

北海道産ライ麦を使用したパンの性状と嗜好性

第2報 ライ麦パンの製パン性と嗜好性に及ぼすライ麦の産地・品種および製粉方法の影響

筒井 静子¹⁾・三木 貴史²⁾・義平 大樹³⁾

Bread-making quality and palatability of bread made with Hokkaido rye II. Effects of rye producing area, cultivar and milling method on the physical properties and palatability of rye bread

Shizuko TSUTSUI¹⁾, Takashi MIKI²⁾ and Taiki YOSHIHIRA³⁾

(Accepted 16 January 2012)

緒 論

ライ麦パンは、ロシアや東欧諸国を中心に消費され、日本では黒パンとして知られている(星川1996)。ライ麦は小麦と違いグルテンを形成することができないため、ドイツではサワー種を使用してパンを加工するのが主流である。このため、黒パンは独特の風味が出て重く硬いパンとなる(吉野1999)。この独特の風味や食感、米食が基本であり白くやわらかいパンを好む日本人には、全体として好まれることは少なかった。しかし、ライ麦は小麦よりもビタミンB₁、B₂や食物繊維が多く、生活習慣病等の予防に役立つことや、小麦アレルギーのアレルゲンである小麦タンパクを含まないこと(義平2006)などから、近年ライ麦パンが注目され始めた。

サワー種を使用したライ麦粉の配合割合の高いライ麦パンの作製は、手間と時間がかかることから、配合割合を低くし、サワー種を入れずに小麦粉と混合して手軽に作るライ麦パンが徐々に普及しつつある。著者ら(筒井ら2012)は、北海道産小麦粉とライ麦全粒粉を配合してライ麦パンの嗜好性を調査したところ、ライ麦の配合割合が、トーストしない場合では20%、トーストした場合は30%の時、最も嗜好性が高いことを確認した。

一方、農家で流通しているライ麦種子の大部分は北海道において緑肥用、東北、関東地方においては冬作飼料用であり(義平2011)、パン用としてライ麦

を栽培しているのは、帯広市や当麻町などごく一部に限られ、国内でパン用に製粉されるライ麦の大部分は輸入されたものである。また、義平と唐澤2004は、国内外の遺伝資源18品種および系統を収集し、比較栽培試験をおこなった結果、生育特性および収量性の品種間差異はきわめて大きいことを確認している。しかし、日本においてはライ麦粉の配合割合が低いライ麦パンが好まれることが多いため、粉の製パン性は小麦品種の影響を大きく受けるとされ、ライ麦品種がライ麦パンの製パン性やその嗜好性に及ぼす影響については調べられていない。

さらに、ライ麦は生産量が少ないため、通常的小麦において用いられるロールミルによる製粉が難しく、少量で対応できる石臼もしくはハンマーミルを用いた全粒粉として流通していることが多いことから、製粉方法がライ麦パンの物性や嗜好性に及ぼす影響を調査した報告はみられない。

そこで、産地・品種の異なる3種類のライ麦に、石臼・ハンマーミルの2種類の製粉方法を組み合わせた計6種類のライ麦粉に北海道産の小麦粉を添加して、ライ麦パンを作製し、その製パン性や嗜好性に及ぼす産地・品種および製粉法の影響を検討した。

材料と方法

1. 小麦粉とライ麦粉の種類

表1に小麦粉とライ麦粉の製粉方法、産地・品種および成分分析値を示した。小麦粉は、江別製粉株

¹⁾ 酪農学園大学酪農学部酪農学科食物利用学研究室

Food and Culinary Science, Department of Dairy Science, Faculty of Dairy Science, Rakuno Gakuen University, Ebetsu, Hokkaido, 069-8501, Japan

²⁾ 江別製粉株式会社

Ebetsu Flour Milling co, LTD, Ebetsu, Hokkaido, 067-0003, Japan

³⁾ 酪農学園大学酪農学部酪農学科飼料作物学研究室

Forage Crop, Department of Dairy Science, Faculty of Dairy Science, Rakuno Gakuen University, Ebetsu, Hokkaido, 069-8501, Japan

表1. 小麦粉とライ麦粉の製粉方法, 産地・品種および成分分析値

試料名	作物	製粉方法	産地(品種)	分析値			
				水分 (%)	灰分 (%)	グルテン (%)	蛋白質 (%)
香麦	コムギ	ロールミル		13.7	0.45	32	12.1
道産石臼	ライムギ	石臼	当麻町(春香)	13.4	1.03	—	7.0
米産石臼			アメリカ	13.3	0.98	—	8.1
4 R石臼			酪大(4R507)	13.3	1.20	—	7.4
道産ハンマー	ライムギ	ハンマー	当麻町(春香)	11.7	1.75	—	9.4
米産ハンマー		ミル	アメリカ	12.9	1.66	—	8.6
4 Rハンマー			酪大(4R507)	13.3	1.90	—	7.6

式会社の香麦(北海道産の“ハルユタカ”, “ホクシン” および “ホロシリ” 小麦を主原料とするブレンド粉)である。一方, ライ麦粉は, 3種類のライ麦品種系統を2種類の製粉方法で挽いて製粉したものである。ライ麦の品種系統は, 北海道産ライ麦(2006年当麻町産, 品種“春香”が原料), アメリカ産ライ麦(2006年産であるが品種は不明), 酪農大産ライ麦(2007年に収穫したライ麦系統“4R507”4倍体のライ麦系統で越冬性に非常に優れ, 早生で, 多収を示し(于ら2004)千粒重が大きくライ麦の中では製粉歩留まりが高いことが分かっている。)である。ライ麦の製粉に使用した製粉機は, 石臼(オストローラー社: Model A 400 MSM)とハンマーミル(竹内鉄工所: NSB型4号)で, 石臼で挽いた粉は, 315 μ mの篩を通し, 篩に残った粉は, ふすまとして除去した。これに対して, ハンマーミルは挽碎し, 後に篩に残った粉は再度粉碎して, 細かくし, 完全な全粒粉としたものである。なお, 一連の作業は江別製粉株式会社で行った。

それぞれのライ麦は収穫年度に製粉して2007年に実験に用いた。これら6種類の組み合わせのライ麦粉を以下, 道産石臼, 道産ハンマー, 米産石臼, 米産ハンマー, 酪産(4R)石臼, 酪産(4R)ハンマーとする。

2. 材料および配合割合

材料として, 小麦粉, ライ麦粉6種類, ドライイースト(日本製粉株式会社: ドライイースト), ショートニング(雪印株式会社: ショートニング), 砂糖(日本甜菜製糖株式会社: グラニュー糖), 食塩(財団法人塩事業センター: 塩), スキムミルク(北海道乳業: 脱脂粉乳), 水(水道水)を用いた。

試料の配合は, ベーカーズパーセントで, 粉100(小麦粉70+ライ麦粉30)に対し, ドライイースト1.2, ショートニング7, 砂糖6, 食塩2, スキムミルク2, 水64.8~69.4(ファリノグラフ吸水率

表2. 試料の加水率および加水量

試料名	小麦粉 (g)	ライ麦粉 (g)	加水率* (%)	加水量 (g)
道産石臼	350	150	68.7	343.5
米産石臼	〃	〃	68.1	340.5
酪産4 R石臼	〃	〃	65.7	328.5
道産ハンマー	〃	〃	69.4	347.0
米産ハンマー	〃	〃	69.2	346.0
酪産4 Rハンマー	〃	〃	64.8	324.0

*ファリノグラフ吸水率に基づき算出

に基づきライ麦の種類に応じて算出)とした。なお, 使用した小麦粉およびライ麦粉の成分分析値を表1に, 試料の加水率および加水量は表2に示した。

3. 試料の作製および測定方法

パン生地の作製は, 粉500gに対し上記の配合割合の材料をそれぞれ加え, 直捏法(吉野1999a)で行った。生地の混捏は, ビニール袋内で粉, ドライイースト, 砂糖, 食塩, スキムミルクを軽く攪拌したものと, 水をミキサー(大正電気株式会社: レディースミキサーKN-200)に入れ, ゴムベラで軽く混ぜた。その後, 低速で3分間, 高速で7分間混捏し, ショートニングを加えた。さらに, 低速で2分間, 高速で4分間混捏した後, 生地を丸めてボールに入れ, ラップフィルムをして, 28 $^{\circ}$ Cの恒温器内(株式会社いすゞ製作所: 定温培養器ハローひまわり)で70分間発酵させた。その後, 麺棒で生地を伸ばしてパンチングを行い, 再び28 $^{\circ}$ Cで30分間一次発酵を行った。次に, 生地を440gに分割し, 丸め, 濡れたキムワイプを被せ, 30分間のベンチタイム後にワンルーフ型に成形した。さらに, パン型(縦19cm \times 横8.7cm, 高さ9.5cm)に入れ, 38 $^{\circ}$ Cの恒温器でパン型の上部から1.5cmの高さに膨らむまで二次発酵を行った。その後, 200 $^{\circ}$ Cのオープン(ハーマン社: ガスピルトイン)で20分間焼成した。焼成後は, 室温にて24時間放冷し, これを試料とした。

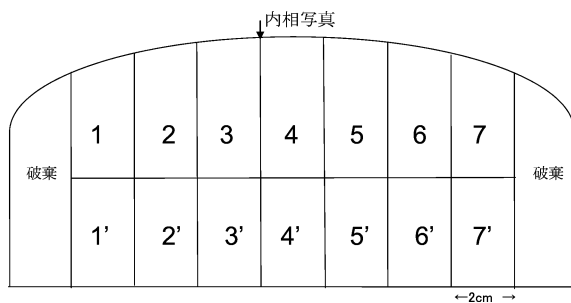


図1. 試料の切断方法および測定部位

1日目…1と5', 2日目…2と6', 3日目…3と7', 4日目…4と1'
この組み合わせで保存試験を行う。
色→硬さ→水分の順に測定する。

体積は菜種法で、重量は電子天秤を用いて測定した。比容積は体積を重量で除して求めた。焼減率は、焼成前と焼成後の重量の差を、焼成前の重量で除して算出した。図1に試料の切断方法および測定部位を示した。ライ麦パンを水平方向に7分割し、さらに上下に2分割し、計14片に分け(上段より左から1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 1', 2', 3', 4', 5', 6', 7'), 下記の測定を行った。まず、内相を比較するために、パンの垂直方向の切断面2ヶ所をデジタルカメラで撮影した。さらに、1, 2, 3, 4日目にそれぞれ1と5', 2と6', 3と7', 4と1'のクラム部分(図1)について、色、硬さ、水分含有率を測定した。

色については、各切断部を測色色差計(日本電色)により測定した。硬さは、上部、底部、左右を切り落として、縦30mm×横30mm×高さ10mm角に切り出したものを試料とし、クリープメーター(山電:RE33005)により30mm×1mmの接触面をもつくさび型プランジャーを用い、ロードセル20kgf, アンプ倍率10倍, 格納ピッチ0.04sec, 測定歪率99.9%, 測定速度1.0mm/secの条件で破断強度を測定した。水分含有率は、硬さの測定後、細かく切断し、1gを加熱乾燥式水分計(AND社)により測定した。

なお、体積、重量、比容積、焼減率、水分、クラムの色については、分散分析し、FisherのPLSDに基づき有意差検定を行った。

4. 官能評価

初めに、2点比較法を用いて道産ライ麦パンと米産ライ麦パンの嗜好性の比較(川端1986a)を行った。試料は、石臼とハンマーミルで挽いた道産と米産の計4種類のライ麦パンで、焼成24時間後2cmにスライスし、さらに縦半分にした切断片とした。パネラーは学生ならびに教職員7名とし、試料を2

組ずつ計6通りの組み合わせで官能評価を実施し、項目ごとにA・Bどちらを好むかで選んでもらい、選んだ方を1点として、その合計点数で判断した。

次に、2点比較法の結果で「断面のきめ」、「香り」、「味」で米産より評価の高かった道産と、酪産(4R)のそれぞれ石臼とハンマーの4種類を用いて、SDプロファイル法(川端1986b)による官能評価を実施した。パネラーは、学生ならびに教職員14名とし、トーストしない場合とトーストした場合について行った。

トーストしない場合の試料の作製方法は上記の2点比較法と同様としたが、トーストした場合においては、ライ麦パンを焼成24時間後1cmにスライスし、さらに縦半分に切断して、一旦冷凍し、官能評価に合わせて取り出した後、直ちにオーブントースターで2分間トーストしたものを試料とした。

トーストしない場合の評価項目は、「断面のきめ」、「香り」、「弾力性」、「食感」、「舌ざわり」、「総合評価」の6項目とした。トーストした場合の項目は、「香り」、「内部の弾力性」、「表面の歯切れのよさ」、「後味」、「総合評価」の5項目とした。評価の基準は-2から+2までの5段階尺度で行った。解析には、統計解析業務パッケージJUSE-Start Works/V4.0(株式会社日本科学技術研修所)を用いた。

結 果

1. ライ麦パンの性状

図2にライ麦パンの体積、重量、比容積、焼減率を示した。ライ麦パンの体積は、石臼の間で比較すると、酪産(4R) > 米産 > 道産の順に大きく膨らんでいたが、有意差は認められなかった。ライ麦パンの外相(外観)では、酪産(4R)は、道産と米産に比べ側面に窪み(ケーピング)が多くみられた(図3)。次に、ハンマーミル製粉で比較した場合においても、石臼と同様、酪産(4R) > 米産 > 道産の順に大きく膨らみ、道産、米産と酪産において有意な差が認められた。体積はハンマーミルより石臼が大きくなる傾向がみられた。ライ麦パンの重量は、石臼およびハンマーミル製粉ともに、産地・品種間に差異は認められなかった。比容積は、石臼およびハンマーミル製粉方法に共通して酪産(4R)が他の産地に比べやや大きくなった。ハンマーミル製粉においてのみ、道産と酪産(4R)との間に有意差が認められた。

焼減率においても、比容積と同様に、石臼およびハンマーミル製粉ともに、酪産(4R) > 米産 > 道産の順に大きい傾向がみられ、ハンマーミル製粉にお

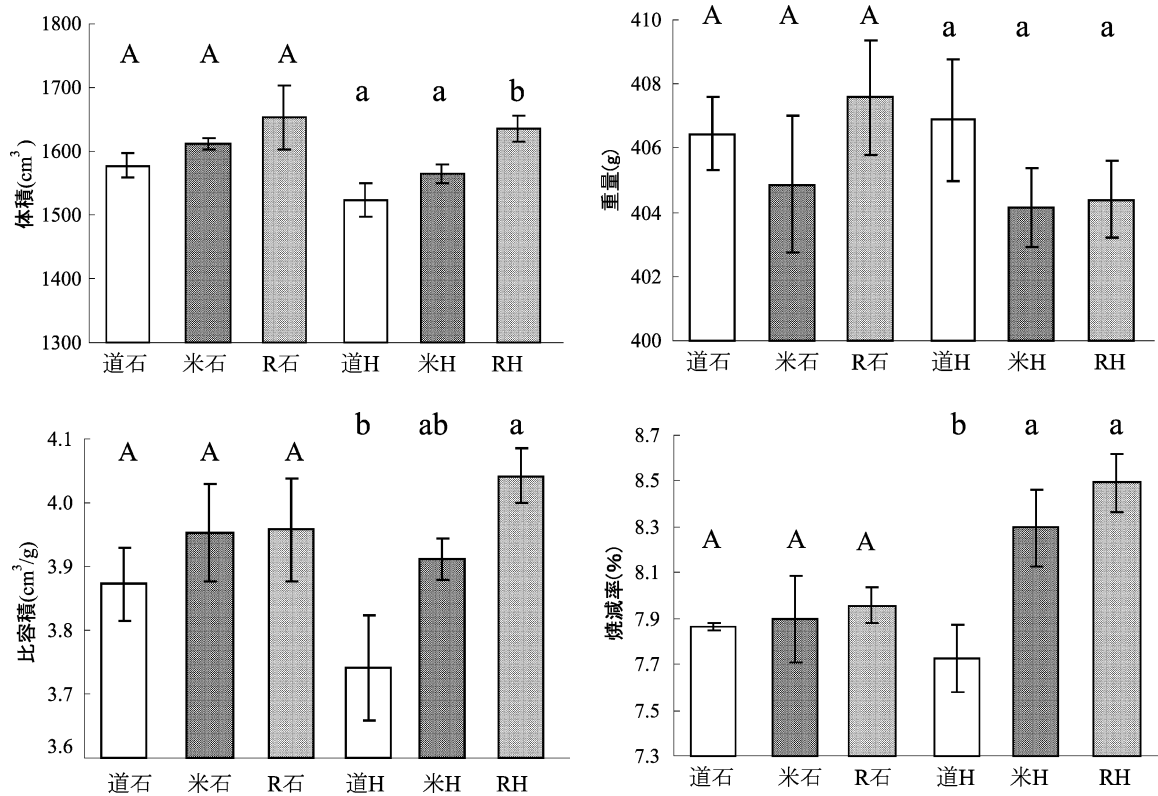


図2. ライ麦パンの体積、重量、比容積、焼減率

道石、米石、R石、道H、米H、RHはそれぞれ、北海道産石臼、アメリカ産石臼、酪農大産石臼、北海道産ハンマー、アメリカ産ハンマーおよび酪農大産ハンマーを示す。

縦棒は標準誤差を示す。

異なる大文字、小文字のアルファベットは、それぞれ石臼およびハンマーミルによる製粉において、Fisherの5%水準PLSDに基づき、産地・品種間において有意差のあることを示す。

いてのみ有意差が認められた。

図4にライ麦パンの内相を示した。ハンマーミル製粉が石臼に比べ、暗く、くすんでいた。特に、酪産(4R)ハンマーと道産ハンマーにその傾向が強かった。すだちは、産地・品種間においては、際立った差異は認められなかったが、製粉方法で比べると、石臼の方が、やや気泡の数が多く、気泡の形は縦長であり、きめが細かった。

2. 保存日数に伴う水分、色、硬さの変化

図5に保存日数に伴うライ麦パンの水分含量の変化を示した。製粉方法にかかわらず酪産(4R)が低い傾向を示した。また、すべての試料において、2日目から3日目にかけて著しい水分の低下がみられた。石臼とハンマーミルで比較すると、すべての試料で石臼がハンマーミルと比べやや低かった。

表3で製造直後のライ麦パンの色を示した。石臼製粉においては、L*値(明度)は、酪産(4R)が道産と米産に比べて低く、逆にa*値およびb*値は、酪産(4R)が高かった。この結果は、a*値は

プラスの値で赤の度合い、b*値はプラスの値で黄色の度合いを表すことから、肉眼における観察の場合と同様の傾向を示したこととなった。ハンマーミル製粉では、L*値は、道産と米産が酪産(4R)に比べ有意に低く、a*値においては、道産と酪産(4R)が米産に比べ有意に高かった。すなわち、L*値とa*値における産地・品種間差異はふすまの有無に影響されると考えられた。

図6、表4それぞれに保存日数に伴うライ麦パンの色およびΔE(色差)を示した。ライ麦パンのL*値(明度)は、いずれの試料においても経過日数に伴い減少し、暗くなる傾向を示したが、製粉方法で比較すると、石臼製粉のL*値が常にハンマーミル製粉に比べて高かった。

図7に経過日数に伴うライ麦パンの硬さをクリープメーター値の特性曲線で示した。全ての試料において、製パン後1・2日目と3・4日目では特性曲線の勾配が異なり、経過日数に伴い硬くなることが確認された。特に、酪産(4R)石臼の4日目は、60%圧縮(歪み率60%)のところから特性曲線の勾

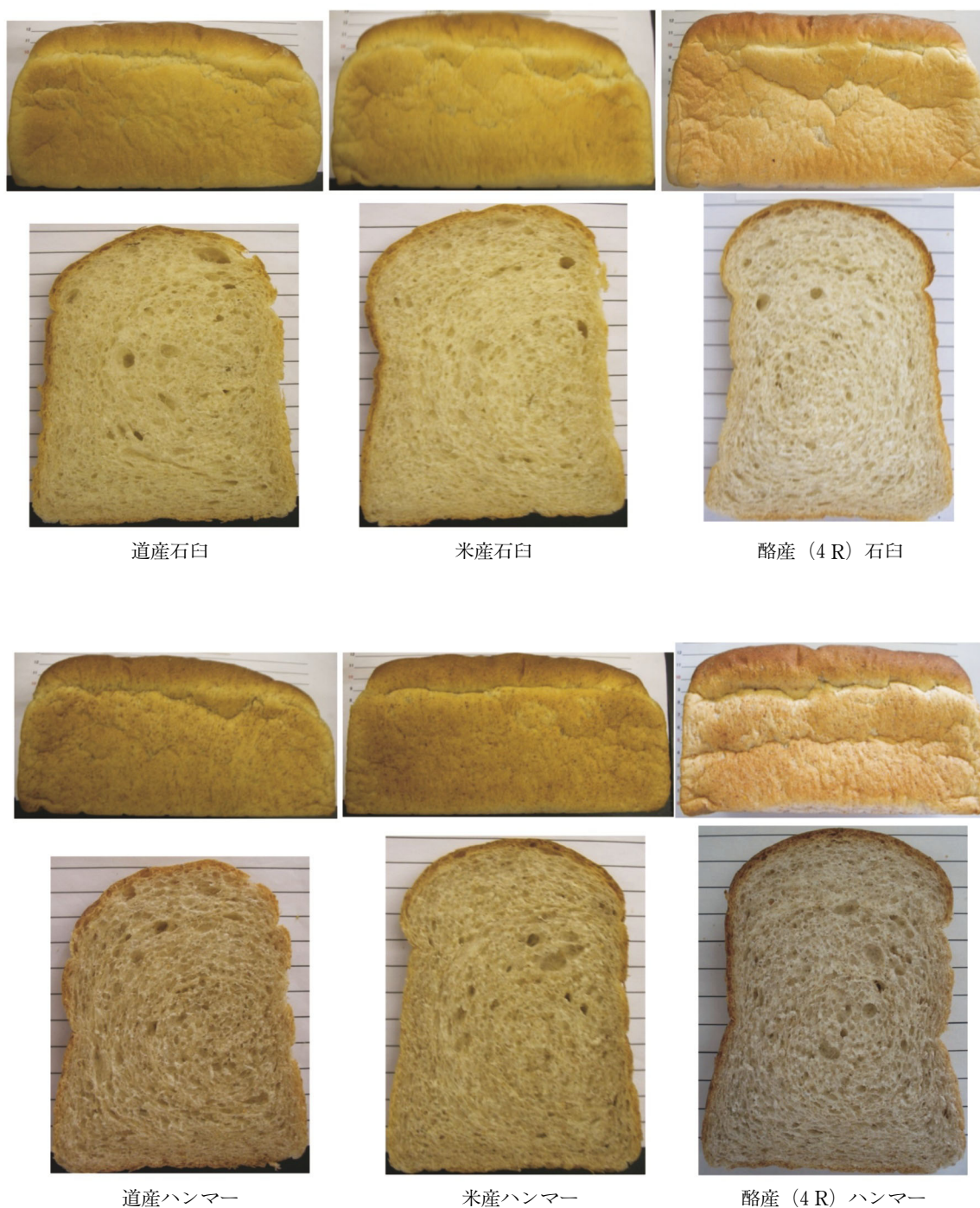


図3. ライ麦パンの外相（外観）および断面

配が大きくなり、他の試料と比べ硬い傾向を示した。

3. ライ麦パンの嗜好性

2点比較法による項目別の官能評価の結果を道産と米産で比較し、図8に示した。「断面のきめ」において道産石臼が、「香り」と「味」において道産ハンマーが他と比べて高い評価を得た。しかし、「色」と「舌触り」においては、試料間に差異はみられなかつ

た。

2点比較法による総合点数の官能評価の結果を道産と米産で比較し、図9に示した。総合点数は道産石臼>米産ハンマー>米産石臼>道産ハンマーの順に高かった。

図10にSDプロファイル法によるトーストしない場合の官能評価の結果を道産と酪産(4R)で比較して示した。石臼製粉は、ハンマーミル製粉に比

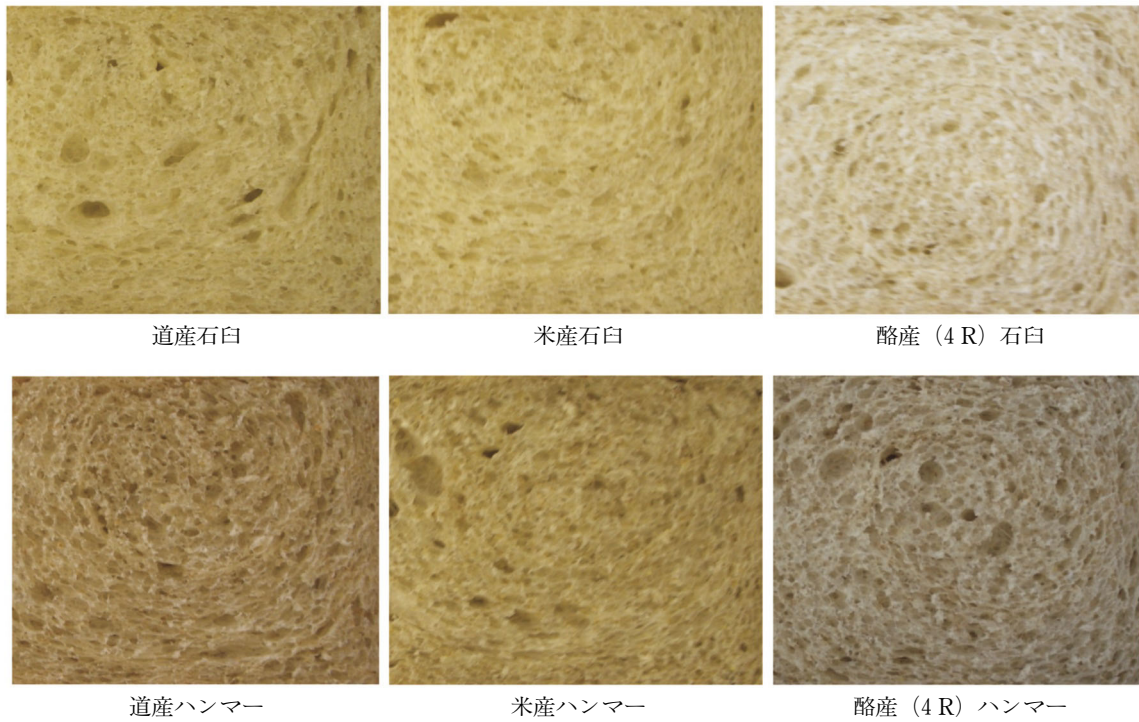


図4. ライ麦パンの内相

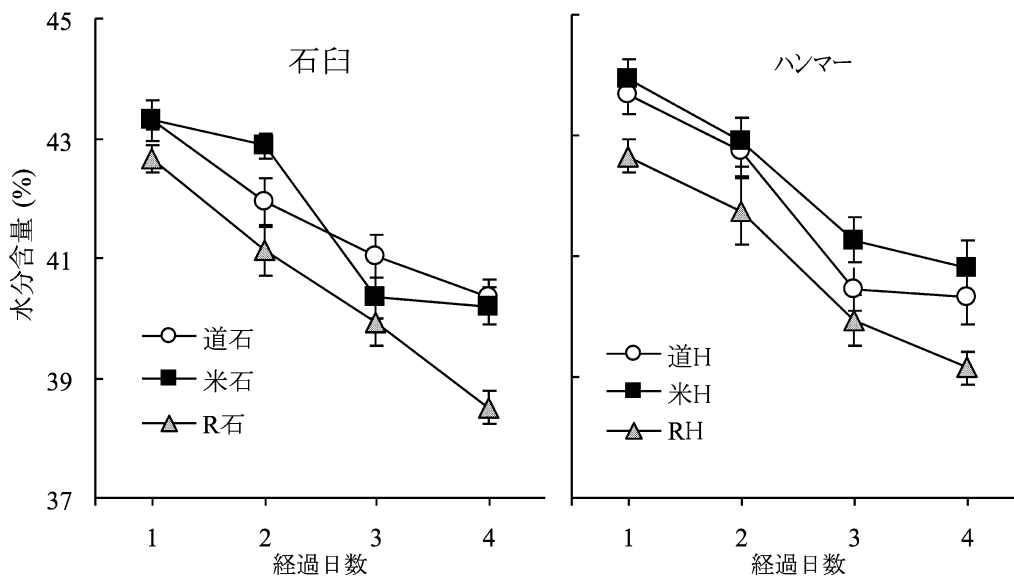


図5. 経過日数に伴うライ麦パンの水分含量の変化

道石, 米石, R石, 道H, 米H, RH はそれぞれ, 北海道産石白, アメリカ産石白, 酪農大産石白, 北海道産ハンマーミル, アメリカ産ハンマーミルおよび酪農大産ハンマーミルを示す。
縦棒は標準誤差を示す。

べて, 道産石白の「香り」以外のすべての項目で評価が高かった。また, 「弾力性」, 「舌触り」, 「総合評価」において道産が酪産(4R)と比べて好まれる傾向を示した。ハンマーミル製粉は, 「食感」と「舌触り」において道産が, 「断面のきめ」では, 酪産(4R)が好まれた。

図11にSDプロファイル法によるトーストした場合の官能評価の結果を道産と酪産(4R)で比較して示した。石白製粉において, 「表面の歯切れのよさ」は, 道産が酪産(4R)に比べ好まれる傾向を示した。しかし, 「香り」と「内部の弾力性」においては, 酪産(4R)が好まれた。ハンマーミル製粉

表 3. 製造直後のライ麦パンの色

製粉方法	産地 および 品種	L* 値 (明度)	a* 値	b* 値
石臼	道産	63.2 A	2.6 B	13.3 B
	米産	63.6 A	2.5 B	13.0 B
	酪産	62.5 B	3.2 A	13.4 A
ハンマー	道産	55.7 b	4.6 a	12.5 b
	米産	57.7 b	3.7 b	12.9 ab
	酪産	58.5 a	4.3 a	13.4 a

異なる大文字, 小文字のアルファベットは, それぞれ石臼およびハンマーミルによる製粉において Fisher の 5%水準 PLSD に基づき, 産地・品種間において有意差のあることを示す。

表 4. 保存にともなうライ麦パンの色差

試料	ΔE (色差)
道石	3.58 ± 0.60
米石	2.38 ± 0.53
R石	2.15 ± 0.18
道H	1.12 ± 0.29
米H	4.11 ± 1.37
RH	1.65 ± 0.47

道石, 米石, R石, 道H, 米H, RH はそれぞれ, 北海道産石臼, アメリカ産石臼, 酪農大産石臼, 北海道産ハンマー, アメリカ産ハンマーおよび酪農大産ハンマーを示す。

ΔE は作製 1 日目と 4 日目を比較している。

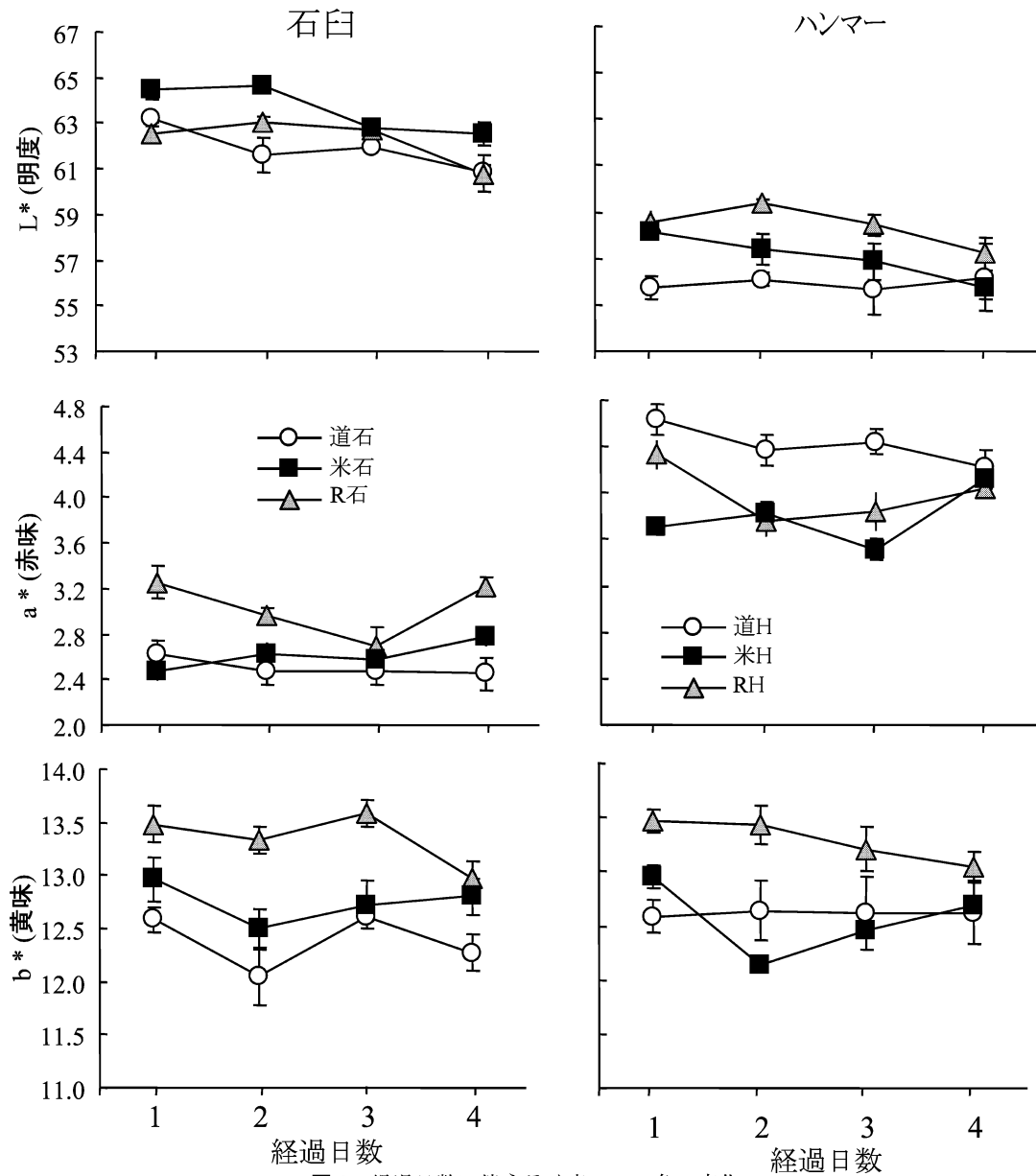


図 6. 経過日数に伴うライ麦パンの色の变化

道石, 米石, R石, 道H, 米H, RH はそれぞれ, 北海道産石臼, アメリカ産石臼, 酪農大産石臼, 北海道産ハンマー, アメリカ産ハンマーおよび酪農大産ハンマーを示す。

縦棒は標準誤差を示す。

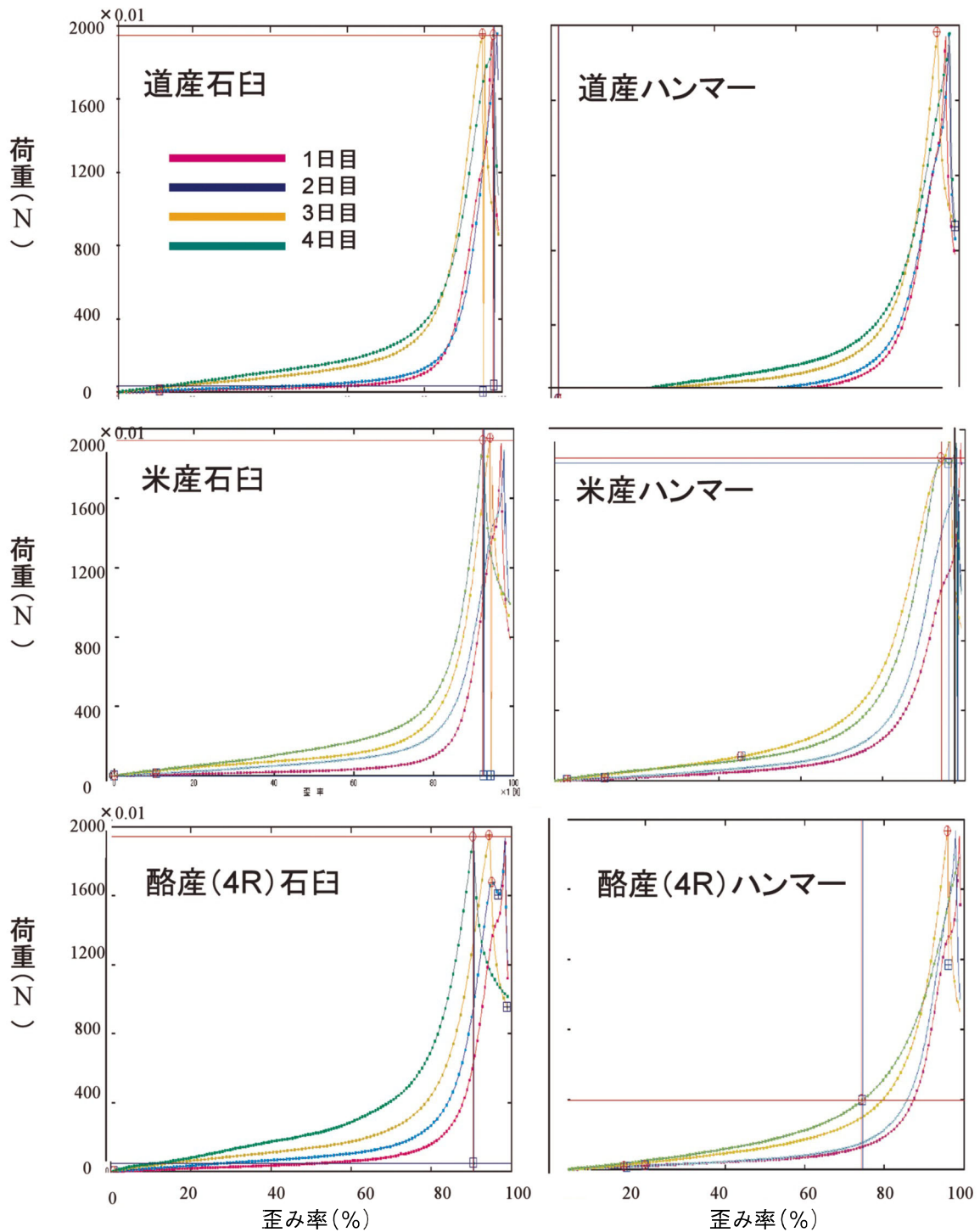


図7. 経過日数に伴うライ麦パンの硬さ（クリープメーター値）の変化
 ピンク、青、オレンジ、緑の特性曲線はそれぞれ、1、2、3、4日後の値を示す。

は、「内部の弾力性」で酪産（4R）が道産と比べ評価が高かったが、他の項目においては差はみられなかった。製粉方法で比較すると、トーストの有無にかかわらず石臼が好まれる傾向を示した。

考 察

ライ麦パンの性状は、石臼製粉においては、色と水分含量を除いて、産地・品種間でほとんど差異は認められなかった。しかし、ハンマーミル製粉では、

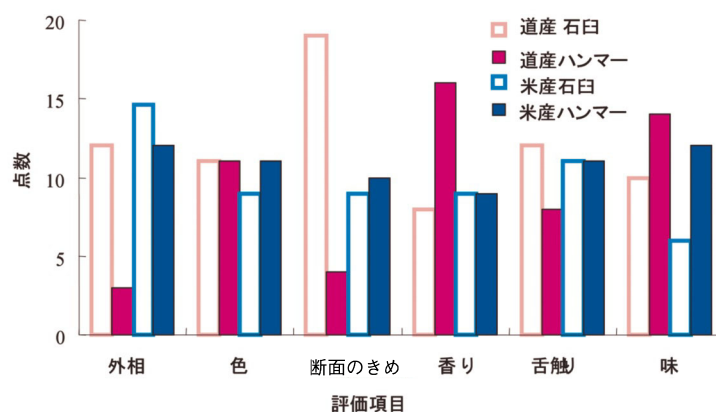


図 8. 2点比較法による官能評価 (項目別)

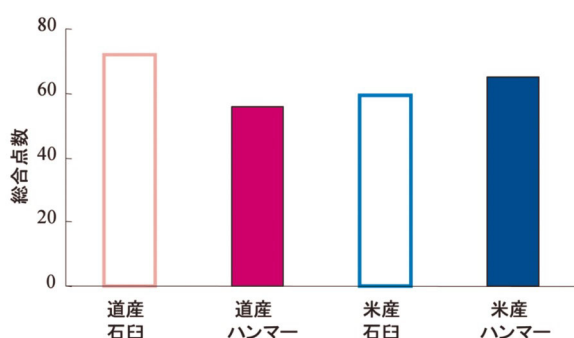


図 9. 2点比較法による官能評価 (総合点数)

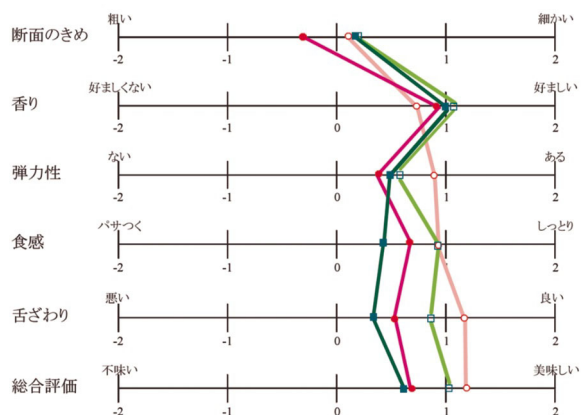


図 10. SD プロファイル法による官能評価 (トーストしない場合)

○ 道産石臼, ● 道産ハンマー, □ 酪産(4R)石臼, ■ 酪産(4R)ハンマー

産地・品種間の差が認められ、酪産(4R)は体積と比容積が高く、L*値(明度)や水分含量が低かった。酪産(4R)のL*値が低かったのは、ふすまの含有量の違いによる灰分含量の差によるものと考えられた。

また、4R507は、他のライ麦品種と比べて千粒重が大きく、製粉歩留まりが高いことが分かっており、

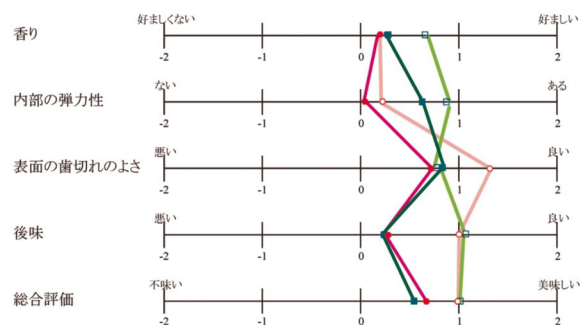


図 11. SD プロファイル法による官能評価 (トーストした場合)

○ 道産石臼, ● 道産ハンマー, □ 酪産(4R)石臼, ■ 酪産(4R)ハンマー

ハンマール製粉における全粒粉では、他の品種・産地のライ麦に比べ1等粉に相当する胚乳部分が多く製粉されるため物性が優れると予想される。ライ麦においては、製粉から製パンまでの貯蔵時間が長くなると、アミラーゼ活性が低くなり、ライ麦パンの体積が低下すること、全粒粉の場合は種皮に含まれる脂肪が酸化し、異臭や苦味の原因となることが分かっている(Bushuk 1976)。酪産(4R)の体積、比容積において良好な製パン性を示したことは、道産と米産が2006年産であるのに対して、酪産(4R)は2007年に収穫され、粉としての貯蔵時間が短いことも関係すると考えられる。

また、原粒のままの貯蔵においては、小麦粒では1年間保存すると製パン性が向上され、長期保存しても製パン性が極端には低下しないこと(長尾1995)が報告されている。ライ麦についても原粒のまま貯蔵した場合、貯蔵時間と粉の品質の関係が小麦と同じであるかどうかは、今後検討していく必要がある。

ライ麦パンの嗜好性をみると、トーストすることによる嗜好性の向上については、前報告(筒井ら

2012)と異なり確認することができなかったが、トーストの有無および産地・品種にかかわらず、「総合評価」では、石臼製粉がハンマーミル製粉よりも好まれる傾向にあった。石臼製粉における嗜好性は、ハンマーミル製粉に比べ高いことから、石臼製粉後、篩にかけることを前提とするならば、石臼製粉におけるライ麦品種の選定は、製パン性を考慮せず、栽培特性と収量性を中心に行なうことで十分であると考えられた。

一方、ハンマーミル製粉においては、製パン性における産地・品種間の差異があらわれたことから、今後、ライ麦パンを作製するにあたり、産地・品種間の製パン性の差異を強調し、ライ麦パンを差別化したい場合は、ハンマーミル製粉が望ましいと考えられた。

要 約

産地・品種と製粉方法の異なる6種類のライ麦粉に北海道産の小麦粉を添加して、ライ麦パンを作製し、その物性や嗜好性に及ぼす影響を検討した。産地・品種は、北海道産(当麻町, 品種春香, 以下道産), アメリカ産(米産), 酪農大産(品種4R507, 以下酪産(4R))の3種類で、これらを石臼とハンマーミルの2種類の方法で製粉して原料とした。ライ麦パンの物性は、石臼製粉においては、L*値や水分含量のみ産地・品種間に差が認められ、酪産(4R)が道産と米産に比べ低い値を示した。一方、ハンマーミル製粉では、酪産(4R) > 米産 > 道産の順に体積, 比容積, 焼減率は大きい値となり、産地・品種間に差が認められた。しかし、内相においては、産地・品種間ではなく製粉方法で差がみられ、石臼製粉の方が、やや気泡の数が多く、気泡の形は縦長であり、きめが細かった。道産と米産で作製したライ麦パンの嗜好性を2点比較法による官能評価で比較した場合、総合点数では道産石臼が、味と香りにおいては道産ハンマーが好まれる傾向を示した。さらに、道産と酪産(4R)をSDプロファイル法による官能評価で比較した場合、産地・品種に関係なく、石臼が好まれる傾向を示した。

以上の結果より、石臼で製粉し、ふすまを篩いで落とす製粉方法の場合は、ライ麦の品種選定は、栽培特性, 収量性を中心に行っても、製パンにおける物性に大きな影響は与えないと考えられた。しかし、産地・品種間の差異を強調し、ライ麦パンを差別化

したい場合は、ハンマーミル製粉が望ましいと考えられた。

謝 辞

本実験を遂行するにあたり、江別製粉株式会社の平野睦美氏, 山本嘉彦部長を初め、技術職員の方々に、小麦粉, ライ麦粉とその成分分析値の提供ならびに、測定器具の借用とその使用方法を教授していただいた。また、嗜好性の調査には、本学酪農学科の飼料作物学研究室ならびに食物利用学研究室の学生諸君にご協力頂いた。ここに記して心よりの感謝の意を表する。

引用文献

- Bushuk, W. 1976. Rye production chemistry, and technology. American Association cereal chemists Inc. 1-178.
- 川端晶子. 1986a. 2点比較法 フォローチャートによる調理科学実験. 94-95. 地人書館. 東京.
- 川端晶子. 1986b. セマンティック・ディファレンシャル法 フローチャートによる調理科学実験. 106-107. 地人書館. 東京.
- 筒井静子・三木貴史・義平大樹. 2012. 北海道産ライ麦を使用したパンの性状と嗜好性 第1報ライ麦全粒粉の配合割合がライ麦パンの性状と嗜好性に及ぼす影響. 酪農学園大学紀要. 36(2): 241-249.
- 長尾精一. 1995. 小麦の保存中の変化 小麦の科学. 50. 朝倉書店. 東京.
- 星川清親. 1996. ライ麦. 新編食用作物. 277-291. 養堅堂. 東京.
- 義平大樹. 2011. 第7章エンバク, ライムギ, ライコムギ, 麦類の栽培と利用. 小柳敦史・渡邊好昭編. 日本作物学会「作物栽培大系」編集委員会監修. 212-227. 朝倉書店. 東京.
- 義平大樹. 2006. ライ麦パン用粉としての品質. ライ麦. 第2章 食用作物. 発酵と醸造IV. 東和男編. 95-101. 光琳. 東京.
- 義平大樹・唐澤敏彦. 2004. 北海道における秋播性ライムギの多収品種と低収品種の収量関連形質の比較. 日育・日作北海道談話会報. 45巻. 57-58.
- 吉野精一. 1999. パン作りの疑問に答えるパン「こつ」の科学. 13-14. 柴田書店. 東京.

Summary

Six types of rye flour were produced using rye cultivars from different rye producing areas and different milling methods. These rye samples were added to wheat flour from Hokkaido and made into rye bread in order to investigate the effects of these different rye types on the physical properties and palatability of bread. Three types of rye were used: *haruka* cultivar from Tohma in Hokkaido (Hokkaido rye), American rye, and cultivar 4R507 from Rakuno Gakuen University (RGU rye (4R)). These rye samples were milled into flour using an automatic stone mortar or centripetal hammer-mill. When stone-milled flour was used to make rye bread, differences in physical properties between cultivars/producing areas were found only in the L* value and moisture content, and RGU rye (4R) had lower values than Hokkaido rye or American rye. With hammer-milled flour, differences between cultivar/producing area were observed in volume, specific volume, and baking loss in the order RGU rye (4R) > American rye > Hokkaido rye. In the bread internal phase, however, differences were observed in the milling methods used rather than between cultivars/producing areas: hammer-milled flour had slightly more bubbles, and the bubbles were oblong, and the texture was finer. Palatability of bread produced with Hokkaido rye and American rye were compared using a pair-type sensory test. The results revealed that stone-milled Hokkaido rye was generally preferred, but that the taste and aroma of hammer-milled Hokkaido rye were higher. Hokkaido rye and RGU rye (4R) were compared by sensory evaluation using the semantic differential method, and stone-milled flour was found to be preferable regardless of cultivar/producing area. Thus, when the flour is milled with an automatic stone mortar and the wheat bran sieved out, selection of the rye cultivar appears to have little effect on the physical properties of the bread, even when the selection is based on cultivation characteristics and yielding ability. However, when it is desirable to highlight differences in cultivar and producing area in order to differentiate between different rye breads, hammer-milled flour would be the optimal choice.