来法の代替法及び簡便法としてではなく、ふすまの混入による影響のない胚乳色を基準とした新しい評価法として位置づけるべきであることを示唆している。

国内外のコムギ品種・系統について胚乳の色相及び彩度を検討した結果、コムギの品種・系統の胚乳色は色相が同じで、彩度が異なることが示され、色相は、やや緑がかっているもののほぼ黄色であったことから、彩度によって黄色みを評価できることが明らかとなった。さらに彩度は $b^*$ と非常に高い相関関係があることから、多数の系統を扱う育種の現場で、実際に胚乳の黄色みについて選抜を行う場合には、簡易な方法として $b^*$ を指標として用いることができるものと思われた。また、明度と彩度の間には相関関係が認められず、明るさについて選抜することにより彩度に偏りが生じることはないものと推察された。柳沢・天野（1993）は、麵の官能評価との関係では、粉色は明度が高く、適度な黄色みをもつものが良いと報告しており、胚乳断面色による選抜では、明るさ及び黄色みの両方について目的とする粉色を持つ品種・系統を独立に選抜することが可能であると考えられた。

胚乳のみから成る胚乳粉とブラベンダー製粉機で製粉したA粉の粉色を比較した結果、製粉時のふすまの混入がA粉の $L^*$ を低下させ、低下の程度は品種・系統によって異なることが明らかとなり、ふすまの混入の影響の大きい品種・系統が存在することが示唆された。A粉と胚乳粉の差は、本研究で用いた品種・系統の中では、「Recital」、「関東107号」、「Rosella」で大きく、これらの品種・系統は、ふすまの混入による粉色の暗色化の程度が大きかったものと思われる。胚乳粉色を調査した品種・系統のうち、「Rosella」は白粒種で、その他は赤粒種であり、一般に白粒種は赤粒種に比べ、ふすまの混入による粉の暗色化の程度は小さいことが知られているが、「Rosella」は気象条件が必ずしも適地とはいえない東北農試で栽培した材料であるため、外皮の一部が褐変している粒が多数みられ、製粉時に褐色の部分が混入することにより、粉が暗色化したものと推察された。

本研究で用いた品種・系統は、硬軟質性及び粗タンパク質含量の高低に関わらず、胚乳断面の $L^*$ が高い値を示すものが存在し、硬質コムギ、軟質コムギの両方において胚乳色の優れた系統を選抜でき、さらにはタンパク質含量が高く、かつ胚乳色の優れた系統を選抜することが可能であることが示された。しかし、産地の異なる「しゅんよう」を比較すると、粗タンパク質含量が高いものは低いものに比べ、明らかに胚乳断面の $L^*$ が低かった。BARNES（1986）は、胚乳粉の明るさとタンパク質含量の間に負の相関があることを報告しており、同一品種内でタンパク質含量が増加した場合、胚乳色そのものが暗色化し、粉色の劣化につながる可能性があることが示唆された。

以上のように、本研究では、胚乳断面色を用いた粉色の評価法を開発することができた。この評価法の最も大きな利点は、ふすまの混入の影響を除いた粉色を評価できることであるが、その他の利点として、種子の半粒で測定でき、試料の調製時に残った胚側の半粒を播種することにより次世代を得ることができるため、F2世代からの個体選抜が可能であることがあげられる。また、1粒ずつ測定できるため、粉色の異なる品種を交配して得られた後代種子の胚乳断面色の分離を検討することができ、粉色の遺伝様式の解明に役立てることができると考えられる。

[次へ進む](#)   [前に戻る](#)   [目次に戻る](#)

#### IV. 中華麺品質改善のための選抜法の開発

##### 2. 麺の変色の少ない系統選抜のための小麦粉のポリフェノールオキシダーゼ活性の簡易評価法

中華麺色とPPO活性の関係や測定法に関する研究は海外では多くの報告があるが、国内の品種・系統を用いて、その変異を評価した報告は少ない。そこで本章第2節では、北海道の硬質コムギ品種・系統について中華麺色とPPO活性の関係を調査するとともに、海外においてすでに利用されているPPO活性の簡易評価法が国内での硬質系統選抜に適用できるかどうかを検討した。また、中華麺色の良好な系統をさらに効率的に選抜することを目的として、新たなPPO活性の簡易評価法の開発を試みた。

[次へ進む](#)   [前に戻る](#)   [目次に戻る](#)

## IV. 中華麺品質改善のための選抜法の開発

### 1) 材料及び方法

#### (1) 供試品種

供試材料として、硬質コムギ品種2点（「キタノカオリ」（独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構北海道農業研究センター）、「ホロシリコムギ」（北海道立北見農業試験場）、北海道農業研究センター育成の硬質コムギ系統12点、外国産コムギ銘柄3点（「1CW」, 「HRW」, 「ASW」）（[第1表](#)）, 分譲・購入により小麦粉として入手した3点（「ホクシン」, 「DNS」: Dark Northern Spring, 中華麺用市販粉: 天安門 日清製粉製）の計20点を用いた。

#### (2) 栽培方法

北海道育成の硬質コムギ品種2点と育成系統12点は、2002年9月～2003年7月に北海道農業研究センター畑作研究部（現芽室拠点）の育種試験圃場（河西郡芽室町）で栽培した。栽培様式は、1区面積6m<sup>2</sup>（畦幅15cm×8畦, 1.2m×5m）のドリル播で、播種量は255粒/m<sup>2</sup>とし、反復は2区とした。施肥は窒素成分で基肥として5kg/10a, 追肥として6kg/10a施用し、追肥は起生期に当たる4月下旬に行った。全品種・系統とも7月に収穫し、乾燥舎内で自然乾燥した後、脱穀及び調製を行った。

また、外国産銘柄3点は、農林水産省総合食料局より提供を受けた種子を調整し、試験圃場で栽培した品種・系統と同様に製粉を行った。

#### (3) 製粉及び成分分析

製粉はビューラー式テストミル（Bhler製）を用いて行い、上級粉から60%までを採り分けた60%粉を5℃の低温庫で約1ヶ月間保存した後、小麦粉の分析に供試した。圃場での反復区は製粉前に同量ずつ混合した。また、供試材料20点のうち、小麦粉として入手した3点を除く17点の種子を遠心粉砕機（Retsch製）で粉砕し、種子の成分分析に供試した。

分析項目は、小麦粉では灰分含量、タンパク質含量、PPO活性、種子ではPPO活性のみとした。灰分含量はAACC法（American Association of Cereal Chemists 1991a）に従って分析を行い、タンパク質含量は近赤外分光分析機（Inframatic 8120, Percon製）を用いて測定した。

#### (4) 従来法によるPPO活性の測定と簡易評価法によるPPO活性の評価

##### ① 酸素電極法による種子及び小麦粉のPPO活性測定

従来法としてMARSH and GALLIARD（1986）の方法に従い、生物用酸素モニター（YSI製）を用いて小麦粉及び種子のPPO活性の測定を行った。酸素モニターに付属している円筒形のセルに0.1Mイミダゾール緩衝液（pH6.5）4mLを入れ、攪拌して空気飽和状態にし、小麦粉または全粒粉0.2gを加えて、酸素電極を差し込み、セル内を閉鎖して、攪拌しながら液体中の溶存酸素量をモニタリングした。5分後、基質として1.6Mカテコールを0.1mL加え、モニタリングを15分間継続した。基質を添加すると試料中のPPOの作用により基質が酸化され、酸素が消費されるため、溶存酸素量が減少するが、減少速度が比較的安定している添加後5～15分の10分間の減少量を

データとして用い、単位試料重当たりの酸素消費速度 (nmolO<sub>2</sub>/min/g) でPPO活性を表した。この方法によるPPO活性値を以下、「酸素電極法によるPPO活性値」と表記した。これらの分析は全て2反復で行った。

### ②コムギ種子のPPO活性の簡易評価

ANDERSON and MORRIS (2001) の方法 (以下L-DOPA法とする。) に従い、種子のPPO活性の簡易評価を行った。試験は、小麦粉として入手した3点を除く17点を用いて行った。2 mLのマイクロチューブに種子5粒を入れ、水酸化ナトリウムでpH6.5に調製したL-DOPA溶液 (基質: 10mM L-DOPA, 緩衝液: 50mM MOPS) を1.5mL加え、室温 (20°C) で1時間振とうした。ポリフェノール類は酸化してキノンと呼ばれる赤または赤褐色の物質となり、L-DOPA法では種子中のPPOの作用によりL-DOPAが酸化され、溶液が赤褐色に着色する。この溶液をマイクロピペットで採取し、分光光度計 (U-1500, 日立) で475nmの吸光度を測定することにより、生成したキノンの量からPPO活性を推測することができる。この方法による吸光度を以下、「L-DOPA法 (種子) によるPPO活性値」と表記した。試験は3反復で行った。

### ③小麦粉のPPO活性の簡易評価

上記のL-DOPA法を改変し、小麦粉のPPO活性を簡易に評価する方法 (以下、L-DOPA改変法とする) を検討した。直径2.5cm, 高さ12cmの平底の培養試験管に小麦粉0.2gとL-DOPA溶液 (10mM L-DOPA, 50mM MOPS) を4 mL加え、室温で1時間振とう後放置し、測定直前に反応液を良く攪拌した後、色彩色差計 (測定径8 mm) (CM-3500d, ミノルタ製) で底面から着色した反応液の色 (L\* (明るさ), a\* (赤み), b\* (黄色み)) を測定した。反応液の色はL\*, a\*, b\*の3つの値のうちL\*が最も大きく変化し、品種間差異も大きかったため、この方法によるL\*値を以下、「L-DOPA改変法 (小麦粉) によるPPO活性値」と表記した。また、放置時間を検討するため、供試材料のうち5品種・銘柄を用いて、当日に測定することを想定した1, 1.25, 1.5, 1.75, 2時間 (h) 放置区と、1晩放置後、翌日測定することを想定した18, 20, 22時間 (h) 放置区を設けた。試験は2反復で行った。

## (5) 中華麺生地色の測定

中華麺帯の作成は「小麦の品質評価法」(農林水産省食品総合研究所 1980) による中華麺製麺法を改変した方法 (材料の量を全て10分の1に縮小) に基づいて行った。小麦粉試料は13.5%水分ベースで50gを使用し、加水量は13.5%水分ベースの小麦粉に対して34%とした。かんすい (炭酸カリウム: 0.3g, 炭酸カルシウム: 0.2g) と食塩0.5gを加水のための蒸留水に溶解させてから小麦粉に加え、家庭用製麺・製パン機 (MK精工) で10分間混捏した後、試験用製麺機 (三和商会) を用いてそばろ状の生地をロール間隙を段階的に狭めて圧延し、最終的な厚さが1.4mmになるように麺帯を作成した。中華麺生地色の測定には、麺帯を円形にくりぬいた2枚のサンプルを用いた。サンプルは25°Cの恒温器で保存し、生地色は、生地作成直後 (0h), 2時間後 (2h), 4時間後 (4h), 24時間後 (24h), 72時間後 (72h) に色彩色差計 (CM-3500d, ミノルタ製) を用いて測定した。また、生地色はx時間後のL\*, a\*, b\*をL\* (xh), a\* (xh), b\* (xh) で表した。L\*は数値が高いほど生地色が明るいことを, a\*は数値が高いほど赤みが強いことを, b\*は数値が高いほど黄色みが強いことを示す。

## (6) L-DOPA法 (種子) 及びL-DOPA改変法 (小麦粉) によるPPO活性値の年次相関

2002~2003年 (2003年産) 及び2003~2004年 (2004年産) の両年に栽培された品種・系統について、L-DOPA法 (種子) によるPPO活性値及びL-DOPA改変法 (小麦粉) によるPPO活性値を測定し、両年の年次相関を調査した。2004年産の栽培、乾燥及び製粉は2003年産と同様に行っ

た。

[次へ進む](#) [前に戻る](#) [目次に戻る](#)

農業・食品産業技術総合研究機構 北海道農業研究センター

#### IV. 中華麺品質改善のための選抜法の開発

##### 2) 結果及び考察

###### (1) 中華麺生地色の変化と小麦粉の成分及びPPO活性との関係

中華麺生地色の経時変化は、試料間で変化量は異なるものの増減はいずれも同様の傾向を示したため、代表的な試料5点の変化を第15図に示した。いずれの試料もL\*値は時間とともに減少し、生地色が暗くなったことを示し、a\*値は増加して赤みが強くなったことを示した。b\*値は0～4時間は増加して黄色みが強くなったことを示したが、その後は大きな変化はみられなかった。そこで、L\*値の72時間後の変化量を、減少量としてL\* (0-72h) と表記し、a\*及びb\*の変化量を、増加量としてa\* (72-0h) , b\* (72-0h) と表記した。

第13表に小麦粉の成分と0時間、72時間後の中華麺生地色及び72時間後の変化量との相関関係を示した。生地作成直後の中華麺生地色はいずれの成分とも有意な相関は認められなかった。一方、生地作成72時間後の中華麺生地色をみると、L\* (72h) はタンパク質含量及び酸素電極法によるPPO活性値との間に高い負の相関が認められ、a\* (72h) はこれらの2成分との間に正の相関が認められた。これらの結果から、タンパク質含量が多く、PPO活性が高い小麦粉の生地は、72時間保存後の色が暗く赤みがかっていることが示された。L\* (72h) 及びa\* (72h) は灰分含量とも相関が認められたが、他の2成分に比べ、相関係数は低かった。また、生地色の72時間後の変化量についてみると、L\* (0-72h) はタンパク質含量及びPPO活性との間に高い相関が認められたが、灰分含量との相関係数は低かった。a\* (72-0h) はいずれの成分との間にも高い相関が認められたが、特にPPO活性との相関係数が高かった。これらのことから、タンパク質含量が高く、特にPPO活性が高い小麦粉の生地は、明るさの低下の程度及び赤みの増加の程度が大きいことが示された。b\* (72-0h) はいずれの成分とも高い相関は認められず、PPO活性は保存中の中華麺色の変化に最も大きく影響していた。以上のことから、PPO活性が低い粉を原料とする中華麺生地ほど明るさの低下や赤みの増加程度が小さいことが明らかとなった、これらの結果は、KRUGER et al. (1992, 1994a, 1994b) やBAIK et al. (1994a, 1995) の報告と一致しており、小麦粉中のPPO活性が生地の変色に直接的あるいは間接的に大きく影響しているものと考えられた。

###### (2) L-DOPA法 (種子) によるPPO活性値の選抜への適用性

海外ですでに報告されているL-DOPA法の北海道の硬質品種・系統の選抜への適用性について検討した。第16図に酸素電極法による種子のPPO活性の測定値とL-DOPA法 (種子) による種子のPPO活性値の関係を示した。酸素電極法によるPPO活性値 (従来法) とL-DOPA法によるPPO活性値の間には高い正の相関が認められ ( $r=0.82^{***}$ )、L-DOPA法により、コムギ種子のPPO活性を簡便に評価できることが明らかとなった。

また、第14表に酸素電極法による種子及び小麦粉のPPO活性値と中華麺生地色の関係を示した。L\* (72h) は種子及び小麦粉のPPO活性値との間に負の相関が認められ、L\* (0-72h) , a\* (72-0h) は両PPO活性値との間に正の相関が認められたが、いずれも小麦粉に比べ、種子のPPO活性値との相関係数の方が低く、特にa\* (72-0h) との相関係数が小麦粉で $r=0.76^{***}$ と高かったのに対し、種子では $r=0.57^*$ と低い値を示した。そこで、より高精度の選抜を

行うため、小麦粉のPPO活性を簡便に測定する手法を検討した。

### (3) L-DOPA改変法を用いた小麦粉のPPO活性の簡易評価

L-DOPA改変法（小麦粉）によるPPO活性値（L\*値）の経時変化を第17図に示した。1～2h放置後の反応液は白から淡紅色へ変化し、活性値は急激に低下した。また、18～22h後では反応液は灰色になり、時間の経過とともに灰色の着色が濃くなったが、活性値の低下は1～2h後に比べ遅かった。また、第15表に示すように、各放置時間におけるL-DOPA改変法による活性値と酸素電極法による活性値との相関係数は $r = -0.93^* \sim -0.97^{***}$ であり、どの放置時間で測定を行っても評価の有効性に大きな差はなかった。従って、多数のサンプルに応用するためには、活性値が安定している放置時間18h後以降での測定が適当であると判断し、第18図のような測定条件を採用することとした。この条件で測定した供試材料20点のL-DOPA改変法（小麦粉）による活性値と酸素電極法による小麦粉のPPO活性値の関係を第19図に示した。L-DOPA改変法のPPO活性値は43.6～51.7に分布しており、酸素電極法による小麦粉のPPO活性値（従来法）との間に高い負の相関関係（ $r = -0.94^{***}$ ）が認められた。従って、L-DOPA改変法（小麦粉）によるPPO活性値の測定により小麦粉のPPO活性を簡便に推定できることができ、小麦粉のPPO活性の低い系統を選抜することにより、貯蔵中の中華麺の変色が少ない系統を選抜できる可能性が示唆された。中華麺はかんすいを加えたアルカリ性の強い食品であり、麺生地pHとPPOの最適pH（5～7付近）との差が大きいため、うどん等の日本式麺に比べ、PPO活性は抑制されていると考えられるが、モモにおける実験では、pH9.5付近でPPO活性の50%が残存していることが示されており（鎌田・片山 1967）、中華麺中でもPPO活性が残存していると推測される。しかし、中華麺生地のpHとPPO活性の残存率についての詳細な研究はなされておらず、PPO活性が中華麺生地の変色にどの程度直接的に関与しているのかを明らかにするためにはさらに研究が必要と考えられる。

### (4) L-DOPA法（種子）によるPPO活性値及びL-DOPA改変法（小麦粉）によるPPO活性値の年次相関

第20図にL-DOPA法（種子）によるPPO活性値とL-DOPA改変法（小麦粉）によるPPO活性値の年次間の相関を示した。L-DOPA法（種子）によるPPO活性値は2003年産では0.57～2.10、2004年産では0.45～1.43に分布しており、同じ品種・系統でも2003年産の方が高い傾向がみられたが、年次間の相関係数は高かった（ $r = 0.91^{***}$ ）。また、L-DOPA改変法（小麦粉）によるPPO活性値は2003年産では45.5～53.2、2004年産では43.7～52.8に分布しており、L-DOPA法（種子）と同様、2003年産の方がやや高い傾向がみられたが、年次間の相関係数は同様に高かった（ $r = 0.84^{***}$ ）。以上のように、上記の種子及び小麦粉のPPO活性簡易評価値は年次間で非常に相関が高く、この値は年次に大きく影響されなかった。

### (5) L-DOPA法（種子）とL-DOPA改変法（小麦粉）の比較及び育種への適用

北海道農業研究センターで育成された系統について、コムギ種子中のPPO活性の簡易評価法としてすでに海外で報告されているL-DOPA法を適用したところ、酸素電極法による種子のPPO活性値との間に正の相関が認められ、L-DOPA法により育成系統における種子のPPO活性を推定できることが明らかとなった。実際の中華麺生地色の変化量と酸素電極法による種子のPPO活性値及び小麦粉のPPO活性値を比較してみると、種子のPPO活性値は、小麦粉のPPO活性値より生地色の変化量との相関係数が低く、特に赤み（ $a^*$ ）の増加量との相関係数は低い値を示した（第14表）。これは、PPOが外皮に多く含まれるため、製粉時の外皮の切れ込みの程度によって小麦粉のPPO活性が影響を受け、種子全体のPPO活性と小麦粉のPPO活性が必ずしもパラレルな関係に

ならないことが原因であると推察された。従って、中華麺色という二次加工適性の評価を行う場合、種子のPPO活性値のみを指標とするのは不十分であり、小麦粉でPPO活性を測定することにより、中華麺色の優れた系統の高精度の選抜が可能になると考えられた。

そこで、小麦粉を用いたPPO活性の簡易評価法（L-DOPA改変法）を検討した。L-DOPA改変法では、反応液は淡紅色から徐々に黒ずみ、最終的に赤みが抜けて灰色になった。L-DOPA等のポリフェノール類は酸化して赤色のキノンに変化し、さらに縮合や重合、アミノ化合物やタンパク質との複合体形成等の二次的な反応を起こしてより色の濃い物質に変化する。従って、上記のような反応液の変化はPPOによって促進されるL-DOPAの酸化とそれに続く二次的な反応を反映したものであると推察された。反応液のL\*は、放置時間の経過とともに低下するが、18h以降は低下速度が小さくなり、反応液の色が安定するため、放置時間を18hとすることにした。このようにして条件を定めたL-DOPA改変法で活性値を測定し、従来の酸素電極法による小麦粉のPPO活性値との関係性を評価した結果、高い負の相関関係が認められた。また、同一試料を複数回測定した場合の変動係数は品種・系統で平均すると約1.1%と比較的低い値を示した。これらのことから、L-DOPA改変法（小麦粉）により高精度で簡便に小麦粉のPPO活性を評価できるものと考えられた。

さらに、L-DOPA法（種子）によるPPO活性値とL-DOPA改変法（小麦粉）によるPPO活性値の年次相関をみると、両活性値ともに年次によって分布は異なったが、相関係数は高く、年次による品種・系統の傾向は変わらないものと考えられた。

以上より、本研究で開発した小麦粉によるPPO活性の簡易評価法（L-DOPA改変法）は、中華麺の変色の少ない系統の高精度選抜に利用できることが示唆された。この方法によるPPO活性値は、L-DOPA法（種子）による活性値よりも中華麺の変色との相関関係が大きく、かつ均一な製粉試料を用いるため反復誤差が小さいという利点がある。L-DOPA法（種子）による活性値は、中華麺の赤みの増加との関係が小さく、均一ではないコムギ種子を用いるため反復誤差が大きくなりやすいという欠点があるが、製粉を行わずに粒だけで評価できるという利点もある。従って、中華麺の変色の少ない系統の選抜をより効率的に行うためには、世代や目的に応じて両評価法を使い分けて利用することが重要であると考えられた。

[次へ進む](#)   [前に戻る](#)   [目次に戻る](#)

## V. 総合考察

平成10年に農林水産省で省議決定された「新たな麦政策大綱」において、需要と生産のミスマッチを解消し、需要に即した良品質麦の生産を推進する観点から、国内麦については自由な民間流通に委ね、生産者と実需者が品質評価を反映した直接取引を行う仕組みを導入することとなった。これに基づき、平成11年に「麦新品種緊急開発プロジェクト」が立ち上がり、コムギではこれまで28品種が育成され、その中には北海道の「春よ恋」、キタノカオリ」、東北の「ハルイブキ」、ゆきちから」、関東以西の「ニシノカオリ」、ミナミノカオリ」等のパン用硬質品種も含まれている。これらの新品種は普及が進み、平成18年産の麦全体の作付面積のうち、新品種のコムギの作付面積は12%を占めるようになっており、さらにその半分がパン用の品種である。

一般に、製パン適性の高いコムギとは、硬質、高タンパク質で、弾力のある強いグルテンを持ち、吸水性が高いものとされている。近年では、コムギの種子貯蔵タンパク質のうち、グルテニンサブユニット組成と製パン性との間に関係があることが明らかにされつつあり、特に高分子量グルテニンサブユニットのGlu-D1遺伝子座がコードする5+10が製パン性に大きく寄与していること（PAYNE et al. 1979）は良く知られている。以前は、国内ではこの5+10を持つコムギ品種は北海道の春播品種「ハルヒカリ」など極少数しか存在しなかったが、上記のプロジェクト開始後には、「春よ恋」、キタノカオリ」、ハルイブキ」等、5+10を持つ品種が育成されるようになった。

北海道で育成された「春よ恋」や「キタノカオリ」は、高分子量グルテニンサブユニット5+10を持つ以外に、3つのWxタンパク質のうちWx-B1が欠失しており、その結果デンプン中のアミロース含量が低いという特徴を持つ。これに対し、パン用として評価の高い外国産銘柄である「1CW」や「HRW」の主な構成品種は、グルテニンサブユニット5+10を持つという点では「春よ恋」や「キタノカオリ」と同じであるが、Wxタンパク質に関してはWx-A1、Wx-B1及びWx-D1の3つを全て持つ野生型であり、これらの銘柄の小麦粉のアミロース含量は、「春よ恋」や「キタノカオリ」より、2~4%程度高い値を示す。上記のような国産の新品種と外国産銘柄のアミロース含量の違いが製パン適性に及ぼす影響について明らかにするため、第2章でこれらの小麦粉の成分とパンの物性及び老化を比較した。その結果、国内の2つの新品種のパンは焼成直後非常に柔らかくて弾力があり、老化の程度は「1CW」や「HRW」に比べ遅かった。また、小麦粉とそのデンプンゲルの硬さ及び凝集性（弾力性の指標）の解析から、焼成直後のパンの硬さと凝集性には、パン中のデンプンゲルの硬さや凝集性が関係していることが明らかとなった。従って、国内の2品種のパンの焼成直後の柔らかさや老化の遅さ等の優れた特徴は、デンプンの特性が外国産コムギと異なること、すなわちアミロース含量が低いことが大きく影響しているものと考えられた。

一方、これらの硬質新品種は準硬質コムギを原料とする中華麺への利用も期待されている。中華麺は日本における全製麺量のほぼ50%を占めており、パンと同様需要が大きい。十分な量を供給できる中華麺に適した品種が国内になかったため、「PH」や「HRW」等の外国産銘柄が主に用いられているのが現状である。

一般に、中華麺の品質においては、色と食感が重要とされており、食感は硬く、弾力があり、な

めらかであるのが理想的である (MISKELLY and MOSS 1985, SHELKE et al 1990)。そこで、第3章では国内の2つの新品種と2つの外国産銘柄「PH」及び「HRW」の中華麺の色及び物性を比較した。「キタノカオリ」及び「春よ恋」は上記で述べたように低アミロースという特徴を持つため、これらの小麦粉から作られた中華麺は粘弾性が高く、なめらかさも優れていた。

以上のように、新しい硬質品種はパンや中華麺に加工したとき、低アミロースであることにより、食品の物性において外国産銘柄とは異なる新たな特徴を持っていることが明らかとなった。パンでは焼成直後から貯蔵初期段階の柔らかさと弾力性が優れており、中華麺では粘弾性やなめらかさが優れていた。一般に、日本人は米飯と同様に柔らかくて弾力のある食感のパンを好む傾向にある。そのため、日本の多くの製パン会社は最近、製パン法や配合を改良して、そのような食感を持つパンを開発してきている。また、中華麺においても粘弾性やなめらかさを出すために食品添加物が使用されることが多い。従って、新しく開発された2つのパン用品種を使用することにより、特別な製パン法や配合、添加物を使わなくても、日本人が好む食感を持ったパンや中華麺を作ることが可能であると考えられる。さらに、これらの新品種の人気が高まり、安定生産が確立されれば、これらの粉から作られる食感の優れたパンや中華麺が大量に生産されることが期待される。

中華麺のもう1つの重要な品質項目である麺色は明るく冴えたものが好まれる。また、中華麺は熟成のため、生麺の状態ですぐ消費されるため、貯蔵期間中の変色の程度が小さいことも重要である。第3章の結果より、「キタノカオリ」は「春よ恋」や「HRW」に比べ、小麦粉中のPPO活性が低く、貯蔵中の変色の程度が小さいことが明らかとなった。また、「キタノカオリ」の小麦粉は、元々の粉の黄色みが強く、かんすいを加えたときの発色も良好であった。従って、「キタノカオリ」は、食感だけではなく、麺色においても優れた加工適性を持っていると考えられた。

二次加工適性の改善は、今後の硬質コムギ品種の育成において重要な位置を占めるものと考えられる。物性の改善法については主にパンで研究が進んでおり、製パン試験により直接評価する方法以外に、間接的に評価する方法として、タンパク質含量測定、ファリノグラフ、エキステンソグラフ、ミキソグラフ、セディメンテーションテスト等が用いられている。また、製パン性に大きく関与していると考えられるグルテニンサブユニット組成については、SDS-PAGEやPCR法 (石川ら 2005) により同定することが可能である。第2章、第3章の結果からわかるように、アミロース含量もまた、パンや中華麺の物性に大きく関与している。6倍体のコムギには3つのWx遺伝子座が存在しており、これらの遺伝子座のいずれかで変異が起こるとWxタンパク質が欠失し、アミロース含量が低くなるが、Wxタンパク質の欠失についてもPCR法を用いて同定することが可能となっている (NAKAMURA et al. 1995)。一方、二次加工品の色に関しては、パンでは重要視されていないものの、中華麺の評価においては重要な品質項目である。しかし、中華麺色の改善法については、製麺試験による直接的評価の他、間接的評価としては、小麦粉のペースト色測定以外はほとんど行われていない。そこで、第4章では、中華麺色を改善するための新たな評価法の開発を試みた。第1節では加工品の原料となる小麦粉の色を改善する目的で、胚乳断面色を用いた選抜法を開発した。粉色は、胚乳色と製粉によるふすまの混入の両方の影響を受けるため、これらを別々に評価する必要があるが、コムギ粒では皮部が胚乳の中心部に向かって食い込んでいるため、米のように搗精によって皮部を完全に除去することができない。しかし、胚乳断面を用いた新しい評価法により、これまで困難であったふすまの混入の影響を除いた胚乳の色を評価することができるようになり、さらに種子の半粒で評価できるため、初期世代における選抜が可能になった。また、第2節では、中華麺に加工した後の、色の安定性を改善することを目的として、変色に関与すると考えられているPPO活性を指標とした選抜法を開発した。これに

より、これまで測定が煩雑であったPPO活性を簡易に評価することが可能となり、中華麺の変色の程度が小さい系統を効率的に選抜できるようになった。今後、これらの新しい選抜法を利用して、中華麺色の優れた硬質コムギ品種が育成されることが期待される。

[次へ進む](#) [前に戻る](#) [目次に戻る](#)

農業・食品産業技術総合研究機構 北海道農業研究センター

## VI. 摘要

国内で育成された2種の代表的な硬質コムギ品種（「キタノカオリ」，「春よ恋」）の二次加工適性を把握するため，小麦粉の成分特性や物理的特性とパン・中華麺適性との関係を検討した。また，主に中華麺を対象とし，優れた二次加工適性を有するコムギ系統を選抜するための新しい評価法を開発した。研究成果を要約すると以下の通りである。

1. アミロース含量がやや低いというデンプン特性を持つ2種のパンは「1CW」や「HRW」に比べ焼成直後から貯蔵初期にかけて，非常に柔らかく，老化が遅いことが示された。このことには，貯蔵初期のパン中のデンプンの老化がやや遅く，パン中のデンプンゲルが柔らかいことが関係しており，さらにこれらのパン中のデンプンの物性には，アミロース含量が関係していることが明らかとなった。

2. 「キタノカオリ」が「春よ恋」と異なり，貯蔵初期だけではなく貯蔵期間全体を通して，パンが柔らかく，凝集性が高いのは，粉の吸水率が高く，パンの水分含量が高いためと考えられた。

3. 「キタノカオリ」の生麺は時間の経過による明るさの減少程度が小さく，明るさの安定性の要因としてPPO活性が低いことが推察された。さらに，「キタノカオリ」の麺は赤みや黄色みの変化も小さかった。また，物理的な特性と食感に関して検討した結果，2種の国内品種はRVAによる糊化特性のブレイクダウンが高く，セットバックが低く，デンプンゲルやゆで麺の粘弾性が高かった。

4. 官能試験では2種の国内品種の粘弾性の評価が高く，その要因として国内品種の小麦粉のアミロース含量が低いことが推察された。総合点は「キタノカオリ」が最も高かったが，これは，低アミロースであるため，粘弾性となめらかさの評価が高く，タンパク質の物性が強いために低アミロースによる硬さの低下が抑えられたことによるものと考えられた。

5. 低いPPO活性と低いアミロース含量を持つことにより，「キタノカオリ」は優れた中華麺適性を示すことが明らかとなった。

6. コムギ種子を2mmの厚さの輪切りにし，外周の皮を取り除いた後，4時間蒸留水に浸漬し，微小面分光色差計を用いて胚乳断面の色（ $L^*$ ， $a^*$ ， $b^*$ ）を測定した。この方法で得られた胚乳断面色は， $L^*$ ， $a^*$ ， $b^*$ のいずれも，ふすまが混入していない胚乳粉色との間に高い相関関係が認められ，胚乳断面色を測定することにより，胚乳粉色を推定できることが明らかとなった。また，胚乳断面色と従来法による粉色の評価を比較した結果，黄色みにおける評価は一致するが，明るさにおける評価は従来法がふすまの混入の影響を受けるため一致しないことが示された。

7. ふすまの混入による粉色の変化を検討するため，胚乳粉色とブラベンダー製粉機で製粉して得たA粉の粉色を比較した結果，製粉時のふすまの混入は粉色の $L^*$ を低下させ，低下の程度は品種・系統によって異なることが明らかとなり，ふすまの混入による粉の暗色化の程度には，品種間差があることが示された。

8. 本研究で用いられた品種・系統では硬軟質性及び粗タンパク質含量に関わらず，胚乳断面色の $L^*$ が高いものが存在し，硬質，軟質の両方において胚乳色の優れた系統を選抜でき，さらには子実のタンパク質含量が高く，かつ胚乳色の優れた系統を選抜することが可能であることが示唆された。

9. 種子のPPO活性の簡易評価法であるL-DOPA (3,4-Dihydroxy-L- phenylalanine) 法によって北海道の硬質コムギ品種・系統のPPO活性の変異が推測できることが明らかとなった。

10. 種子のPPO活性と中華麺色の変化の関係は、小麦粉におけるPPO活性に比べて相関は小さかった。そこで、より効率的な選抜をするために以下のような小麦粉のPPO活性の簡易評価法を開発した。平底の培養試験管に小麦粉0.2gと10mMのL-DOPA溶液を4 mL入れ、1時間振とう後18時間室温に放置し、色彩色差計によって着色した懸濁液のL\*, a\*, b\*を測定した。この簡易評価法で得られたL\*値と従来法である酸素電極法による小麦粉のPPO活性値の間には高い負の相関関係が認められ、反応液のL\*値が高い系統を選抜することにより、PPO活性が低く、中華麺の変色が少ない系統の選抜が可能であると考えられた。

[次へ進む](#) [前に戻る](#) [目次に戻る](#)

## VII. 謝辞

本論文を取りまとめるにあたり、懇切丁寧なご指導・ご校閲を賜りました北海道大学大学院農学研究科応用生命科学専攻育種工学講座植物遺伝資源学分野教授 喜多村啓介博士に心より感謝申し上げます。また、北海道大学大学院農学研究科応用生命科学専攻育種工学講座植物育種学分野教授 三上哲夫博士及び北海道大学大学院農学研究科応用生命科学専攻育種工学講座遺伝子制御学分野教授 佐野芳雄博士にも、ご校閲・ご指導を賜りました。深く感謝申し上げます。

本研究を遂行するにあたり、元東北農業試験場作物開発部品質評価研究室長 佐藤暁子博士，安井明美博士（現 食品総合研究所），北海道農業研究センターパン用小麦研究チーム長 山内宏昭博士，元東北農業試験場作物開発部長 酒井真次博士，元北海道農業研究センター芽室研究拠点研究管理監 桑原達雄博士には研究の発案において多大なるご助言をいただき，また試験遂行において細やかなご指導をいただきました。ここに記して深く感謝申し上げます。

投稿論文を取りまとめるにあたり，ご指導・ご校閲いただきました北海道農業研究センターパン用小麦研究チーム麦育種グループ長 田引正上席研究員，北海道農業研究センター米品質チーム 船附稚子主任研究員，東北農業研究センターやませ気象変動研究チーム 林高見主任研究員に厚くお礼申し上げます。

また，投稿論文の共著者として，多くの有益なご助言をいただきました北海道農業研究センター 西尾善太研究員，谷尾昌彦主任研究員，野田高広サブチーム長，瀧川重信主任研究員，遠藤千絵主任研究員，橋本直人研究員，金善州氏，サイジル-イスラム・サーカー氏，東北農業研究センター 渡辺満上席研究員，中村信吾主任研究員（現 作物研究所），帯広畜産大学 三浦秀穂博士，福島道広博士，太田圭子氏，福山大学 堀端哲也氏，中浦嘉子氏，井ノ内直良氏に謹んで感謝申し上げます。

圃場試験を遂行するにあたり，北海道農業研究センター業務第3科の高橋悟氏，鈴木雄大氏，大泉正文氏，小林朋哉氏，東北農業研究センター業務第1科の伊藤健二氏，斉藤隆氏をはじめ，多くの業務科職員の皆様に技術支援をいただきました。また，成分分析，製パン試験等の室内実験を遂行するにあたり，東北農業研究センターの佐藤満江氏，北海道農業研究センターの清水恵子氏，松平裕子氏，長濱弘子氏，山吹しず恵氏，渋川弘美氏をはじめ多くの非常勤職員の方々に支援をいただきました。ここに記して心より感謝申し上げます。

[次へ進む](#) [前に戻る](#) [目次に戻る](#)

## VIII. 引用文献

- 1) American Association of Cereal Chemists (1991a) : Approved Methods of the AACC, 8th ed. Method 54-21. The Association: St. Paul, MN.
- 2) American Association of Cereal Chemists (1991b) : Approved Methods of the AACC, 8th ed. Method 08-01. The Association: St. Paul, MN.
- 3) American Association of Cereal Chemists (2000) : Approved methods of the AACC, Method 08-02, The Association, St. Paul, MN.
- 4) American Association of Cereal Chemists (2001) : Approved methods of the AACC, Method 10-05, The Association, St. Paul, MN.
- 5) ANDERSON, J.V. and C.F. MORRIS (2001) : An improved whole-seed assay for screening wheat germplasm for polyphenol oxidase activity. *Crop Sci*, 41, 1697-1705. *Sci.*, 41, 1697-1705.
- 6) ARAKI, E., H. MIURA and S. SAWADA (2000) : Differential effects of null alleles at three Wx loci on the starch pasting properties of wheat. *Theor. Appl. Genet.*, 100, 1113-1120.
- 7) AXFORD, D.W.E., K.E. COLWELL, S.J. CORNFORD and G.A.E. ELTON (1968) : Effect of specific loaf volume on the rate and extent of staling in bread. *J. Sci. Food Agric.*, 19, 95-101.
- 8) BAIK, B.K., Z. CZUCHAJOWSKA and Y. POMERANZ (1994a) : Comparison of polyphenol oxidase in wheats and flours from Australian and U.S. cultivars *J. Cereal Sci.*, 19, 291-296.
- 9) BAIK, B.K., Z. CZUCHAJOWSKA and Y. POMERANZ (1994b) : Role and contribution of starch and protein contents and quality to texture profile analysis of oriental noodles. *Cereal Chem.*, 71, 315-320.
- 10) BAIK, B.K., Z. CZUCHAJOWSKA and Y. POMERANZ (1995) : Discoloration of dough for oriental noodles. *Cereal Chem.*, 72, 198-205.
- 11) BAIK, B.K., C.S. PARK, B. PASZCZYNSKA and C.F. KONZAK (2003) : Characteristics of noodles and bread prepared from double-null partial waxy wheat. *Cereal Chem.*, 80, 627-633.
- 12) BARNS, P.J. (1986) : The influence of wheat endosperm on flour colour grade. *J. Cereal Sci.*, 4, 143-155.
- 13) BATEY, I.L., B.M. CURTIN and S.A. MOORE (1997) : Optimization of Rapid Visco Analyser test conditions for predicting Asian noodle quality. *Cereal Chem.*, 74, 497-501.
- 14) BERNIER, A.M. and N.K. HOWES (1994) : Quantification of variation in tyrosinase activity among durum and common wheat cultivars. *J. Cereal Sci.*, 19, 157-159.
- 15) BHATTACHARYA, M., S.V. ERAZO-CASTREJON, D.C. DOEHLERT and M.S. McMULLEN (2002) : Staling of bread as affected by waxy wheat flour blends. *Cereal Chem.*, 79, 178-182.
- 16) BUSHUK, W., K.G. BRIGGS and L.H. SHEBESKI (1969) : Protein quantity as factors in the evaluation of bread wheats. *Can. J. Plant Sci.*, 49, 113-122.
- 17) CHAO, S., P.J. SHARP, A.J. WORLAND, E.J. WARHAM, R.M.D. KOEBNER and M.D. GALE (1989) : RFLP-based genetic maps of wheat homoeologous group 7 chromosomes. *Theor. Appl. Genet.*, 78, 495-504.

- 18) CROSBIE,G.B. (1989) : Wheat quality trends in Western Australia. Pages 59-65 in: Proc. 39th Aust. Cereal Chem.Conf.RACI: Parkville, Australia.
- 19) CROSBIE,G.B. and W.J.LAMBE (1990) : Progress toward the development of a rapid screening test for noodle quality in wheat. Pages 110-112 in: Proc. 40th Aust.Cereal Chem.Conf.RACI: Parkville, Australia.
- 20) CROSBIE,G.B. (1991) : The relationship between starch swelling properties, paste viscosity and boiled noodle quality in wheat flours. J.Cereal Sci.,13、 145-150.
- 21) CROSBIE,G.B.,W.J.LAMBE,H.TSUTSUI and R.F. GILMOUR (1992) : Further evaluation of the flour swelling volume test for identifying wheats potentially suitable for Japanese noodles. J.Cereal Sci.,15、 271-280.
- 22) CROSBIE,G.B. and W.J.LAMBE (1993) : The application of the flour swelling volume test for potential noodle quality to wheat breeding lines affected sprouting. J.Cereal Sci.,18、 267-276.
- 23) CSALA,M.V. (1972) : The methodology and mechanism of the phenol reaction in cereals. Proc. Int. Seed Test.Assoc.,37、 915-921.
- 24) 遠藤繁・苅部園子・岡田憲三・長尾精一 (1988) :デンプンの糊化特性に関する因子. 日本食品工業学会誌, 35、 7-14.
- 25) FERRARI,C.G. and C.H.BAILEY (1929) : Carotenoid pigments of flour. Cereal Chem.,6、 218-240.
- 26) FRASER,J.G. and F.GFELLER (1936) : Inheritance and use of the phenol colour reaction in hard red spring wheats. Sci.Agric.,17、 243-249.
- 27) GHIASI,K.,R.C.HOSENEY,K.ZELEZNAK and D.E.ROGERS (1984) : Effect of waxy barley starch and reheating on firmness of bread crumb. Cereal Chem., 61、 281-285.
- 28) GILLIS,J.A. (1963) : The Agron. Cereal Sci.,Today 8,40-46、 55.
- 29) HATCHER,D.W. and J.E.KRUGER (1993) : Distribution of polyphenol oxidase in flour millstreams of Canadian common wheat classes milled to three extraction rates. Cereal Chem.,70、 51-55.
- 30) HATCHER,D.W. and J.E.KRUGER (1996) : Simple phenolic acids in flours prepared from Canadian wheat, relationship to ash content, color, and polyphenol oxidase activity. Cereal Chem.,74、 337-343.
- 31) HAYAKAWA,K.,K.TANAKA,T.NAKAMURA,S.ENDO and T. HOSHINO (1997) : Quality characteristics of waxy hexaploid wheat (Triticum aestivum L.) : Properties of starch gelatinization and retrogradation. Cereal Chem.,74、 576-580.
- 32) 飯田幸彦・三田村剛・石原正敏 (1989) :コムギ品質の土壌・品種による変動についてー粗蛋白含量, 粉色の変動. 日本作物学会関東支部会報, 4、 113-114.
- 33) 飯田幸彦・三田村剛・石原正敏 (1991) :コムギの粉色に及ぼす土壌・栽培条件の影響. 第1報 子実の蛋白含量と粉色との関係について. 日作紀, 60 (別1) 、 38-39.
- 34) ISHIDA,N.,H.MIURA,T.NODA and H.YAMAUCHI (2003) : Mechanical properties of white salted noodles from near-isogenic line wheat lines with different Wx protein-deficiency. Starch/ Strke,55、 390-396.
- 35) 石川吾郎・齋藤美香・伊藤裕之・平将人・前島秀和・谷口義則・中村俊樹 (2005) :コムギ高分子量グルテニンサブユニット「5+10」を判別するPCR用DNAマーカーの開発及びその東北地方向けパン用品種への適用. 東北農業研究センター研究報告, 103、 27-37.

- 36) ITO,M.,S.J.KIM,Z-I.SARKER,N.HASHIMOTO,T.NODA, S.TAKIGAWA,C.MATSUURA-ENDO,T.HORIBATA, Y.NAKAURA,N.INOUCHI,M.FUKUSHIMA and H.YAMAUCHI (2007a) : Staling and texture of bread prepared from new Japanese bread wheat varieties with slightly low-amylose starch. *Food Science and Technology Research*, 13 (2) 、 121-128.
- 37) ITO,M.,K.OTA,Z.NISHIO,T.TABIKI,N.HASHIMOTO, W.FUNATSUKI,H.MIURA and H.YAMAUCHI (2007b) : Quality evaluation of yellow alkaline noodles made from the Kitanokaori wheat cultivar. *Food Science and Technology Research*, 13 (3) 、 253-260.
- 38) 伊藤美環子・西尾善太・谷尾昌彦・船附稚子・田引正・山内宏昭 (2008) : 小麦粉のポリフェノールオキシダーゼ活性の簡易評価法の開発. *日本作物学会紀事*77 (2) 、 159-166.
- 39) 伊藤誠治・佐藤暁子・星野次汪 (1995) : 外国産品種及び東北品種・系統の硬質・軟質コムギ別の品質特性. *東北農試研究資料*,17、 41-59.
- 40) JOSHI,M.G. and S.K.BANERJEE (1969) : Multiple alleles for phenol colour reaction in emmer wheats. *Indian J.Genet.Plant Breed.*,29、 280-284.
- 41) JULIANO,B.O. (1971) : A simplified assay for milled-rice amylose. *Cereals Today*, 16、 334-360.
- 42) 鎌田栄基・片山脩 (1967) : 食品の色. *光琳全書*1、 110.
- 43) KENT-JONES,D.W.and C.W.HERD (1927) : A numerical expression for the color of flour. *Analyst*,52、 445-452.
- 44) KENT-JONES,D.W. and A.J.AMOS (1967) : *Modern Cereal Chemistry* 6th ed. Food Trade Press Ltd., London.,610.
- 45) KONIK,C.M. and R.MOSS (1992) : Relationship between Japanese noodle quality and RVA paste viscosity. Pages 20-21 in: 42nd Aust Cereal Chem. Conf.RACI: Parkville, Australia.
- 46) KONIK,C.M.,D.M.MISKELLY and P.W.GRAS (1993) : Starch swelling power, grain hardness and protein: relationship to sensory properties of Japanese noodles. *Starch/Strke*,45、 139-144.
- 47) KONIK,C.M.,L.M.MIKKELSON,R.MOSS and P.J.GORE (1994) : Relationship between physical starch properties and yellow alkaline noodle quality. *Starch/Strke*,46、 292-299.
- 48) 小綿美環子・渡辺満・佐藤暁子 (1996) : 東北地域で栽培されたコムギにおける粗タンパク質含量と粉色の関係－東北6県における連絡試験のデータ解析から－. *東北農試研究資料*,19、 41-45.
- 49) 小綿美環子・佐藤暁子・渡辺満 (1999) : コムギ1粒の胚乳断面色の測定による粉色の評価法の開発. *育種学研究*, 1 (3) 、 149-156.
- 50) KRUGER,J.E., R.R.MATSUO and K.PRESTON (1992) : A comparison of methods for the prediction of Cantonese noodles colour. *Can. J. Plant Sci.*,72、 1021-1029.
- 51) KRUGER,J.E.,M.H.ANDERSON and J.E.DEXTER (1994a) : Effect of flour refinement on raw Cantonese noodles color and texture. *Cereal Chem.*, 71、 177-182.
- 52) KRUGER,J.E.,D.W.HATCHER and R.DePAUW (1994b) : A whole seed assay for polyphenol oxidase in Canadian prairie spring wheats and its usefulness as a measure of noodle darkening. *Cereal Chem.*71、 324-326.
- 53) 久保田基成・土屋宣明・羽田丈夫 (1994) : 小麦の蛋白含量及び色相の変動について. 第1報 遺伝資源のスクリーニングにおける変動の評価. *北陸作物学会報*,29、 68-70.
- 54) LANG,C.E.,S.P.LANNING,G.R.CALSON,G.D. KUSHNAK, P.L.BRUCKNER and L.E.TALBERT (1998) : Relationship between baking and noodle quality in hard white spring

wheat. *Crop Sci.*,38、 823-827.

55) LEE,M.R.,B.G.SWANSON and B.K.BAIK (2001) : Influence of amylose content on properties of wheat starch and bread making quality of starch and gluten blends. *Cereal Chem.*,78、 701-706.

56) MAGUIRE,J.D.,K.M.STEEN and K.GRZELAK (1975) : Classification of pacific northwest winter and spring wheat cultivars by phenol reactions. *Proc. Off.Assn.Seed Analysts*,65、 143—146.

57) MAHONEY,R.R. and M.RAMSAY (1992) : A rapid tyrosinase test for detecting contamination of durum wheat. *J.Cereal Sci.*,15、 267—270.

58) MANGALIKA,W.H.A.,H.MIURA,H.YAMAUCHI and T.NODA (2003) : Properties of starches from near-isogenic wheat lines with different Wx protein deficiencies. *Cereal Chem.*,80、 662-666.

59) MARSH D.R. and T.GALLIARD (1986) : Measurement of polyphenol oxidase activity in wheat-milling fractions. *J.Cereal.Sci.*,4、 241-248.

60) MARTIN,J.M.,L.E.TALBERT,D.K.HABERNICHT,S.P. LANNING,J.D.SHERMAN,G.CARLSON and M.J.GIROUX (2004) : Reduced amylose effect on bread and white salted noodle quality. *Cereal Chem.*,81、 188-193.

61) McCAIG,T.N.,D.Y.K.FENN,R.E.KNOX,R.M.DePAUW, J.M.CLARKE and J.G.McLEOD (1999) : Measuring of polyphenol oxidase activity in a wheat breeding program. *Can.J.Plant Sci.*,79、 507-514.

62) McCORMICK,K.M.,J.F.PANOZZO and S.H.HONG (1991) : A swelling power test for selecting potential noodles quality wheat. *Aust.J.Agric.Res.*,42、 317-323.

63) MILLER,M. and M.R.GOULD (1951) : The quantitative determination of phenol oxidase activity in wheat v arieties. *Cereal Chem.*28、 473-478.

64) MISKELLY,D.M (1984) : Flour component affecting paste and noodle color. *J.Sci.Food Agric.*,35、 463-471.

65) MISKELLY,D.M. and H.J.MOSS (1985) : Flour quality requirements for Chinese noodle manufacture. *J. Cereal Sci.*,3、 379-387.

66) MIURA,T. and S.TANII (1994) : Endosperm starch properties in several wheat cultivars preferred for Japanese noodles. *Euphytica.*,72、 171-175.

67) MIURA,H. and A.SUGAWARA (1996) : Dosage effects of the three Wx genes on amylose synthesis in wheat endosperm. *Theor.Appl.Genet.*,93、 1066-1070.

68) MORITA,N.,S.FUJITA,E.DOMON,H.ANDO and T.MITSUNAGA (1998) : Effect of substitution of waxy barley flour on the viscoelastic properties of wheat dough and bread making. *J.Appl.Glycosci.*,45、 385-391.

69) MORITA,N., T.MAEDA,M. MIYAZAKI,M. YAMAMORI,H. MIURA and I.OHTSUKA (2002) : Effect of substitution of waxy wheat flour for common flour on dough and baking properties. *Food Sci. Technol.Res.*,8、 119-124.

70) MOSS,H.J. (1971) : The quality of noodles prepared from the flours of some Australian wheats. *Aust. J. Exp.Agric.Anim.Husb.*,11、 243-247.

71) MOSS,H.J. (1980) : The pasting properties of some wheat starches free of sprout damage. *Cereal Res. Comm.*,8、 297-302.

72) MOSS,H.J. (1984) : Ingredient effect in mechanized noodles manufacture. Pages 71-75

in: Proc. Singapore Inst. Food Sci. and Tech. Conf. The Institute: Singapore.

- 73) NAGAO,S.,S.ISHIBASHI,S.IMAI,T.SATO,T.KANBE,Y. KANEKO and H.OTSUBO (1977) : Quality characteristics of soft wheat and their utilization in Japan: evaluation of wheats from the United States, Australia, France and Japan. *Cereal Chem.*,54、 198-204.
- 74) NAKAMURA,T.,M.YAMAMORI,H.HIRANO and S.HIDAKA (1993) : Identification of three Wx proteins in wheat. *Biochem. Genet.*,31、 75-86.
- 75) NAKAMURA,T.,M.YAMAMORI,H.HIRANO,S.HIDAKA and T.NAGAMINE (1995) : Production of waxy (amylose-free) wheats. *Mol.Gen.Genet.*,248、 253-259.
- 76) NAKAMURA,T.,P.VRINTEN,M.SAITO and M.KONDA (2002) : Rapid classification of partial waxy wheats using PCR-based markers. *Genome*,45、 1150-1156.
- 77) NODA,T.,T.TOHNOOKA,S.TAYA and I.SUDA (2001) : Relationship between physicochemical properties of starches and white salted noodle quality in Japanese wheat flours. *Cereal Chem.*, 78、 395-399.
- 78) 農林水産省農業研究センター作物第二部 (1990) :小麦品質検定簡易マニュアル (一次案) , 19-21.
- 79) 農林水産省農林水産技術会議事務局 (1968) : 「小麦品質検定方法—小麦育種試験における—」研究成果,35、 70.
- 80) 農林水産省食品総合研究所 (1980) :小麦の品質評価法—官能試験によるめん適性—,9-10.
- 81) 農林水産省食品総合研究所 (1992) :小麦の品質評価法 IV—小麦粉のアミロース測定法—, 1-7.
- 82) ODA,M.,Y.YASUDA,S.OKAZAKI,Y.YAMAUCHI and Y.YOKOYAMA (1980) : A method of flour quality assessment for Japanese noodles. *Cereal Chem.*,57、 253-254.
- 83) OH,N.H.,P.A.SIEB,A.B.WARD and C.W.DEYOE (1985) : Noodles, IV Influence of flour protein, extraction rate, particle size, and starch damage on the quality characteristics of dry noodles. *Cereal Chem.*,62、 441—446.
- 84) OLIVAR,J.R.,A.B.BLAKENEY and H.M.ALLEN (1992) : Measurement of flour color space parameters. *Cereal Chem.*,69 (5) 、 546-551.
- 85) PATTON,J. and M.A.DISHAW (1968) : Flour color evaluation with the green Agtron. *Cereal Sci. Today*,13、 163-166, 188.
- 86) PIAZZA,L. and P.MASI (1995) : Moisture redistribution throughout the bread loaf during staling and its effect on mechanical properties. *Cereal Chem.*,72、 320-325.
- 87) PIERPOINT,W.S. (1969) : o-Quinones formed in plant extracts, their reactions with amino acids and peptides. *Biochem.J.*,112、 609-616.
- 88) PRICE,M.L. and L.G.BATLER (1977) : Rapid visual estimation and spectrophotometric determination of tannin content of sorghum grain. *J.Agric.Food Chem.*,25、 1268-1273.
- 89) PAYNE,P.I.,R.G.CORFIELD and J.A.BLACKMAN (1979) : Identification of a high-molecular-weight subunit of glutenin whose presence correlates with breadmaking quality in wheats of related pedigree. *Theol.Appl.Genet.*,55、 153-159
- 90) ROGERS,D.E.,K.J.ZELEZNAK,C.S.LAI and R.C. HOSENEY (1988) : Effect of native lipids, shortening, and bread moisture on bread firming. *Cereal Chem.*, 65、 398-401.
- 91) ROSS,A.,K.J.QUAIL and G.B.CROSBIE (1997) : Physicochemical properties of Australian flours influencing the texture of yellow alkaline noodles. *Cereal Chem.*,74、 814-820.
- 92) SHELKE,K.,J.W.DICK,Y.F.HOLM and K.S.LOO (1990) : Chinese wet noodle formulation:A

response surface methodology study. *Cereal Chem.*,37、 338-342.

93) SHIRAO,Y. and H.J.MOSS (1978) Suitability of Australian wheat and flour for noodles production. Pages 37-38 in: Proc. 28th Aust. Cereal Chem. Conf. RACI:Parkville,Australia.

94) SHUEY,W.C. (1975) : Flour color as a measurement of flour quality. *Baker's Digest* 49 (10) 、 18-26.

95) SINGLETON,V.L. (1987) : Oxigen with phenoles and related reactions in musts, wines, and model systems:observations and practical implications. *Am.J.Enol.Vitic.*,38、 69-77.

96) TAKATA,K.,Z.NISHIO,N.IRIKI,T.TABIKI,W. FUNATSUKI and H.YAMAUCHI (2005) : Comparison of quality characteristics of waxy wheat using a near isogenic line. *Breeding Sci.*,55、 87-92.

97) 谷藤健・金子成延・松倉潮 (2003) :小麦のデンプンおよびグルテンの特性がゆでめんのかすチャーに及ぼす影響. *日本食品工業学会誌*, 50、 333-338.

98) TAYLOR,A.J. and F.M.CLYDESDALE (1987) : Potential of oxidised phenolics as food colourants. *Food Chem.*,24、 301-313.

99) TOYOKAWA,H.,G.L.RUBENTHALER,J.R.POWERS and E.G.SCHANUS (1989) : Japanese noodle qualities. II. Starch components. *Cereal Chem.*,66、 387-391.

100) VOSS,D.H. (1992) : Relating colorimeter measurement of plant color to the royal horticultural society colour chart. *Hortscience*, 27 (12) 、 1256-1260.

101) WANG,L. and P.A.SEIB (1996) : Australian salt-noodle flours and their starches compared to U. S. wheat flours and their starches. *Cereal Chem.*, 73、 167-175.

102) WRIGLEY,C.W. (1976) : Single-seed identification of wheat varieties, use of grain hardness testing, electrophoretic analysis and a rapid test paper for phenol reaction. *J.Sci.Food Agric.*,27、 429-432.

103) YAMAUCHI,H.,H.KANESHIGE,M.FUJIMURA,Y. NOSHO,S.HASHIMOTO,K.KATO,K.KODAMA and T.KOBAYASHI (1993) : A kinetic study of the staling of white bread treated with microwave-heating. *J. Chem. Eng. Jpn.*,26、 749-752.

104) 山内宏昭・一ノ瀬靖則・高田兼則・入来規雄・桑原達雄 (2000) :改良真空生地膨脹量測定による小麦粉の製パン性の簡易評価. *日本食品工学科学会誌*,47、 46-49 .

105) 山内宏昭・高田兼則・山木一史・安孫子俊之 (2001a) :北海道におけるパン用小麦 (高タンパク質硬質小麦) の生産, 育種, 用途開発の現状と将来. *日本食品工学科学会誌*,48、 798-806 .

106) YAMAUCHI,H.,Z.NISHIO,K.TAKATA,Y.ODA,K. YAMAOKI,N.ISHIDA and H.MIURA (2001b) : The bread-making quality of a domestic flour blended with an extra strong flour and staling of the bread made from the blended flour. *Food Sci.Technol. Res.*,7、 120-125.

107) 柳沢朗・荒木和哉・佐々木宏 (1991) :小麦粉の色相・明度に関する試験. 1. ふすまの混入が小麦粉の色相・明度に及ぼす影響. *育種・作物学会北海道談話会会報*,32、 98-99.

108) 柳沢朗・天野洋一 (1993) :小麦粉の色相・明度に関する研究. 2. 選抜過程における小麦粉の色相・明度の遺伝的変異. *育種・作物学会北海道談話会会報*,34、 4-5.

109) YASUNAGA,T. and M.UEMURA (1962) : Evaluation of color characteristics of flours obtained from various types and varieties of wheat. *Cereal Chem.*, 39、 171-183.

110) YUN,S.H.,K.QUAIL and R.MOSS (1996) : Physicochemical properties of Australian wheat flours for white salted noodles. *J.Cereal Sci.*,23、 181-189.

111) ZELEZNAK,K.J. and R.C.HOSENEY (1986) : The role of water in the retrogradation of wheat starch gels and bread crumb. Cereal Chem.,63、 407-410.

112) ZENG,M.,C.F.MORRIS,I.L.BATEY and C.W. WRIGHLEY (1997) : Sources of variation for starch gelatinization, pasting and gelation properties in wheat. Cereal Chem.,74、 63-71.

[次へ進む](#) [前に戻る](#) [目次に戻る](#)

農業・食品産業技術総合研究機構 北海道農業研究センター

# Studies on evaluation of processing abilities and development of a selection method for an improved flour quality of hard wheats

Miwako ITO

## Summary

Breads and yellow alkaline noodles (YAN) account for almost 50% of all wheat products consumed in Japan, but a large proportion of the hard wheat used for breads and YAN is imported. To deal with such a situation, many domestic varieties of hard wheat have been developed in recent years. In the present study, we examined the processing abilities for breads and YAN of these new varieties, and we tried to develop a selection method for an improved flour quality for YAN color.

### 1. Relationship between bread-making quality (texture and staling of breads) and flour quality

The texture and staling of breads made from four flours, two new Japanese bread wheats, Haruyokoi and Kitanokaori, and two representative bread wheats, 1CW (No.1 Canada Western Red Spring) and HRW (Hard Red Winter), were evaluated. Breads, flour gels and starch gels made from the two Japanese flours were very soft just after baking and had higher levels of cohesiveness than those of 1CW and HRW. The two new breads in the early stage of storage had lower hardness and higher cohesiveness values than those of the others. From analysis of bread staling and retrogradation of starch in bread, it was proven that starch retrogradation of the new breads in the early stage was slower than that of the others. These results showed that slow staling, especially staling in early stage, and extreme softness just after baking of the two new breads were attributed to the soft texture and low retrogradation of starch gel in the breads, which was related to lower amylose content of these new flours.

### 2. Relationship between YAN quality (texture and color) and flour quality

We examined the relationship between the flour or starch properties and the YAN color or physical properties of Kitanokaori, Haruyokoi and three other samples. A time-course experiment showed that a raw noodle sheet made from Kitanokaori had less reduction in color brightness than sheets made from other flour samples, which had high PPO activity. This finding, therefore, suggests that the brightness stability of the Kitanokaori noodle is caused by its low PPO activity. Regarding physical properties and texture, Kitanokaori and Haruyokoi had high elastic indices of starch gel and YAN as a result of low amylose content. The results of the comparison demonstrated that the superior qualities of YAN made from Kitanokaori can be attributed to the low PPO activity and low amylose content of the flour.

### 3. Development a method for improved YAN quality (YAN color)

We examined a method for improved flour color and stability of YAN color. We tried to develop a method for evaluating flour color by determining the color of the cross-section of wheat endosperm unaffected by mixed bran. Samples were prepared as follows. The grains were cut crosswise into 2mm-thick slices, and then the seed coat was removed and the grains were soaked in distilled water for 4 hours. The color values ( $L^*a^*b^*$ ) of the cross-sections of

the samples were determined using a microspectrocolorimeter. The three color values for the cross-section were highly correlated with those of the pure endosperm powder devoid of mixed bran. Therefore, we concluded that the color of the cross-section of wheat endosperm evaluated by this method can be applied for selecting lines that have superior color of the endosperm.

The bright and yellow color of YAN is a desirable end-use quality. It was possible to estimate the grain PPO activity by the 3,4-dihydroxy-L-phenylalanine (L-DOPA) method, which is a simple method for evaluating wheat grain PPO activity, using grains of hard wheat varieties from the Hokkaido region of Japan. However, the correlation of grain PPO activity with YAN discoloration was lower than that of flour PPO activity. Therefore, a simple method for evaluating PPO activity using wheat flour was developed to achieve more efficient selection for the breeding program. In this method, a glass test tube with a flat bottom containing 0.2 g of wheat flour and 4 ml of a 10 mM L-DOPA solution was shaken for 1 hour and left for 18 hours at room temperature; the  $L^*$ ,  $a^*$ , and  $b^*$  values of the suspension were then measured. There was a high negative correlation between the  $L^*$  value measured by the present simple method and the PPO activity in wheat flour measured by the conventional method (oxygen-electrode method). Therefore, we concluded that the  $L^*$  value measured by the simplified L-DOPA method can be applied for selecting lines that have lower PPO activity and consequently less YAN discoloration.

Bread Wheat Research Team

[次へ進む](#) [前に戻る](#) [目次に戻る](#)

農業・食品産業技術総合研究機構 北海道農業研究センター

ソバ品種「キタノマシュウ」の育成とその特性  
本田 裕<sup>1)</sup>，六笠 裕治<sup>2)</sup>，鈴木 達郎<sup>3)</sup>，船附 稚子<sup>4)</sup>，船附 秀行<sup>5)</sup>，  
関村 潔<sup>6)</sup>，加藤眞次郎<sup>6)</sup>，我妻 正迪<sup>6)</sup>

<>

目次

<>

- [I. 緒言](#)
- [II. 育成経過](#)
- [III. 試験方法](#)
- [IV. 試験結果](#)
  - [1. 育成地における生態的特性及び生産性](#)
  - [2. 育成地における栽培特性](#)
    - [1\) 栽植密度試験に関する結果](#)
    - [2\) 施肥量に関する試験結果](#)
  - [3. 育成地における食味試験結果](#)
  - [4. 配付先における試験結果](#)
    - [1\) 道立農試における地域適応性試験の結果](#)
    - [2\) 北海道内の現地試験の結果](#)
    - [3\) 北海道外における系統適応性試験における結果](#)
  - [5. 加工試験結果](#)
    - [1\) A社における試験結果](#)
    - [2\) B社における試験結果](#)
  - [6. 種苗特性分類](#)
- [VI. 論議](#)
  - [1. 「キタノマシュウ」の有限伸育性](#)
  - [2. 「キタノマシュウ」の良食味](#)
  - [3. おわりに](#)
- [VII. 謝辞](#)
- [VIII. 摘要](#)
- [IX. 引用文献](#)
- [Summary](#)

<>

[次へ進む 研究報告第191号目次へ](#)

<>

[センタートップ](#)[研究チームの紹介](#)[研究成果情報](#)[サイトマップ](#)[機構ホーム](#)現在位置：[センタートップ](#) > [刊行物](#) > [研究報告](#)

## 北海道農業研究センター研究報告 No.191

RESEARCH BULLETIN OF THE NATIONAL AGRICULTURAL RESEARCH CENTER FOR HOKKAIDO REGION

ISSN 1347-8117

北海道農業研究センターの研究報告を掲載しております。

硬質コムギの二次加工適性の評価及び品質改善のための選抜法に関する研究

伊藤美環子

**Summary**

Studies on evaluation of processing abilities and development of a selection method for an improved flour quality of hard wheats

Miwako ITO

ソバ品種「キタノマシュウ」の育成とその特性

本田 裕・六笠 裕治・鈴木 達郎・船附 稚子・船附 秀行・関村 潔・加藤真次郎・我妻 正迪

**Summary**

The breeding and characteristics of a common buckwheat cultivar, "Kitanomashu"

Yutaka HONDA, Yuji MUKASA, Tatsuro SUZUKI, Wakako MARUYAMA-FUNATSUKI, Hideyuki FUNATSUKI, Kiyoshi SEKIMURA, Shinjiro KATO and Masamichi AGATSUMA

系統間および系統内の変動係数からみた北海道の異なる気象地帯から収集されたシロクローバ系統の特徴

奥村 健治・高田 寛之・廣井 清貞・磯部 祥子

**Summary**

Features of the white clover lines collected from two distinct climate regions in Hokkaido revealed by coefficients of variation between and within lines

Kenji OKUMURA, Hiroyuki TAKADA, Kiyosada HIROI and Sachiko ISOBE

[センタートップ](#)[研究チームの紹介](#)[研究成果情報](#)[サイトマップ](#)[機構ホーム](#)当ホームページの利用について（[プライバシーポリシー](#)、[著作権](#)、[免責事項](#)等）

独立行政法人 農業・食品産業技術総合研究機構 北海道農業研究センター 〒062-8555 北海道札幌市豊平区羊ヶ丘1

お問い合わせは[こちら](#)まで TEL/011-857-9260 FAX/ 011-859-2178

第1表 主な外国産銘柄の特性

銘柄	略称	産地	粒質	粒色	栽培 <sup>2)</sup> 時期	小麦粉 の種類	主な用途
<b>No.1 Canada Western Red Spring<sup>1)</sup></b>	<b>1CW</b>	カナダ	硬質	赤粒	春小麦	強力	パン・中華麺用
<b>Hard Red Winter</b>	<b>HRW</b>	アメリカ合衆国	硬質	赤粒	冬小麦	強力	パン・中華麺用
<b>Dark Northan Spring</b>	<b>DNS</b>	アメリカ合衆国	硬質	赤粒	春小麦	強力	パン・中華麺用
<b>Australian Prime Hard</b>	-	オーストラリア	硬質	赤粒	冬小麦	準強力	中華麺用
<b>Australian Standard White</b>	<b>ASW</b>	オーストラリア	中間質	白粒	冬小麦	中力	日本麺用
<b>Western White</b>	<b>WW</b>	アメリカ合衆国	軟質	白粒	冬小麦	薄力	菓子用

1) **Canada Western Red Spring** は、容積重や硝子率等の品質によって**No.1**～**3**に格付けされる。最も品質が優れている**No.1**の等級のものを**1CW**という。

2) 春小麦:春に播種し, 秋に収穫 冬小麦:秋に播種し, 夏に収穫

第2表 コムギデンプン中のアミロース含量、小麦粉のタンパク含量、灰分含量及び糊化特性

小麦粉 サンプル	W <sub>x</sub> タンパク <sup>1)</sup>			アミロース 含量 (%)	タンパク 含量 (%)	灰分 含量 (%)	最高 粘度 (RVU)	ブレイク ダウン (RVU)	セット バック (RVU)	糊化開始 温度 (°C)
	A1	B1	D1							
1CW <sup>2)</sup>	.....			28.2 <sup>b</sup>	11.4 <sup>a</sup>	0.40 <sup>b</sup>	197 <sup>a</sup>	70 <sup>b</sup>	98 <sup>b</sup>	66.5 <sup>a</sup>
HRW <sup>3)</sup>	.....			28.4 <sup>a</sup>	10.6 <sup>c</sup>	0.37 <sup>c</sup>	167 <sup>b</sup>	59 <sup>c</sup>	107 <sup>a</sup>	68.2 <sup>a</sup>
春よ恋	+	-	+	26.5 <sup>c</sup>	11.0 <sup>b</sup>	0.41 <sup>b</sup>	204 <sup>a</sup>	93 <sup>a</sup>	83 <sup>c</sup>	67.5 <sup>a</sup>
キタノカオリ	+	-	+	26.6 <sup>c</sup>	10.1 <sup>d</sup>	0.48 <sup>a</sup>	179 <sup>ab</sup>	75 <sup>b</sup>	87 <sup>c</sup>	66.9 <sup>a</sup>

Tukeyの検定法により同じアルファベット文字間には、有意差がないことを示す(p<0.05, n=2).

1) +:有, -:無

..... :不明(構成品種の中にはW<sub>x</sub>タンパクの有無が不明なものもあるが,  
主要構成品種については, 全W<sub>x</sub>タンパクを持つものが多い.)

2) 1CW:No.1 Canada Western Red Spring, 複数品種で構成される銘柄.

3) HRW:Hard Red Winter, 複数品種で構成される銘柄.

第3表 小麦粉の生地特性と製パン適性

小麦粉 サンプル	吸水率 (%)	ガス保持量 (ml)	ガス発生量(ml)			SLV <sup>1)</sup> (ml/g)	パンの水分 含量(%)
			1h	2h	3h		
<b>1CW</b>	<b>67.0</b>	<b>125<sup>a</sup></b>	<b>33<sup>a</sup></b>	<b>74<sup>b</sup></b>	<b>110<sup>b</sup></b>	<b>5.5<sup>a</sup></b>	<b>43.8<sup>b</sup></b>
<b>HRW</b>	<b>65.0</b>	<b>123<sup>a</sup></b>	<b>33<sup>ab</sup></b>	<b>74<sup>b</sup></b>	<b>109<sup>b</sup></b>	<b>5.4<sup>a</sup></b>	<b>43.5<sup>c</sup></b>
春よ恋	<b>66.5</b>	<b>126<sup>a</sup></b>	<b>33<sup>a</sup></b>	<b>76<sup>a</sup></b>	<b>114<sup>a</sup></b>	<b>5.4<sup>a</sup></b>	<b>43.4<sup>c</sup></b>
キタノカオリ	<b>72.0</b>	<b>125<sup>a</sup></b>	<b>33<sup>b</sup></b>	<b>71<sup>c</sup></b>	<b>103<sup>c</sup></b>	<b>5.5<sup>a</sup></b>	<b>45.6<sup>a</sup></b>

Tukeyの検定法により同じアルファベット文字間には、有意差がないことを示す (p<0.05, ガス保持量, ガス発生量はn=2, SLV, パンの水分含量はn=3).

1) SLV:比容積

第1図 4種類の小麦粉のパンの内相



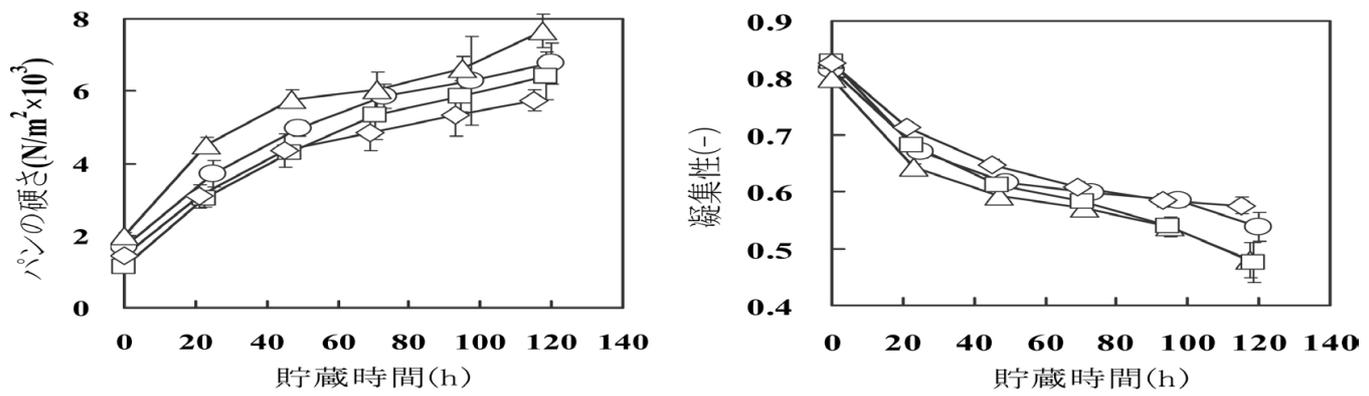
1CW

HRW

春よ恋

キタノカオリ

第2図 4種類のパンの貯蔵中の硬さ及び凝集性の変化



○ : No. 1 Canada West Red Spring (1CW)

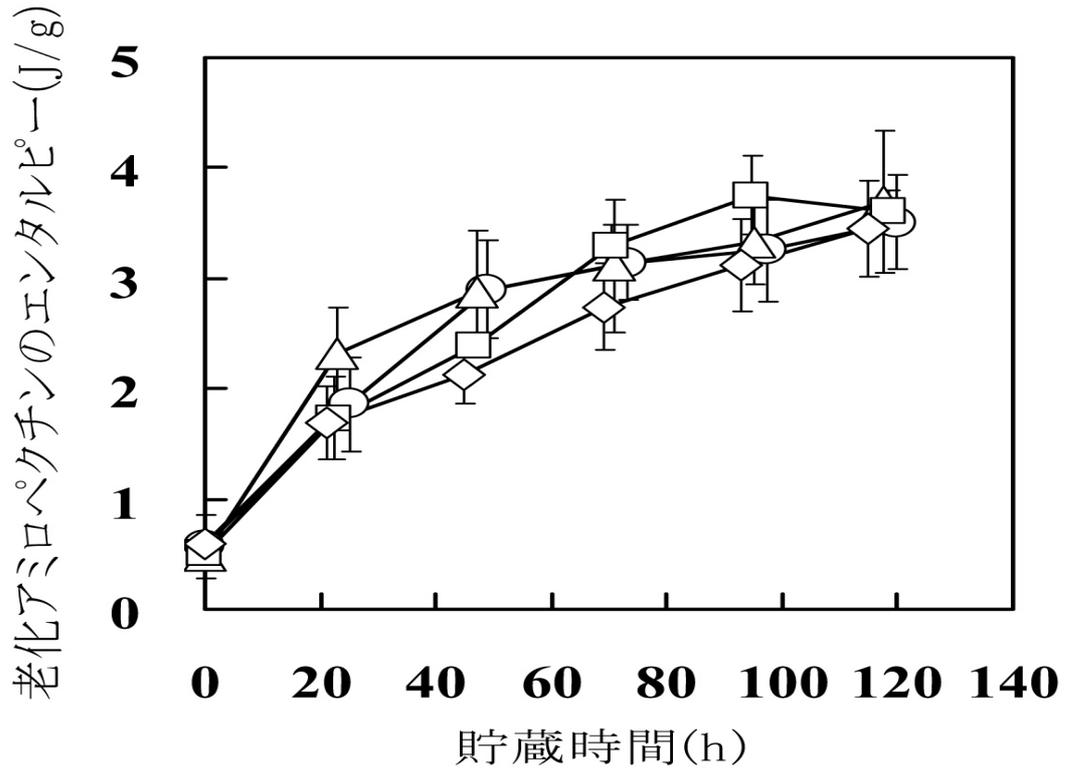
△ : Hard Red Winter (HRW)

□ : 春よ恋

◇ : キタノカオリ

垂直線は各値の標準偏差を示す (n=6)

第3図 4種類のパンの貯蔵中の老化アミロペクチンのエンタルピーの変化



○ : No. 1 Canada West Red Spring (1CW)

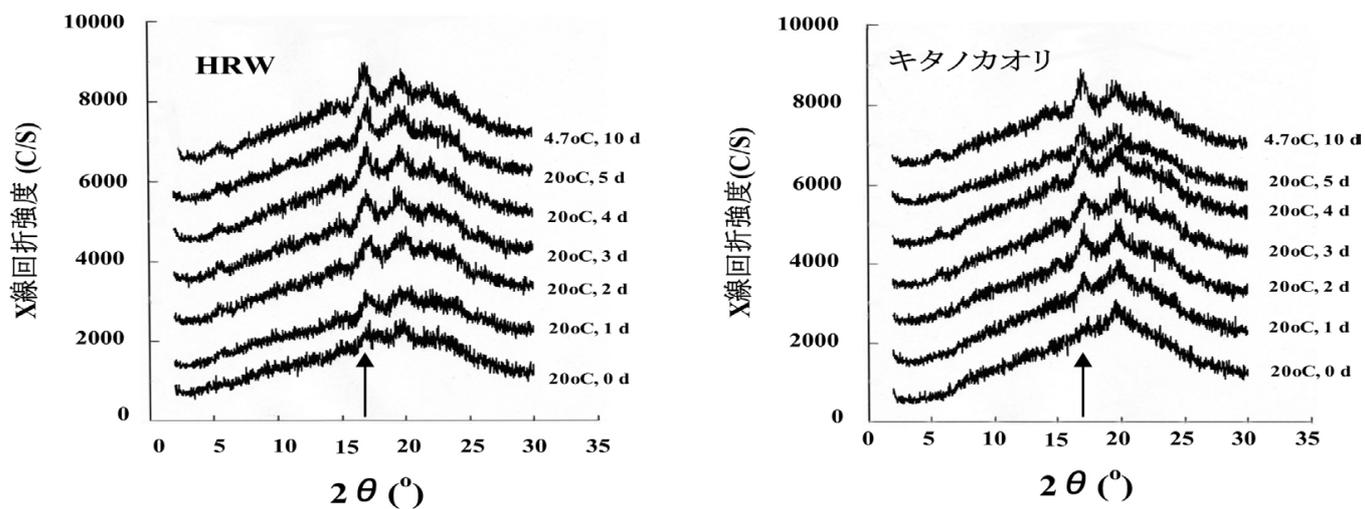
△ : Hard Red Winter (HRW)

□ : 春よ恋

◇ : キタノカオリ

垂直線は各値の標準偏差を示す (n=4)

第4図 貯蔵中のパンのX線回折強度の変化



各パターンはパンの貯蔵温度 (°C) および貯蔵期間 (d: 日).  
矢印はピークの位置 ( $2\theta, 17^\circ$ ).

第4表 パンの貯蔵中のパン及びデンプンの老化速度定数

小麦粉 サンプル	<b>SRC<sup>3)</sup></b> ( $\text{h}^{-1} \times 10^{-2}$ )	<b>RRC<sup>4)</sup></b> ( $\text{h}^{-1} \times 10^{-2}$ )	<b><math>H_L - H_0</math><sup>1)</sup></b> ( $\text{N/m}^2 \times 10^3$ )	<b><math>\Delta H_L - \Delta H_0</math><sup>2)</sup></b> ( <b>J/g</b> )
<b>1CW</b>	<b>1.30</b>	<b>1.05</b>	<b>6.53</b>	<b>4.35</b>
<b>HRW</b>	<b>1.39</b>	<b>1.10</b>	<b>6.85</b>	<b>4.63</b>
春よ恋	<b>1.35</b>	<b>1.29</b>	<b>6.49</b>	<b>4.28</b>
キタノカオリ	<b>1.18</b>	<b>1.05</b>	<b>5.94</b>	<b>4.08</b>

- 1)  $H_L - H_0$ : パンの硬さ(**H**)の最大値(5°C 10日貯蔵後) - 貯蔵開始時の**H**
- 2)  $\Delta H_L - \Delta H_0$ : デンプンの老化エンタルピー( $\Delta H$ )の最大値(10日貯蔵後) - 貯蔵開始時の $\Delta H$
- 3) **SRC**: パンの老化速度定数
- 4) **RRC**: デンプンの老化速度定数

第5表 焼成直後のパン、小麦粉ゲル及びデンプンゲルの硬さと凝集性

小麦粉 サンプル	パン		小麦粉ゲル		デンプンゲル	
	硬さ ( $\text{N/m}^2 \times 10^3$ )	凝集性 (-)	硬さ ( $\text{N/m}^2 \times 10^3$ )	凝集性 (-)	硬さ ( $\text{N/m}^2 \times 10^3$ )	凝集性 (-)
1CW	1.68 <sup>b</sup>	0.815 <sup>b</sup>	5.90 <sup>b</sup>	0.68 <sup>b</sup>	1.82 <sup>b</sup>	0.647 <sup>b</sup>
HRW	1.99 <sup>a</sup>	0.799 <sup>c</sup>	6.79 <sup>a</sup>	0.59 <sup>c</sup>	2.37 <sup>a</sup>	0.463 <sup>c</sup>
春よ恋	1.13 <sup>d</sup>	0.828 <sup>a</sup>	4.97 <sup>c</sup>	0.77 <sup>a</sup>	1.36 <sup>c</sup>	0.718 <sup>a</sup>
キタノカオリ	1.44 <sup>c</sup>	0.825 <sup>a</sup>	5.05 <sup>bc</sup>	0.67 <sup>b</sup>	1.70 <sup>b</sup>	0.720 <sup>a</sup>

Tukeyの検定法により同じアルファベット文字間には、有意差がないことを示す ( $p < 0.05$ , パンの硬さと凝集性, 小麦粉ゲルの硬さと凝集性は $n=6$ , デンプンゲルの硬さと凝集性は $n=3$ ).

第6表 全粒粉及び小麦粉の成分分析

品種・銘柄	タンパク	灰分含量		PPO活性		ポリフェノール		アミロース
	含量(%)	(%)		(nmol O <sub>2</sub> /min/g)		含量(mg/g)		含量(%)
	小麦粉	全粒粉	小麦粉	全粒粉	小麦粉	全粒粉	小麦粉	小麦粉
キタノカオリ	11.5 <sup>cd</sup>	1.71 <sup>a</sup>	0.55 <sup>a</sup>	187 <sup>b</sup>	22.4 <sup>c</sup>	0.490 <sup>c</sup>	0.131 <sup>c</sup>	22.5 <sup>c</sup>
春よ恋	11.9 <sup>b</sup>	1.73 <sup>a</sup>	0.54 <sup>a</sup>	282 <sup>a</sup>	24.0 <sup>b</sup>	0.532 <sup>a</sup>	0.148 <sup>a</sup>	22.7 <sup>c</sup>
HRW	11.8 <sup>bc</sup>	1.57 <sup>a</sup>	0.46 <sup>b</sup>	271 <sup>a</sup>	25.4 <sup>a</sup>	0.537 <sup>a</sup>	0.143 <sup>b</sup>	26.4 <sup>a</sup>
PH	13.0 <sup>a</sup>	1.38 <sup>b</sup>	0.45 <sup>b</sup>	272 <sup>a</sup>	22.6 <sup>c</sup>	0.510 <sup>b</sup>	0.132 <sup>c</sup>	24.7 <sup>b</sup>
市販粉	11.2 <sup>d</sup>	-	0.38 <sup>c</sup>	-	19.7 <sup>d</sup>	-	0.102 <sup>d</sup>	25.1 <sup>b</sup>

Tukeyの検定法により同じアルファベット文字間には、有意差がないことを示す(p<0.05, n=2).

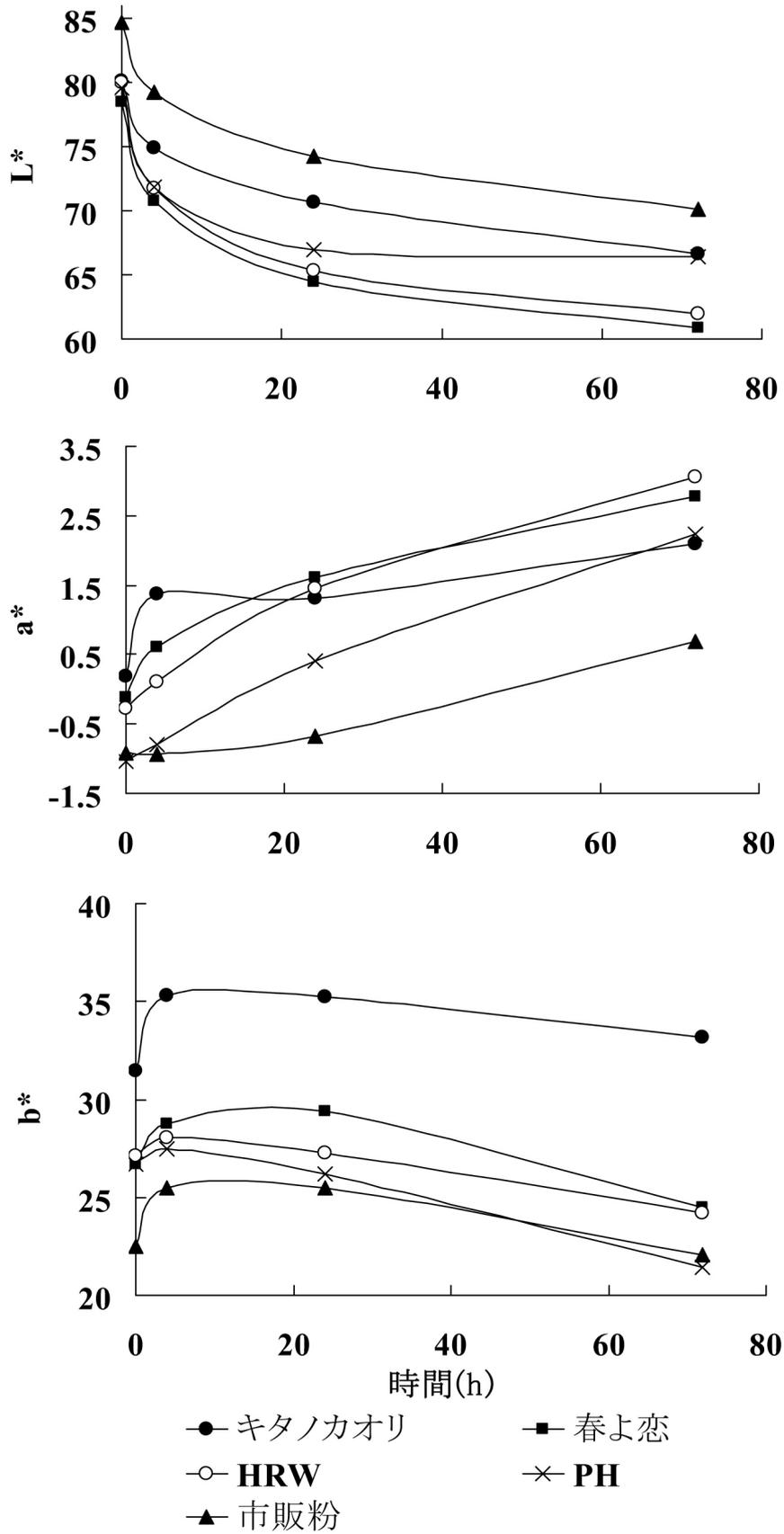
第7表 粉色及び中華麺生地

品種・銘柄	粉色			中華生地色								
				L*			a*			b*		
	L*	a*	b*	0h	72h	Δ0-72h	0h	72h	Δ0-72h	0h	72h	Δ0-72h
キタノカオリ	87.0 <sup>c</sup>	1.35 <sup>a</sup>	20.9 <sup>a</sup>	80.1 <sup>b</sup>	66.6 <sup>b</sup>	-13.5 <sup>a</sup>	0.19 <sup>a</sup>	2.10 <sup>c</sup>	1.91 <sup>c</sup>	31.5 <sup>a</sup>	33.2 <sup>a</sup>	1.71 <sup>a</sup>
春よ恋	87.5 <sup>c</sup>	1.07 <sup>ab</sup>	14.2 <sup>c</sup>	78.5 <sup>b</sup>	60.8 <sup>c</sup>	-17.7 <sup>c</sup>	-0.11 <sup>b</sup>	2.77 <sup>b</sup>	2.88 <sup>b</sup>	26.7 <sup>b</sup>	24.5 <sup>b</sup>	-2.18 <sup>c</sup>
HRW	87.8 <sup>c</sup>	1.28 <sup>ab</sup>	16.3 <sup>b</sup>	79.6 <sup>b</sup>	61.9 <sup>c</sup>	-17.6 <sup>c</sup>	-0.28 <sup>b</sup>	3.07 <sup>a</sup>	3.35 <sup>a</sup>	27.1 <sup>b</sup>	24.2 <sup>b</sup>	-2.88 <sup>c</sup>
PH	88.7 <sup>b</sup>	0.61 <sup>ab</sup>	13.7 <sup>c</sup>	79.6 <sup>b</sup>	66.4 <sup>b</sup>	-13.2 <sup>a</sup>	-1.04 <sup>c</sup>	2.24 <sup>c</sup>	3.27 <sup>a</sup>	26.7 <sup>b</sup>	21.4 <sup>c</sup>	-5.22 <sup>d</sup>
市販粉	89.2 <sup>a</sup>	0.54 <sup>b</sup>	15.1 <sup>bc</sup>	84.7 <sup>a</sup>	70.1 <sup>a</sup>	-14.6 <sup>b</sup>	-0.92 <sup>c</sup>	0.69 <sup>d</sup>	1.62 <sup>c</sup>	22.5 <sup>c</sup>	22.1 <sup>c</sup>	-0.41 <sup>b</sup>

Tukeyの検定法により同じアルファベット文字間には、有意差がないことを示す(p<0.05, n=2).

Δ0-72h=L\*,a\*,b\*(0h)-L\*,a\*,b\*(72h)

第5図 中華麺生地色 (L\*,a\*,b\*) の経時変化



第8表 蒸留水及びかんすいを用いたとっきの小麦粉の糊化特性

品種・銘柄	蒸留水			NaCl+かんすい		
	最高粘度 (RVU)	ブレイクダウン (RVU)	セットバック (RVU)	最高粘度 (RVU)	ブレイクダウン (RVU)	セットバック (RVU)
キタノカオリ	232 <sup>b</sup>	119 <sup>a</sup>	44.9 <sup>b</sup>	302 <sup>a</sup>	163 <sup>a</sup>	41.9 <sup>c</sup>
春よ恋	234 <sup>ab</sup>	117 <sup>a</sup>	39.0 <sup>c</sup>	265 <sup>b</sup>	103 <sup>c</sup>	43.6 <sup>bc</sup>
HRW	232 <sup>b</sup>	76 <sup>c</sup>	55.2 <sup>a</sup>	242 <sup>c</sup>	90 <sup>d</sup>	58.6 <sup>ab</sup>
PH	237 <sup>ab</sup>	103 <sup>b</sup>	53.7 <sup>a</sup>	237 <sup>c</sup>	113 <sup>bc</sup>	72.3 <sup>a</sup>
市販粉	242 <sup>a</sup>	105 <sup>b</sup>	55.2 <sup>a</sup>	264 <sup>b</sup>	122 <sup>b</sup>	64.6 <sup>a</sup>

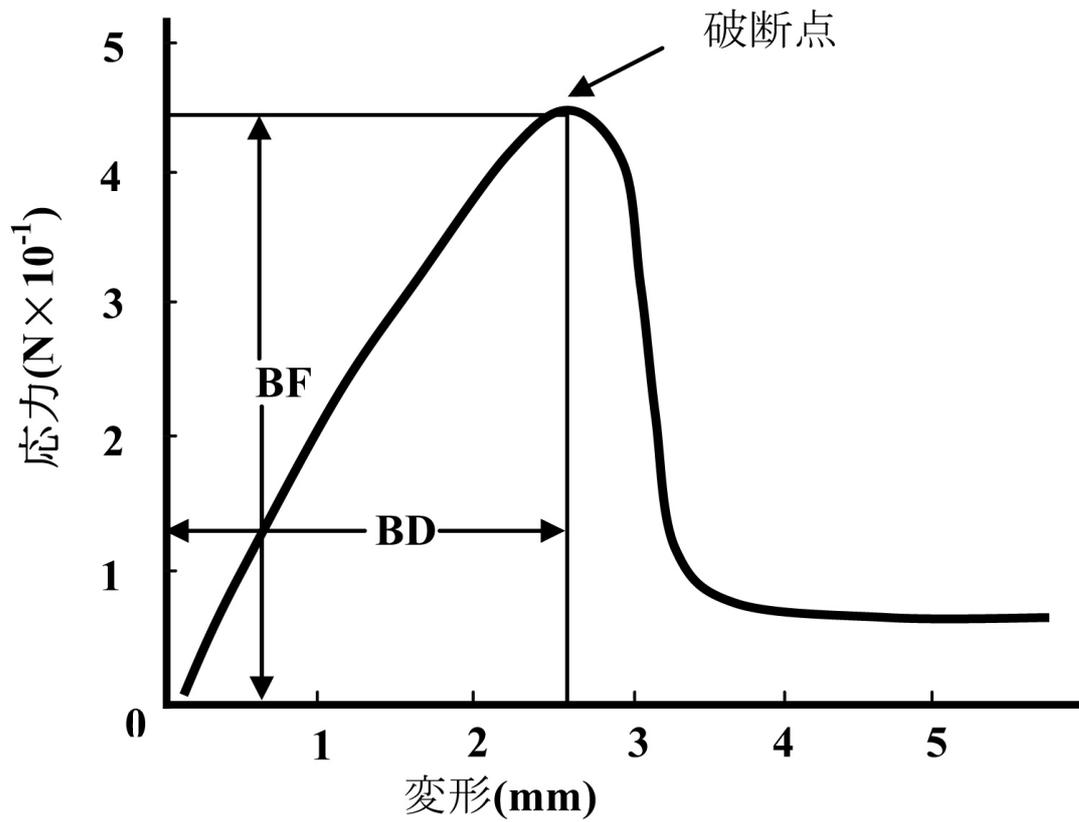
Tukeyの検定法により同じアルファベット文字間には、有意差がないことを示す( $p < 0.05$ ,  $n=2$ ).

第9表 かんすいを用いたときの小麦粉及びデンプンゲルの物性

品種・銘柄	小麦粉ゲル		デンプンゲル	
	硬さ ( $\text{N/m}^2 \times 10^3$ )	粘弾性 (—)	硬さ ( $\text{N/m}^2 \times 10^3$ )	粘弾性 (—)
キタノカオリ	5.80 <sup>c</sup>	2.99 <sup>b</sup>	18.0 <sup>c</sup>	4.03 <sup>b</sup>
春よ恋	7.33 <sup>b</sup>	3.30 <sup>a</sup>	19.6 <sup>bc</sup>	4.51 <sup>a</sup>
HRW	10.63 <sup>a</sup>	2.95 <sup>b</sup>	25.6 <sup>a</sup>	3.60 <sup>bc</sup>
PH	7.33 <sup>b</sup>	2.78 <sup>c</sup>	20.6 <sup>b</sup>	3.73 <sup>bc</sup>
市販粉	7.20 <sup>b</sup>	2.80 <sup>c</sup>	18.5 <sup>bc</sup>	3.49 <sup>c</sup>

Tukeyの検定法により同じアルファベット文字間には、有意差がないことを示す ( $p < 0.05$ ,  $n = 3$ ).

第6図 破断試験による破断応力-変形曲線の模式図



**BF:破断応力 (Breaking Force)**  
**BD:変形 (Breaking Deformation)**

第10表 中華麺の生麺及びゆで面の物性

品種・銘柄	生麺			ゆで麺(3分)			ゆで麺(7分)			ゆで麺	ゆで麺
	BF	BD	BF/BD	BF	BD	BF/BD	BF	BD	BF/BD	(3分)	(7分)
	( $\text{N} \times 10^{-1}$ )	(mm)	( $\text{N}/\text{mm} \times 10^{-1}$ )	( $\text{N} \times 10^{-1}$ )	(mm)	( $\text{N}/\text{mm} \times 10^{-1}$ )	( $\text{N} \times 10^{-1}$ )	(mm)	( $\text{N}/\text{mm} \times 10^{-1}$ )	粘弾性 (—)	粘弾性 (—)
キタノカオリ	10.50 <sup>b</sup>	3.98 <sup>b</sup>	2.64 <sup>a</sup>	4.41 <sup>c</sup>	5.18 <sup>a</sup>	0.86 <sup>c</sup>	2.55 <sup>b</sup>	3.83 <sup>a</sup>	0.67 <sup>b</sup>	4.76 <sup>a</sup>	3.78 <sup>a</sup>
春よ恋	4.61 <sup>d</sup>	3.75 <sup>b</sup>	1.23 <sup>b</sup>	4.81 <sup>b</sup>	4.90 <sup>ab</sup>	0.98 <sup>bc</sup>	2.60 <sup>b</sup>	3.80 <sup>a</sup>	0.69 <sup>b</sup>	5.00 <sup>a</sup>	3.58 <sup>a</sup>
HRW	9.81 <sup>bc</sup>	4.63 <sup>ab</sup>	2.12 <sup>a</sup>	4.46 <sup>c</sup>	3.85 <sup>b</sup>	1.16 <sup>ab</sup>	3.29 <sup>a</sup>	3.40 <sup>a</sup>	0.97 <sup>a</sup>	3.88 <sup>b</sup>	3.06 <sup>a</sup>
PH	14.32 <sup>a</sup>	5.18 <sup>a</sup>	2.78 <sup>a</sup>	5.49 <sup>a</sup>	3.98 <sup>b</sup>	1.38 <sup>a</sup>	3.29 <sup>a</sup>	3.40 <sup>a</sup>	0.97 <sup>a</sup>	4.65 <sup>a</sup>	3.13 <sup>a</sup>
市販粉	9.27 <sup>c</sup>	4.45 <sup>ab</sup>	2.10 <sup>a</sup>	4.51 <sup>c</sup>	4.45 <sup>ab</sup>	1.02 <sup>bc</sup>	2.55 <sup>b</sup>	3.30 <sup>a</sup>	0.78 <sup>b</sup>	4.49 <sup>ab</sup>	3.21 <sup>a</sup>

Tukeyの検定法により同じアルファベット文字間には、有意差がないことを示す ( $p < 0.05$ ,  $n=2$ , 粘弾性は $n=4$ ).

BF: 破断応力 (breaking force), BD: 変形 (breaking deformation)

第11表 中華麺の官能評価

品種・銘柄	硬さ	粘弾性	なめらかさ	総合点
キタノカオリ	<b>3.00<sup>a</sup></b>	<b>3.83<sup>a</sup></b>	<b>3.83<sup>a</sup></b>	<b>10.67<sup>a</sup></b>
春よ恋	<b>2.33<sup>a</sup></b>	<b>3.50<sup>ab</sup></b>	<b>3.33<sup>ab</sup></b>	<b>9.17<sup>ab</sup></b>
HRW	<b>2.83<sup>a</sup></b>	<b>2.50<sup>c</sup></b>	<b>2.67<sup>b</sup></b>	<b>8.00<sup>b</sup></b>
PH	<b>3.17<sup>a</sup></b>	<b>3.17<sup>bc</sup></b>	<b>3.33<sup>ab</sup></b>	<b>9.67<sup>ab</sup></b>
市販粉	<b>2.50<sup>a</sup></b>	<b>2.83<sup>bc</sup></b>	<b>3.17<sup>ab</sup></b>	<b>8.50<sup>ab</sup></b>

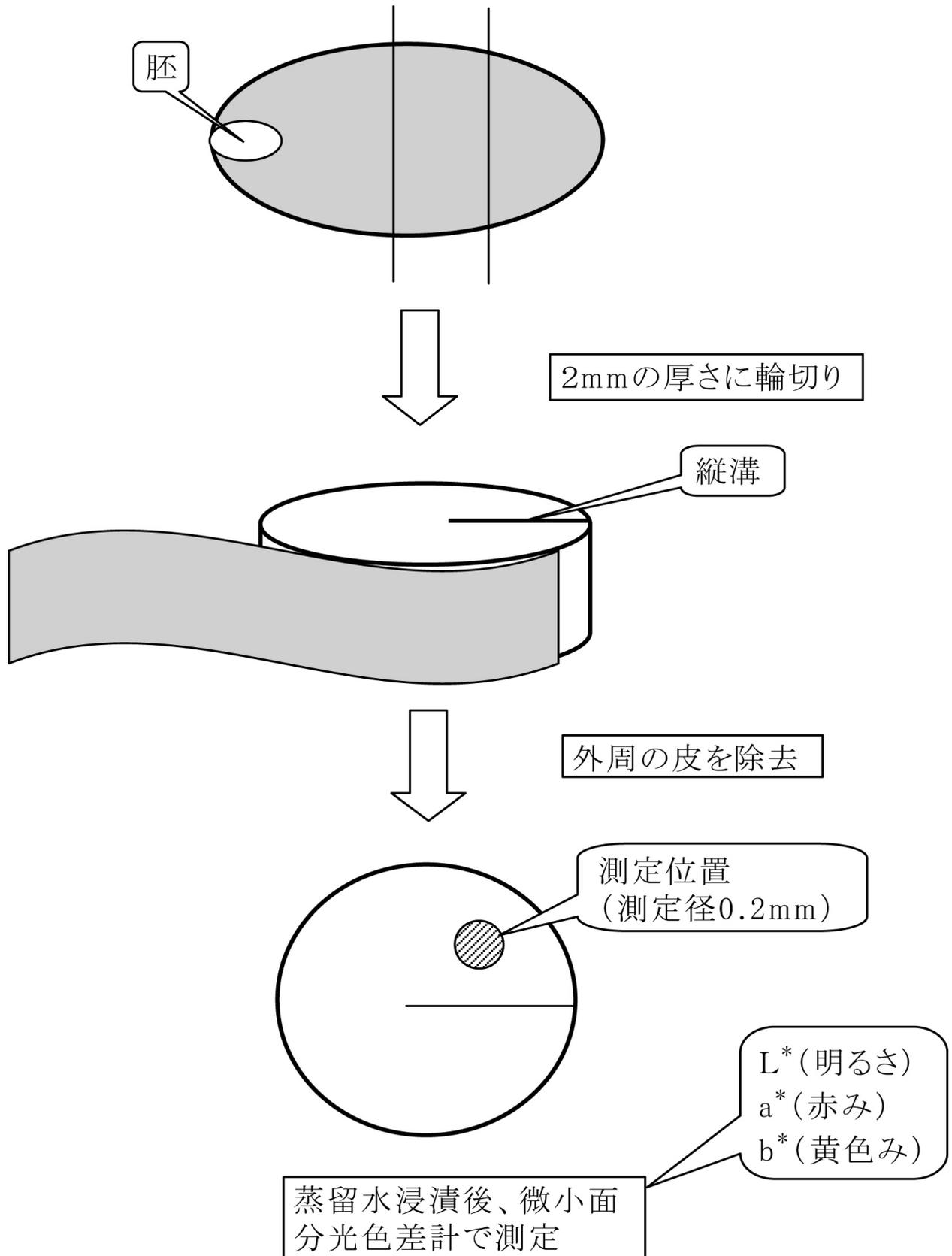
**Tukey**の検定法により同じアルファベット文字間には、有意差がないことを示す ( $p < 0.05$ ,  $n = 6$ ).

第12表-a 供試品種・系統及び銘柄の一覧

産地	硬・軟質性	品種・系統名
東北農試	硬質	コユキコムギ、東北138号 <sup>*1)</sup> 、東北195号、 育材1号、 <b>b-B8088</b> 、 <b>Recita<sup>1*</sup></b> 、白火 <sup>*</sup> 、 <b>Thatcher</b> 、 <b>Monopol</b>
	軟質	タイセツコムギ <sup>*</sup> 、チホクコムギ、キタカミコムギ <sup>*</sup> 、 フクホコムギ <sup>*</sup> 、ゼンコウジコムギ <sup>*</sup> 、しゅんよう、 関東107号 <sup>*</sup> 、関東114号、 <b>Rosella<sup>*</sup></b> 、 <b>Lancer</b>
秋田県農試	硬質	あきたっこ <sup>*</sup>
福島県農試 会津支場	軟質	しゅんよう <sup>*</sup>
オーストラリア	硬質・軟質	<b>ASW (Australian Standard White)</b>
アメリカ合衆国	軟質	<b>WW (Western White)</b>
アメリカ合衆国	硬質	<b>HRW (Hard Red Winter)</b>

1)\*は、胚乳色を測定した品種・系統

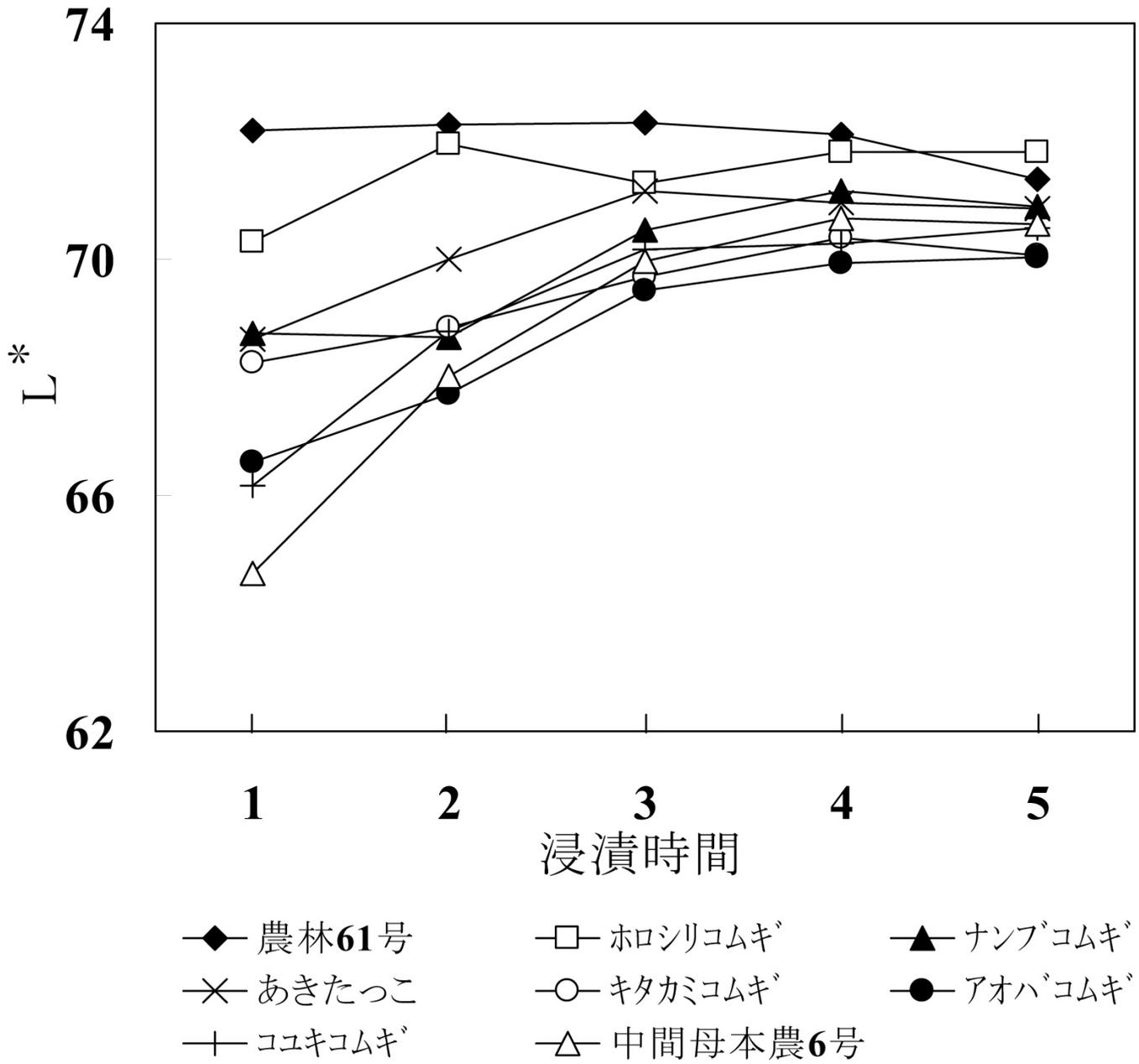
第7図 胚乳断面色測定の手順



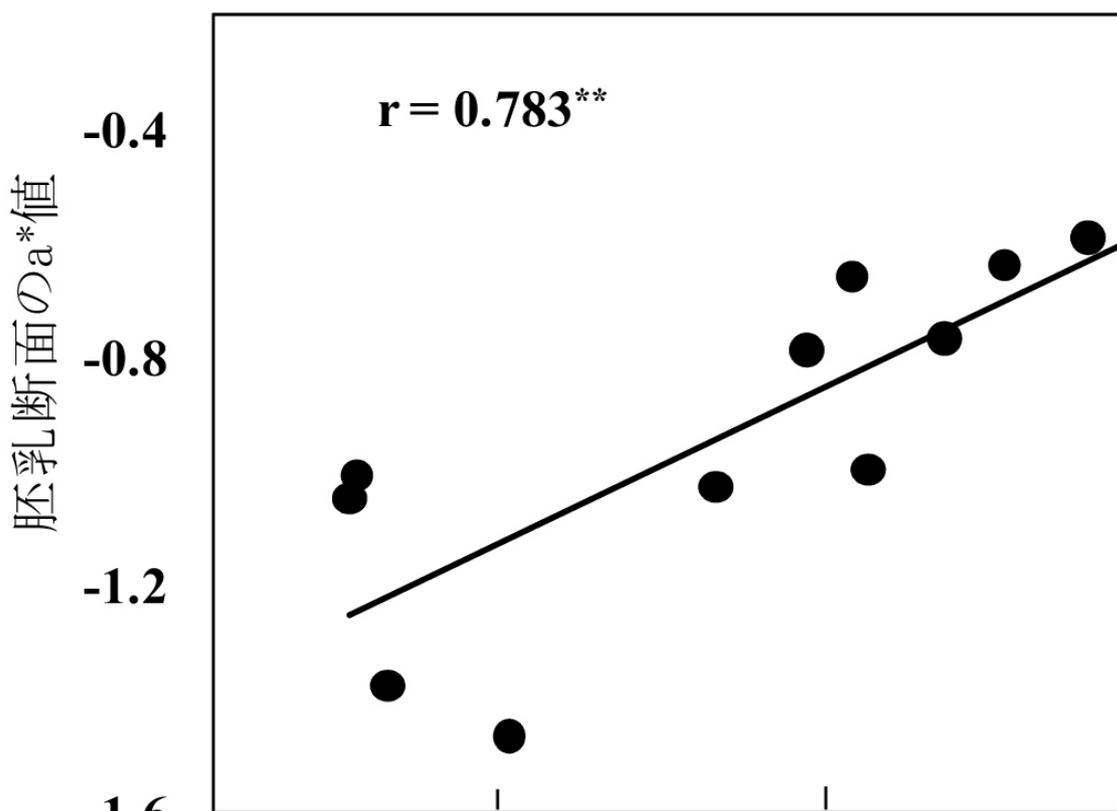
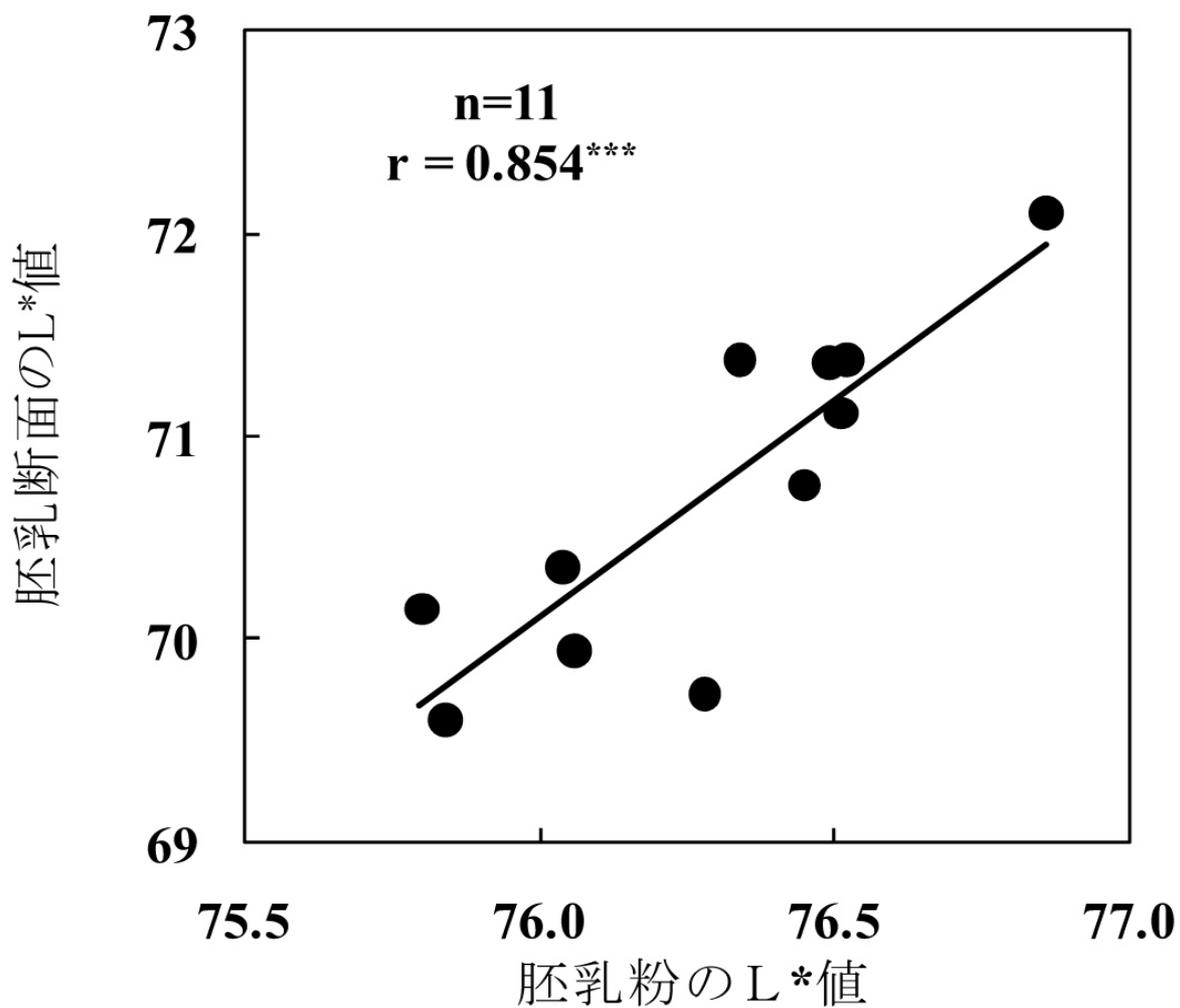
第12表-b 測定試料の蒸留水への浸漬時間の検討に用いた品種・系統

硬・軟質性	品種・系統名
硬質	あきたっこ、アオバコムギ、コユキコムギ、 中間母本農6号、ホロシリコムギ
軟質	農林 <b>61</b> 号、ナンブコムギ、キタカミコムギ

第8図 浸漬時間と胚乳のL\*値との関係



第9図 胚乳断面色と胚乳粉色の関係



-1.0

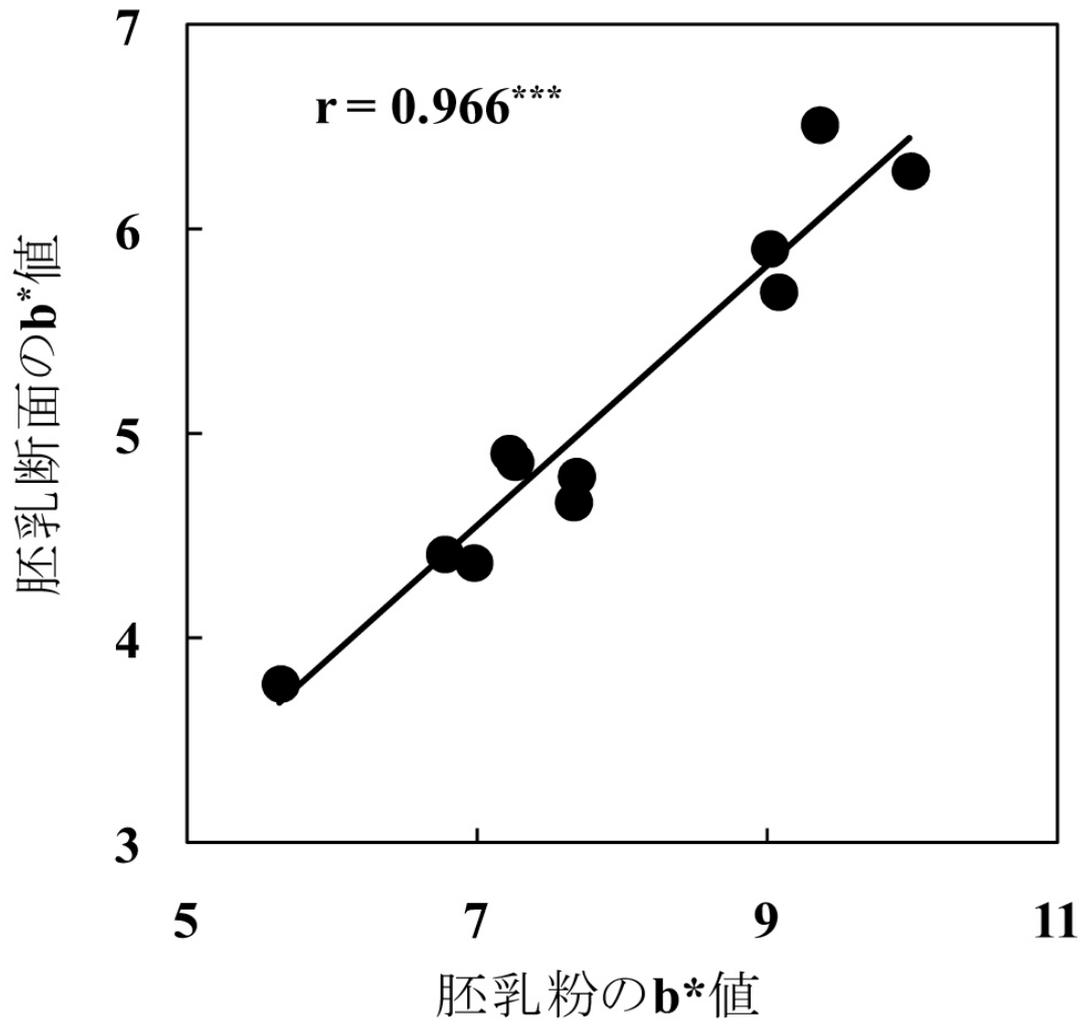
-2.2

-1.8

-1.4

-1.0

胚乳粉のa\*値



7

6

5

4

3

5

7

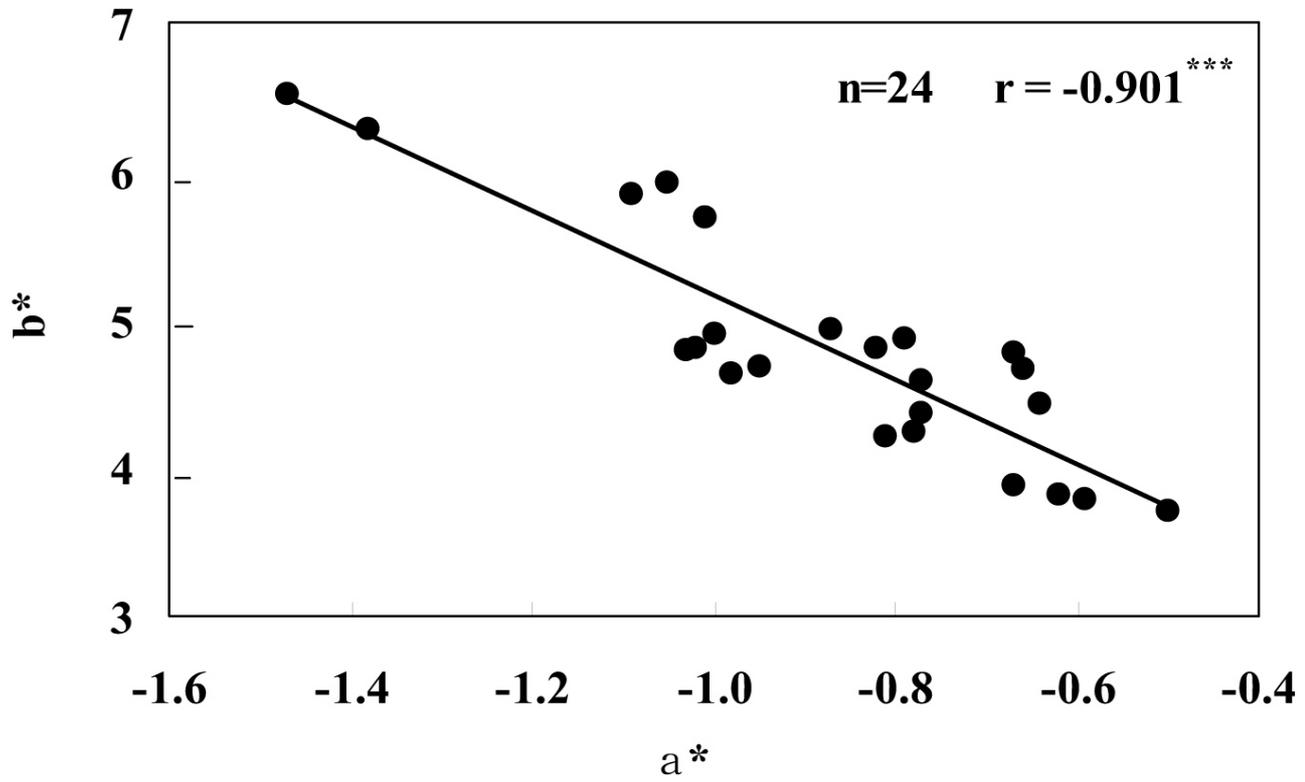
9

11

胚乳粉のb\*値

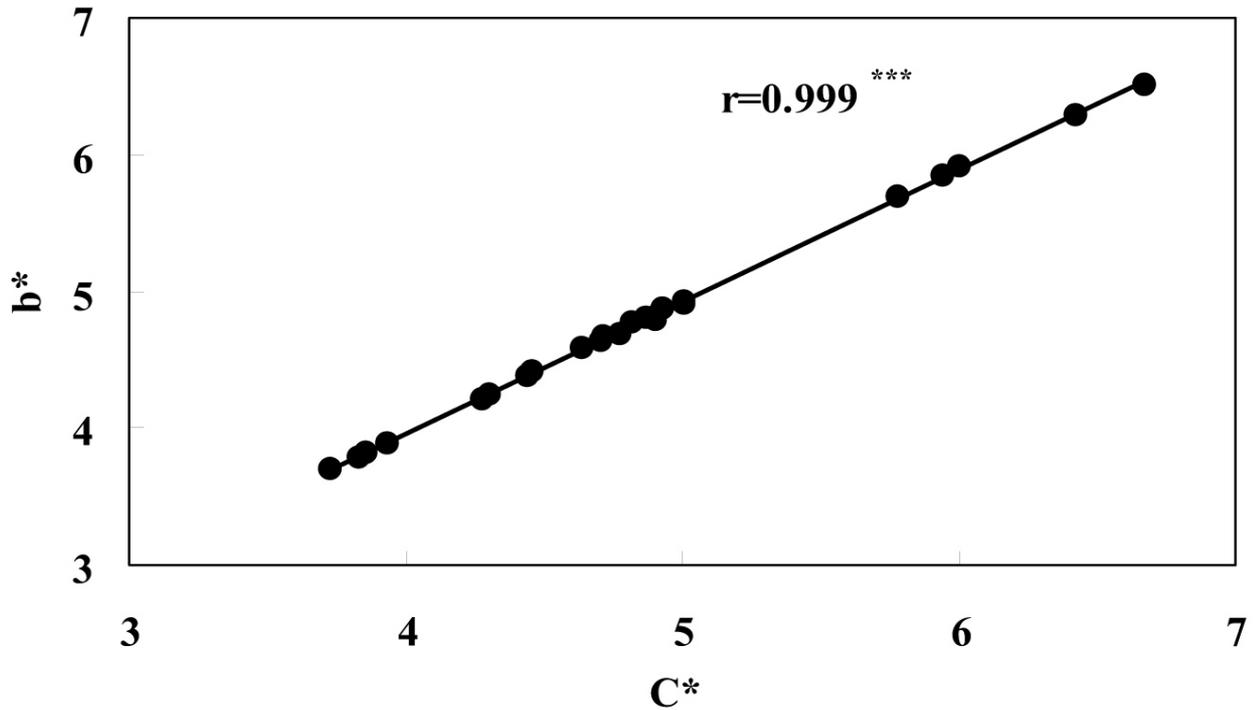
第10図 胚乳断面色の測定値間の関係と供試品種・系統の分布

**a**



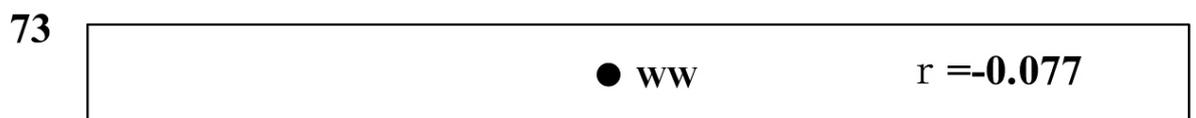
$a^* - b^*$  の関係

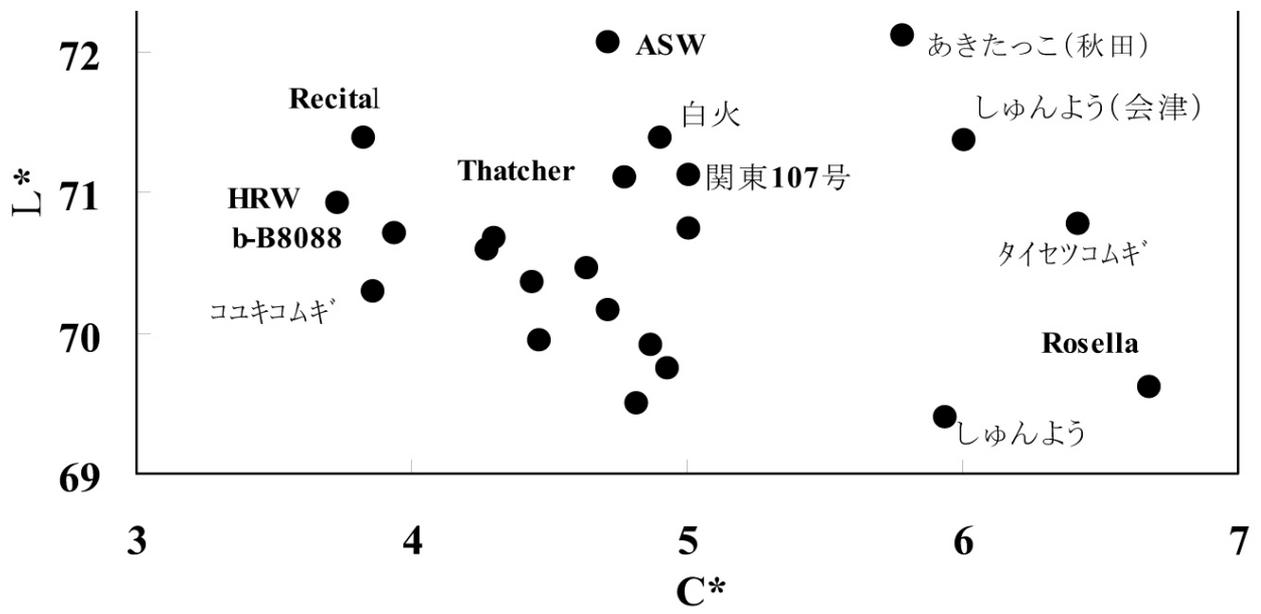
**b**



$C^*$  (彩度) -  $b^*$  の関係

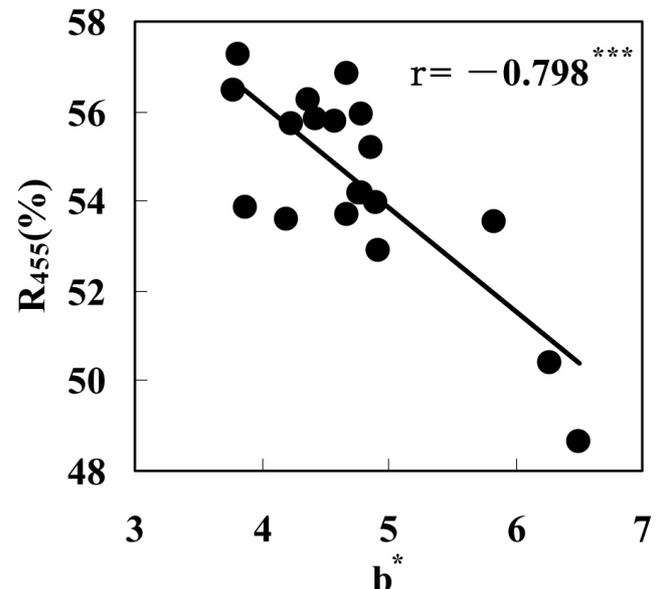
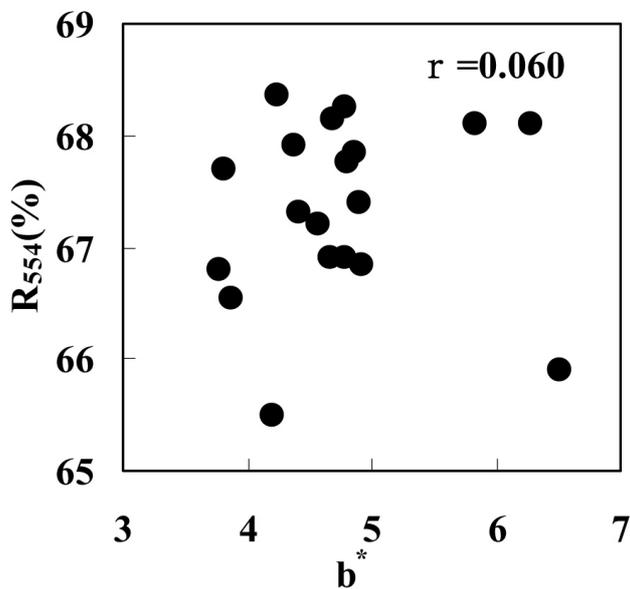
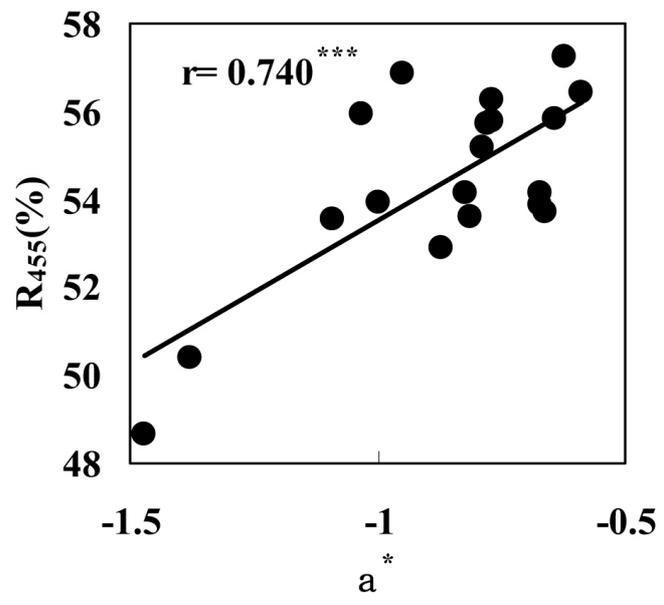
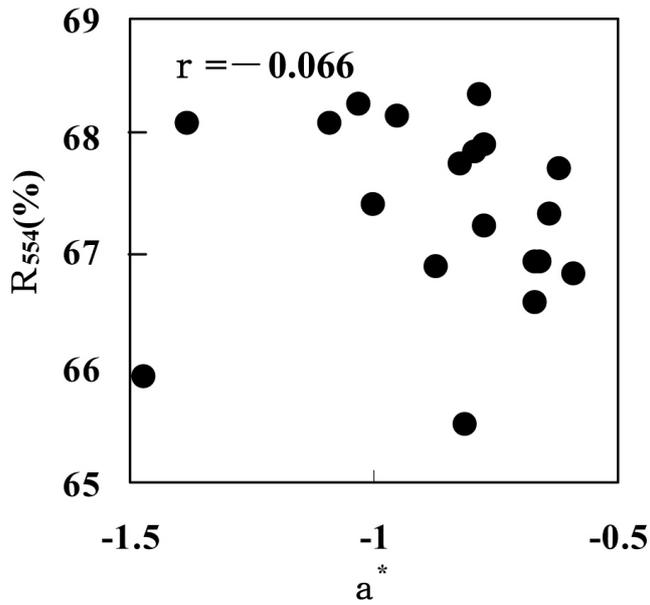
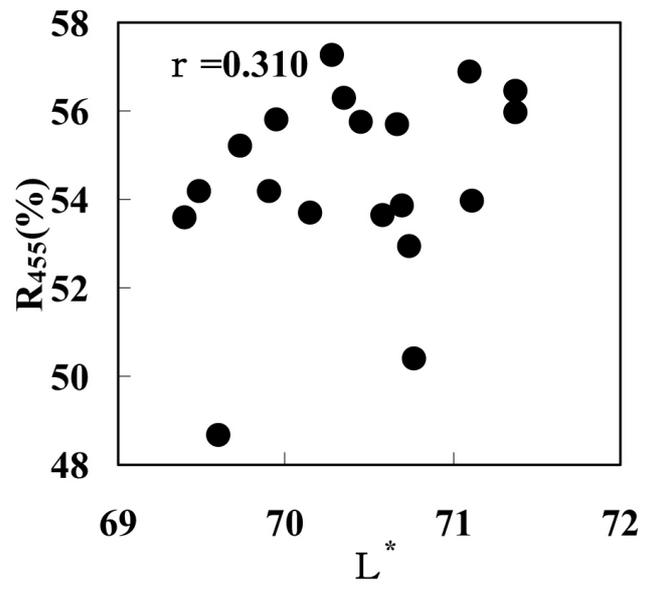
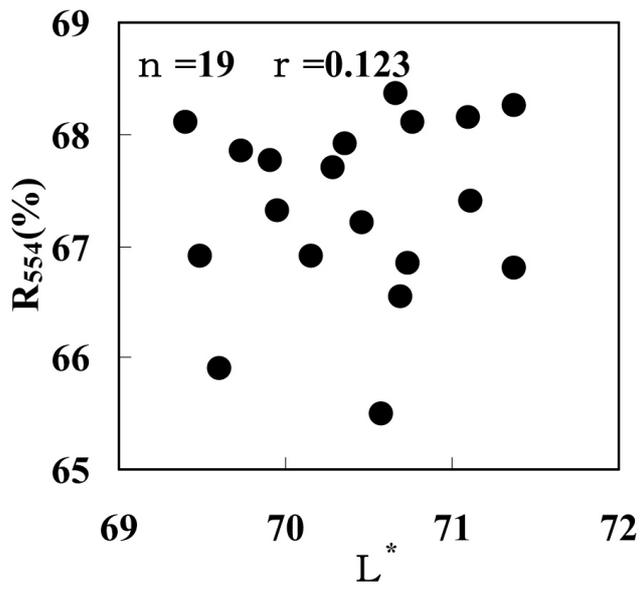
**c**





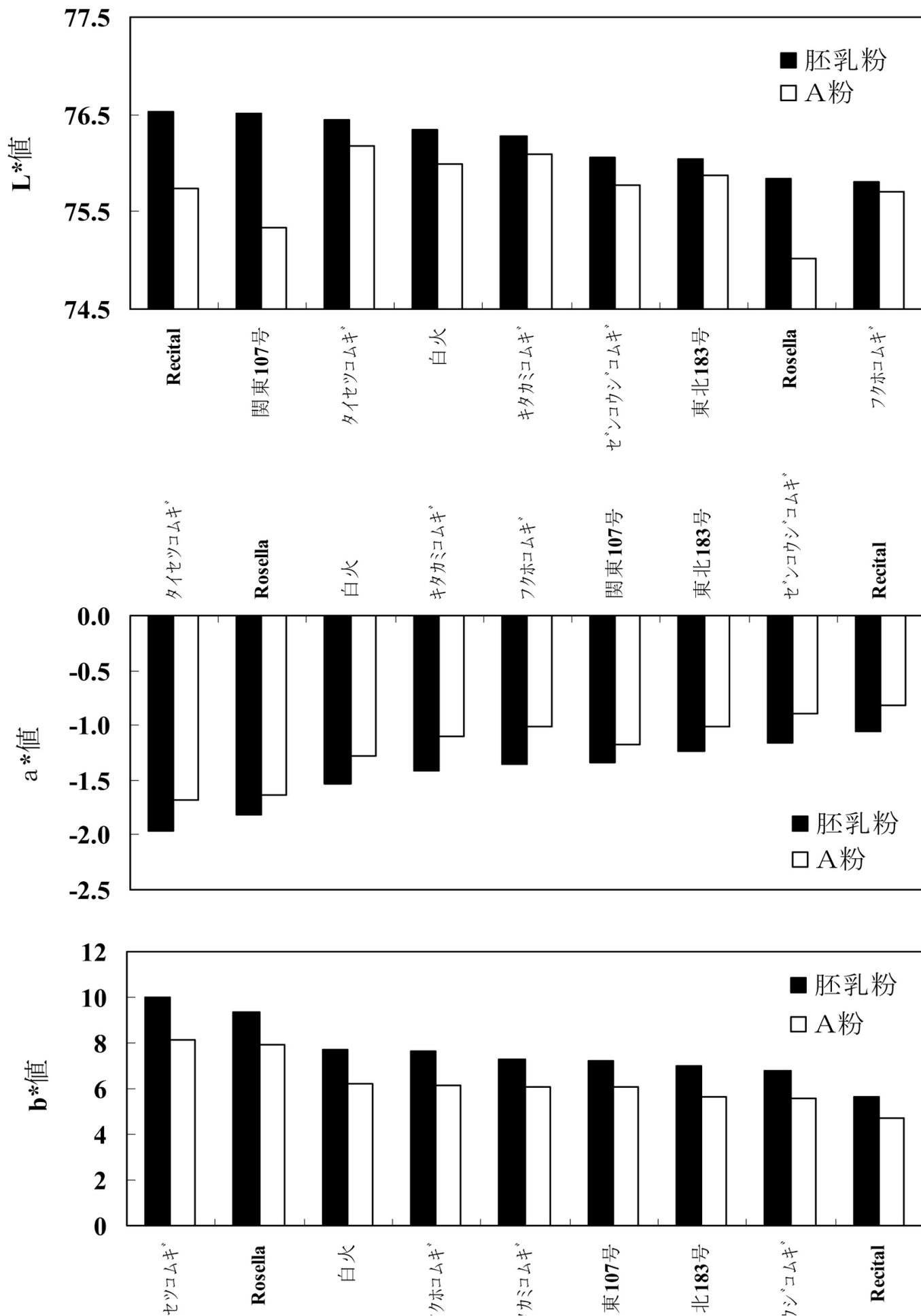
L\*及びC\*における品種・系統の分布

第11図 東北農試産19品種・系統の胚乳断面色と R554及びR455との関係





第12図 東北農試産コムギ9品種・系統における胚乳粉色及びA粉色



タイ

フ

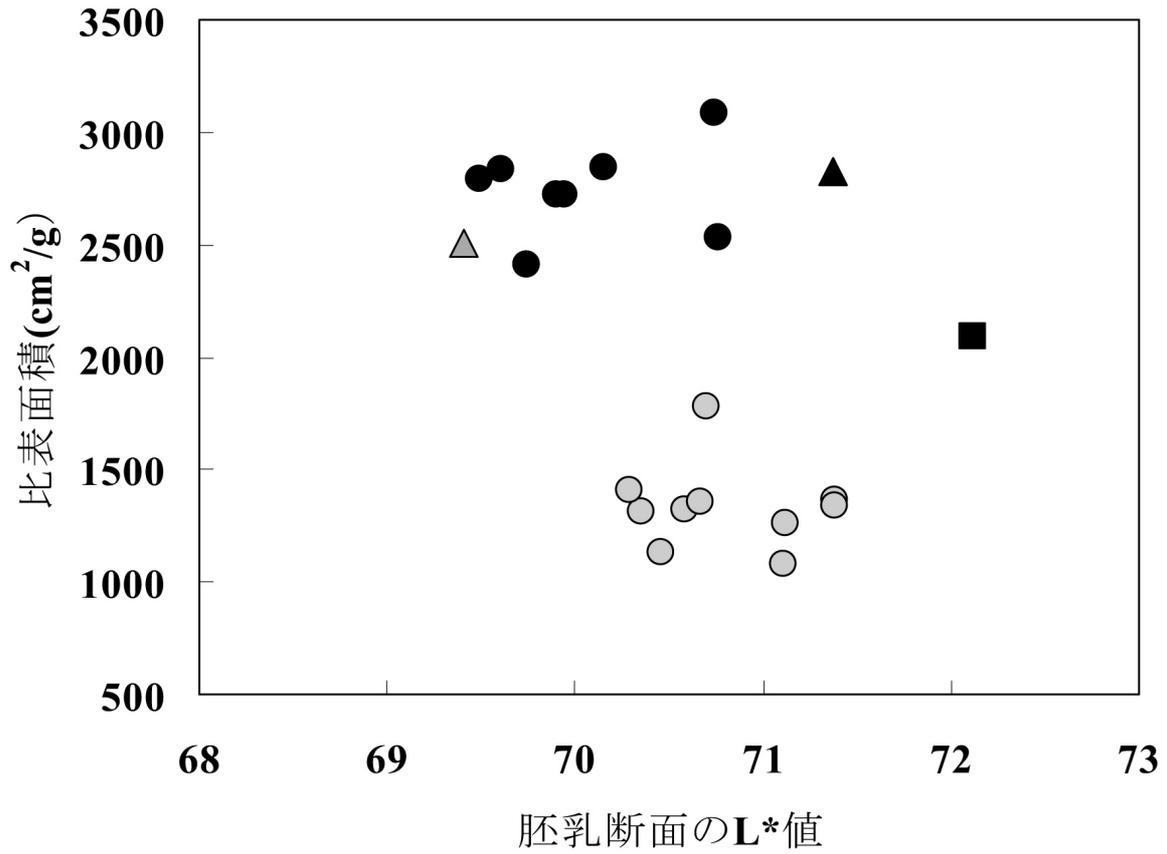
キタ

関

東

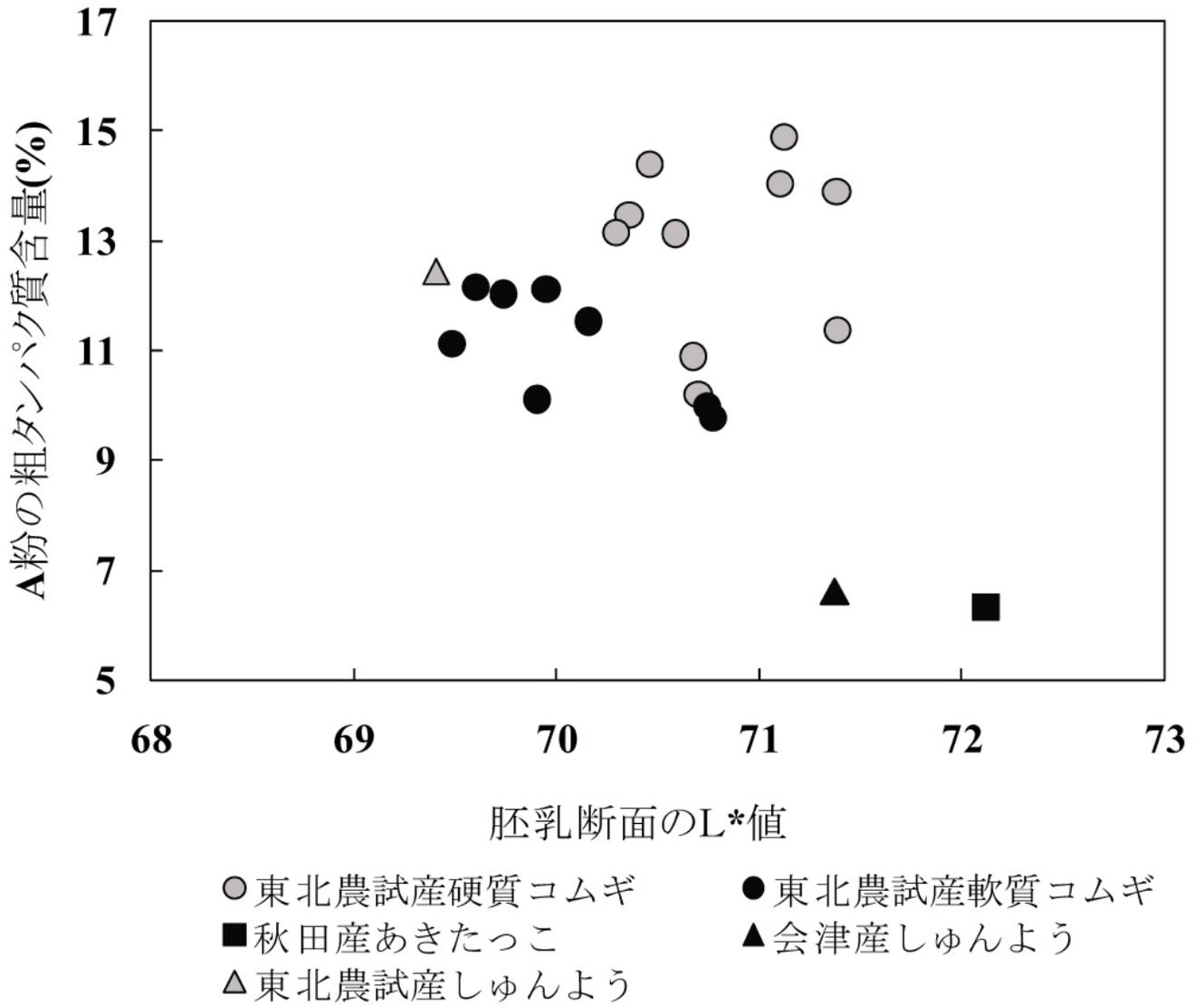
セシゴ

第13図 東北産品種・系統の胚乳断面色及び比表面積の分布

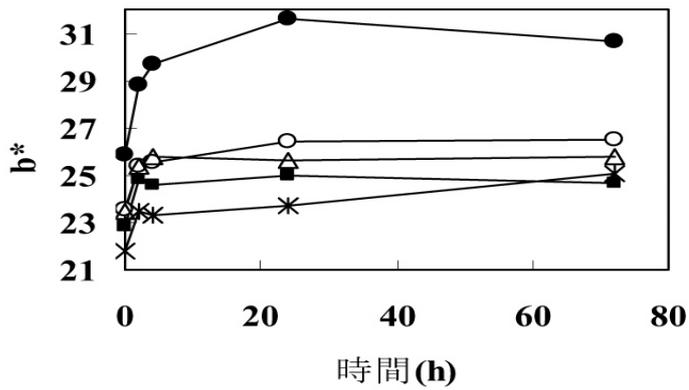
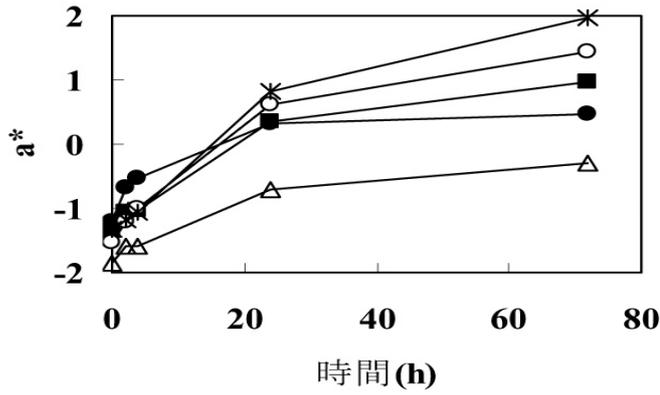
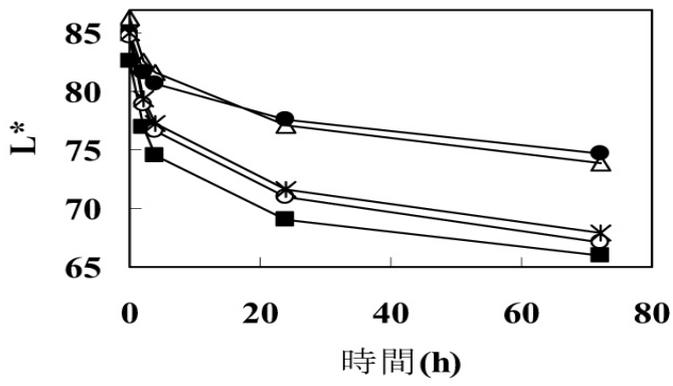


- 東北農試産硬質コムギ
- 東北農試産軟質コムギ
- 秋田産あきたっこ
- ▲ 会津産しゅんよう
- △ 東北農試産しゅんよう

第14図 東北産品種・系統の胚乳断面色及びA粉の粗タンパク含量の分布

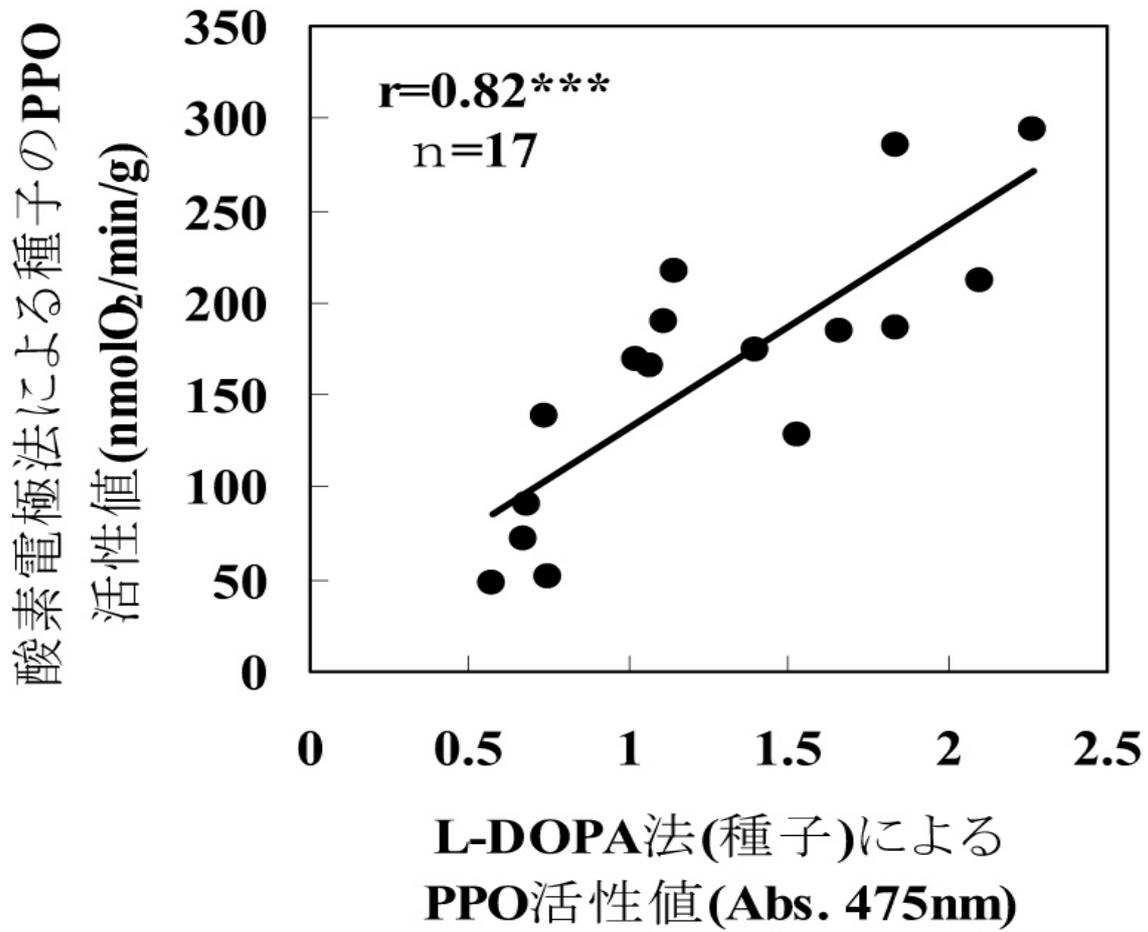


第15図 中華麵生地色の経時変化



- : キタノカオリ
  - : 1CW (No. 1 Canada Western Red Spring)
  - : HRW (Hard Red Winter)
  - \*: DNS (Dark Northern Spring)
  - △: 市販粉
- L\*, a\*, b\* は第13表参照.

第16図 酸素電極法による種子のPPO活性値と  
L-DOPA法(種子)によるPPO活性値(Abs. 475nm)の関係

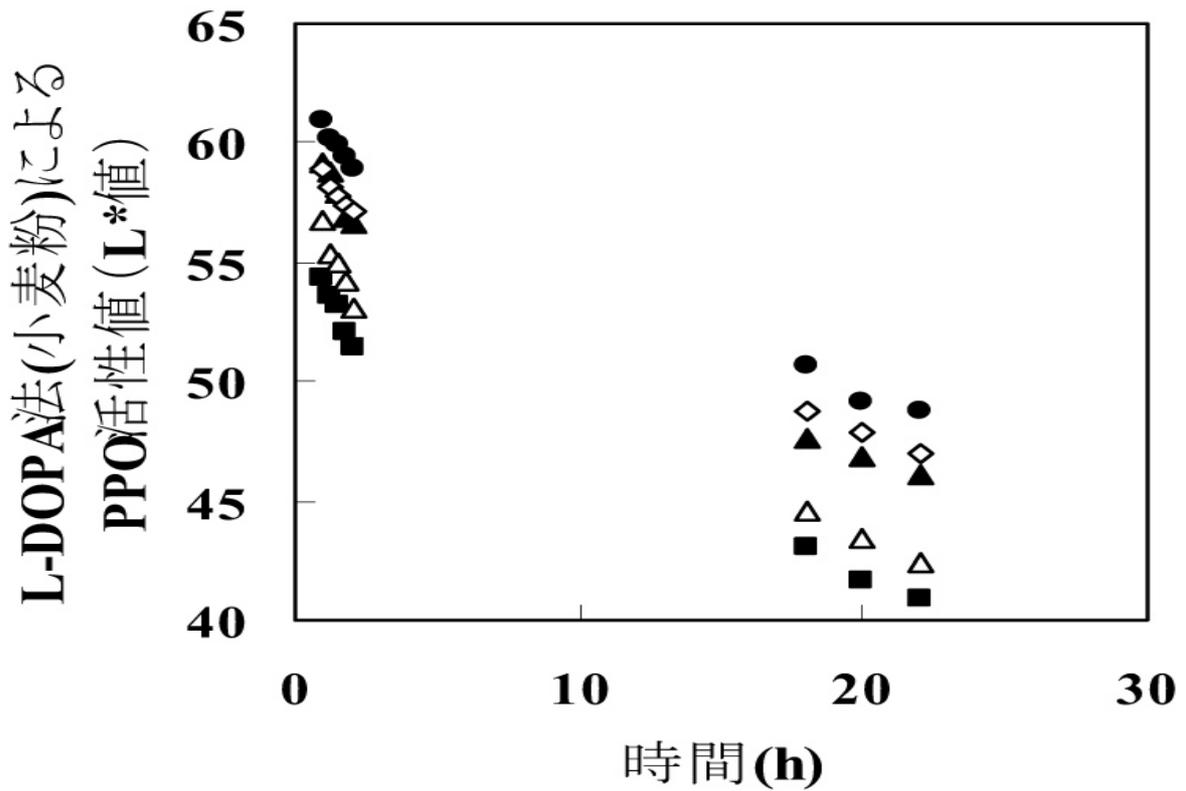


第14表 酸素電極法による種子及び小麦粉のPPO活性値と中華麵生地色の相関係数 (n=17)

	<b>L<sup>*</sup></b> <b>(72h)</b>	<b>a<sup>*</sup></b> <b>(72h)</b>	<b>ΔL<sup>*</sup></b> <b>(0-72h)</b>	<b>Δa<sup>*</sup></b> <b>(72-0h)</b>
種子	<b>-0.53<sup>*</sup></b>	<b>0.35</b>	<b>0.66<sup>**</sup></b>	<b>0.57<sup>*</sup></b>
小麦粉	<b>-0.63<sup>**</sup></b>	<b>0.58<sup>*</sup></b>	<b>0.71<sup>***</sup></b>	<b>0.76<sup>***</sup></b>

**L<sup>\*</sup>(72h), a<sup>\*</sup>(72h), ΔL<sup>\*</sup>(0-72h), Δa<sup>\*</sup>(72-0h)**は第13表参照.

第 17 図 L-DOPA 改変法（小麦粉）における反応液測定時間の経過に伴う PPO 活性値（L\*値）の経時変化.



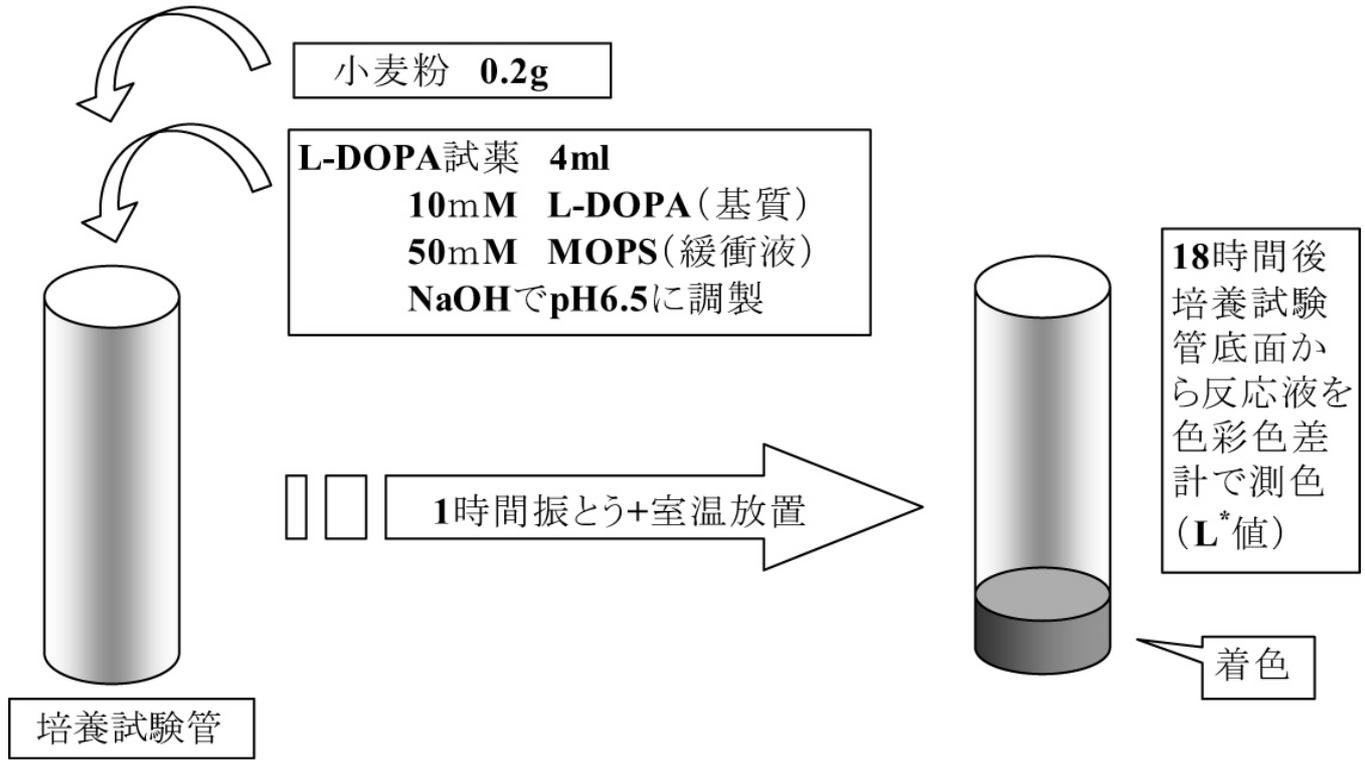
●:キタノカオリ ▲:ホクシン ◇:ホロシリコムギ  
 ■:HRW(Hrad Red Winter)  
 △:DNA(Dark Northern Spring) L\*値は第13表参照.

第 15 表 L-DOPA 改変法（小麦粉）において反応後放置時間の異なるサンプルで測定した L\* 値と酸素電極法による小麦粉の PPO 活性値の相関係数（n=5）

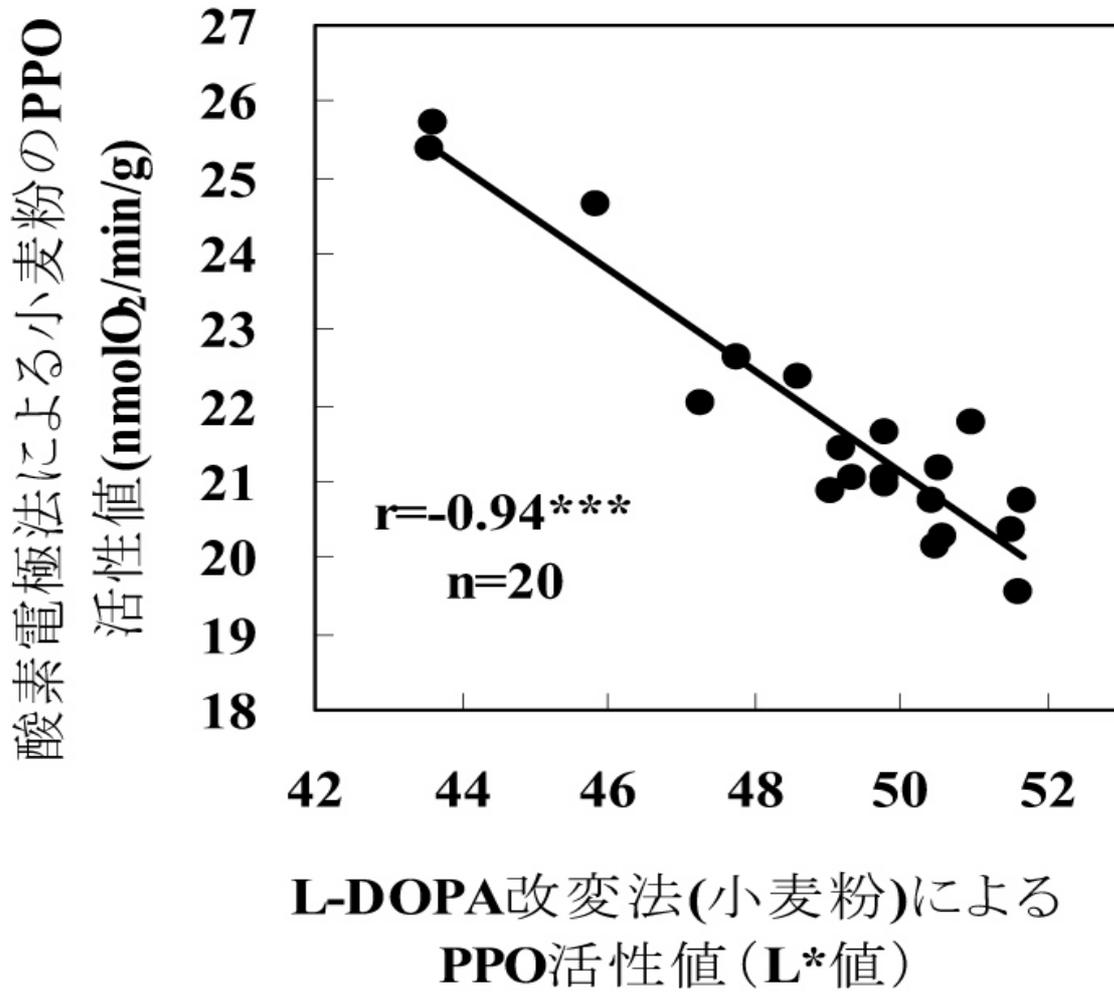
	放置時間(h)							
	1	1.25	1.5	1.75	2	18	20	22
相関係数	-0.93 <sup>*</sup>	-0.97 <sup>***</sup>	-0.96 <sup>***</sup>	-0.94 <sup>**</sup>	-0.97 <sup>***</sup>	-0.95 <sup>**</sup>	-0.96 <sup>***</sup>	-0.96 <sup>***</sup>

L\*は第13表参照.

第18図 L-DOPA改変法の測定条件.



第 19 図 酸素電極法による小麦粉の PPO 活性値と L-DOPA 改変法 (小麦粉) による PPO 活性値 (L\* 値) の関係. L\* 値は表 13 参照



第20図 L-DOPA法（種子）によるPPO活性値（Abs. 475nm）とL-DOPA改変法（小麦粉）によるPPO活性値（L\*値）の年次間の相関（2003年度－2004年度）．L\*は表13参照．

