

菓子用途に向けた北海道産小麦「きたほなみ」の特性に関する研究

谷藤 健¹, 梅田智里

Evaluation of Confectionery Processing Quality of “Kitahonami”, a Wheat Cultivar in Hokkaido.

Ken Tanifuji¹ and Chisato Umeda

In this study, the Kitahonami wheat cultivar developed in Hokkaido as a medium-strength flour was evaluated in relation to its suitability for confectionery soft-wheat usage. Kitahonami samples were milled, and the properties of flour streams were compared with those of commercially available imported wheat flours. Although all properties of the Kitahonami flour streams tested were inferior to those of imported flours in terms of sponge cake volume and sensory scores, there were no clear differences in terms of physical properties and sensory characteristics between cookies baked from Kitahonami flour streams and those baked from imported flours. Significant differences were observed in terms of protein content, granule size distribution and other properties among the flour streams. In cluster analysis, high-grade break roll flours were the closest to imported flours and showed the highest suitability for confectionery among clusters other than the imported. Information extracted from principal component analysis of tested flours suggested that desirable properties for confectionary use which imported flours have is obtained by being low-yield patent flour consisting mainly of high-grade break roll streams milled from Kitahonami wheat of low-protein lots. However, the results also suggested that quality characteristics for confectionery such as gluten quality and starch composition, which were cultivar specific genetic properties, remain unaltered.

日本の小麦自給率は、ここ10年ほどは概ね12～13%前後で推移しているが、用途別の需給バランスには大きなばらつきがある。2009年度農水省推計では、需要が152万tの「パン用」での自給率は3%にすぎず、72万tの「菓子用」についても同様に14%と低く、大部分を輸入小麦で賄う状況にある一方、需要57万tの「日本めん用」では自給率60%と突出している。こうした偏りは、国内

品種の多くが用途適性を日本めん向けに置いた中間質小麦であることにも要因があり、特に菓子等に向く薄力粉専用品種はほとんど存在しない。そのため薄力粉を使用する菓子用途では、専用品種から構成される輸入小麦に依存せざるを得ないのが現状である。近年は安全・安心や地産地消等を求める機運から、国産小麦を用いた菓子への関心が高まっているものの、これらはいずれも中間

¹ 現 北海道立総合研究機構 十勝農業試験場

〒082-0081 北海道河西郡芽室町新生南9線2番地

* 連絡先 (Corresponding author), tanifuji-ken@hro.or.jp

事業名：経常研究，戦略研究

課題名：菓子用途に向けた道産小麦の特性に関する研究素材・加工・流通技術の融合による新たな食の市場創成

2) 道総研技術シーズと企業連携による「戦略的食品開発ステージ」

道産小麦ベースとした多面的粉体加工製品開発

質小麦からの転用である。北海道産では中間質小麦「きたほなみ」が道産小麦流通量の約8割（麦類・豆类・雑穀便覧¹⁾より推計），すなわち国産小麦全体の6割近くを占有する主力品種であり，国産小麦薄力粉もその多くが「きたほなみ」と推定される。本品種はうどん用としては輸入小麦に匹敵する高い評価を受けている²⁾一方，菓子用として薄力粉に転用された場合の評価は定まっておらず，需要者や用途の範囲はまだ限定的である。そこで本研究では，「きたほなみ」の小麦粉物性，成分および諸特性値を原料ロットや製粉ストリーム*別に比較し，スポンジケーキやクッキーといった洋菓子加工性との関連を解析することにより「きたほなみ」の菓子適性を明らかにし，同品種を菓子用として有効活用するための基礎的知見を得ることを目的に，以下の検討を行った。

*ストリーム：製粉機の各種ロールから生ずる粉の流れのこと。本報では各ロール別に採取した粉を示す。

実験方法

1. 試料

小麦試料は，北海道立総合研究機構（以下道総研とする）十勝農業試験場において2013年に生産された，窒素施肥方法の違いによりたんぱく質含量が異なる2種類の「きたほなみ」（試料1：原粒たんぱく質含量10.4%，試料2：同8.3%）を用いた。これら試料を道総研北見農業試験場のビューラー社テストミル（MLU-202）で製粉した。

テストミルにおけるストリームは図1のとおりである。ブレーキロールから得られる3種（1B，2Bおよび3B粉）およびミドリングロールから得られる3種（1

M，2Mおよび3M粉）の計6種類の小麦粉を試料とし，これらを混合調整せず，個別に以下の各試験に供試した。

なお，これらの対照として，輸入小麦原料の市販薄力粉A社銘柄X（標準），および銘柄Xの上級グレードである同社銘柄Y（比較）もあわせて供試した。

2. 成分分析および糊化特性測定

水分は常圧135℃乾燥法，たんぱく質はケルダール法にて分析した。デンプン中アミロースは既報³⁾の方法で小麦粉から分離・精製したデンプンをオートアナライザー（アミロースオートアナライザーII型，ブランルーベ社，道総研中央農業試験場岩見沢試験地）を用いたヨウ素呈色法により分析した。

糊化特性はRVA（ラピッドビスコアナライザーRVA-4，NEWPORT SCIENTIFIC社）を用い，4.0g（水分14%換算）の小麦粉から最高粘度，ブレイクダウン，セットバックを測定した。

3. SRC（Solvent Retention Capacity，溶媒保持能）Test

水，50%ショ糖，5%炭酸ナトリウム，5%乳酸によるSRCをA.A.C.C.法56-11⁴⁾によって測定した。

4. 粒度分析

小麦粉粒度は粒度分布測定装置（LS13 320，Beckman-Coulter社）にて測定した。

5. スポンジケーキの調製

スポンジケーキの調製は（一社）日本パン技術研究所における標準的な配合（表1）に基づき，共立て法で行った。まず全卵と砂糖をミキサー（MT-15G，㈱愛工舎製作所）で高速攪拌し，フォームを目標比重0.25±0.01に調整した。フォームは275gずつボウルに分け，篩

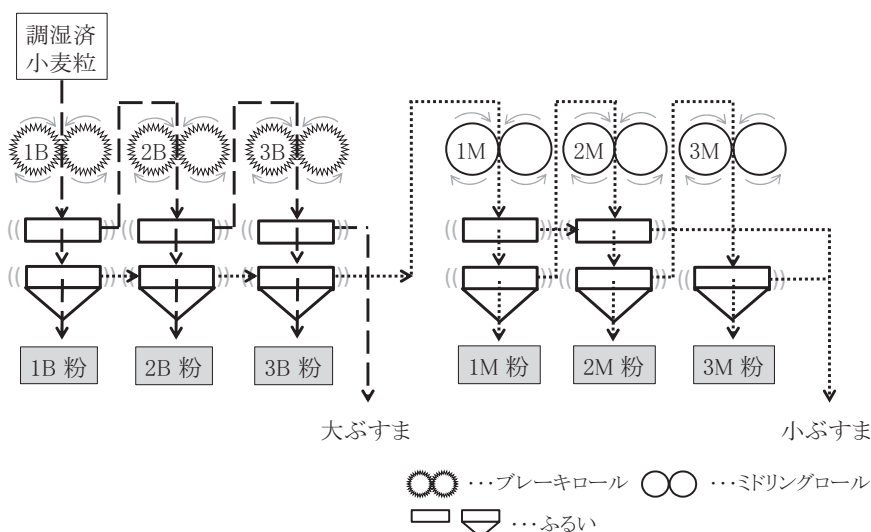


図1 ビューラーテストミルによる製粉過程模式図

通し済みの小麦粉を木べらで攪拌混合してから牛乳を加え、さらに比重 0.44 ± 0.01 を目標に混ぜ合わせた。この生地から320gを円形ケーキ型（6号、直径18cm）に入れ、電気オーブン（EF6-2-4、(株)栄和製作所）で190℃、30分間焼成した。

6. スポンジケーキの性状測定および官能評価

ケーキは焼成、放冷後型から取り出し、1日後に物性測定および官能評価を行った。

表1 スポンジケーキ、クッキーの材料配合

材料名	スポンジ ケーキ	クッキー
全卵	100	18
砂糖	75	45
小麦粉	55	100
牛乳	15	—
ベーキングパウダー	—	1.2
油脂（ショートニング）	—	60

(1) 体積推定

ケーキの上面中心線からケーキカッター（刃渡り360mm）で二分し、両端および中央部の高さを測定した。ケーキは辺縁部上端面から下の円柱部分（底面直径18cm）と、上の盛り上がり部分に分割した形を想定し、それぞれの体積を算出して合計した。釜落ちにより中央部がへこんでいる場合は、その体積は円柱部分からのマイナスとした。

(2) 物性測定

レオメーター（RE2-33005S、(株)山電）により圧縮試験を行った。サイズ計測後のケーキ（半割）を縦方向に15mm厚スライスした切片（ $n=7$ ）を用い、直径16mmの円柱型プランジャーで66.7%圧縮（速度1mm/秒）した最大応力を「かたさ」として評価した（最高および最低値を除いた5点の平均）。

(3) 官能評価

パネル8名にてA.A.C.C.法10-90⁵⁾により官能評価を実施し、各項目の得点は、最高および最低点（各1名）を除外した6名の平均とした。また、評価項目（項目、配点）「気泡の性状（Cells,30）」「きめ（Grain,16）」「食感（Texture,34）」「内相色（Crumb Color,10）」「香り（Flavor,10）」のうち、「きめ」「香り」は比較が困難と判断し、これらは評価から除外した上で配点26点を予め与えた。

7. クッキーの調製

クッキーの調製は（一社）日本パン技術研究所における標準的な配合（表1）に基づき行った。まず25℃に調

整した油脂をミキサー（KSM5、(株)エフ・エム・アイ）でクリーム状にし、砂糖を加えてよく混合してから全卵（25℃）を徐々に加え、比重 0.85 ± 0.02 を目標にミキシングを行った。これに篩通し済みの小麦粉・ベーキングパウダー混合粉を加え、ツヤが出るまで混捏してから手合わせでまとめ、角型（65mm×40mm×40mm）を用いて成形した。生地は冷蔵庫に1晩置いた後に型から取り出し、8mm幅ステンレスワイヤーカッターでスライスし、オーブンで上火190℃、下火180℃で15分間焼成した。

8. クッキーの性状測定および官能評価

クッキーは焼成、放冷後、シリカゲルを封入した密閉容器で室温にて防湿保存し、物性測定および官能評価を行った。

(1) 形状および物性測定

任意の10枚についてサイズ（縦、横、高さ）計測後、レオメーター（同上、くさび型プランジャー、谷型台座、速度1mm/秒）により破断荷重を測定した。破断荷重は最高および最低値を除いた8点の平均とした。

(2) 官能評価

パネル10名にて実施した。クッキー類の官能評価については公定法がないため、既往の事例^{6) 7)}を参考に「歯ざわり（もろさ）」、「かたさ」および「口どけ」を評価項目とし、5段階評価（標準を3点とした相対比較）で行った。各項目の得点は、最高および最低点（各1名）を除外した8名の平均とした。

9. 統計解析

各統計解析（相関、分散分析、多重比較検定および多変量解析）は「Excel統計」（(株)社会情報サービス）により行った。

実験結果および考察

1. 各ストリームの性状および成分

(1) 製粉性

図1に示すとおり、テストミル製粉により6つのストリームが得られる。まずブレイキロール（B）により小麦粒は粗く砕かれ、この段階で生じた粉（B粉）と胚乳部分の粗粒（セモリナ）に分かれる。セモリナはミドリリングロール（M）に送られ、細かく粉碎される（M粉）。B、Mともに3段階が設けられ、段階ごとに品位は低下する。たんぱく質含量が異なる2種類の「きたほなみ」の製粉性を表2に示した。低たんぱくの「試料2」は、「試料1」に比べM粉に対するB粉の割合（B/M率）が高く、より軟質小麦的な性質を示したが、こうした小麦で生じや

すい製粉歩留の低下は認められなかった。

(2) 成分および特性分析

得られた各ストリームの成分含量および特性値を表3に示すとともに、これらへのロール種類、ロールNo. (品位), および小麦試料による影響を分散分析により比較した (表4)。たんぱく質含量は全項目において有意差が認められ、B粉で低く、またB、Mとも品位の低下に伴い増加した。アミロース含量にはストリー間に明らかな差はなく、製粉によるデンプン成分への影

響は認められなかったが、最高粘度はBからMにかけて、またB、Mとも品位の低下にともない低下した。原因として、たんぱく量の増加に対応して相対的にデンプン量が減少すること、M粉では工程の性質上損傷デンプンが増加すること、品位の低下により小麦粒辺縁部の割合が増し、酵素活性が高まることなどが推察された。

SRC Testは、小麦粉の各溶媒保持能を計測することにより小麦粉加工に重要な諸形質の程度を推定する手法であり、水、50%ショ糖溶液、5%乳酸および5%炭酸

表2 ビューラーテストミルによる各試料の製粉性

試料 No.	ストリーム構成割合									製粉歩留 B/M率		
	1 B	2 B	3 B	B計	1 M	2 M	3 M	M計	大ぶすま	小ぶすま	(%)	(%)
1	11.8	6.2	2.5	20.6	30.3	12.7	8.5	51.4	18.3	9.7	72.0	40.0
2	13.8	6.6	3.0	23.3	29.3	12.2	8.7	50.3	18.9	7.5	73.6	46.4

表3 ストリーム別および小麦試料別の成分及び特性値

ロール 種類	ロール No.	試料	たんぱく質 (%)	アミロース (%)	SRC Test (%)				RVA糊化特性 (RVU)			粒径 (μm)	
					50% ショ糖	5 % 乳酸	5% Na ₂ CO ₃	水	最高 粘度	ブレーク ダウン	セット バック	平均 粒径	中位径
B	1	1	7.8	23.8	89	122	64	51	394	154	126	54.9	34.8
	2		9.5	23.8	91	131	65	51	380	151	120	49.5	33.0
	3		10.8	24.0	97	132	68	53	356	138	119	44.3	29.8
	1	2	6.4	24.0	87	118	62	51	398	160	136	52.8	32.8
	2		7.8	24.0	88	126	64	49	390	152	126	47.4	30.9
	3		8.9	23.4	92	118	67	52	372	146	126	42.3	27.9
M	1	1	8.9	23.7	96	131	72	56	361	149	122	67.5	45.5
	2		9.7	23.7	94	134	71	57	341	136	121	71.8	70.8
	3		10.2	23.3	96	132	76	59	333	129	119	75.1	76.8
	1	2	7.7	23.2	89	128	68	55	378	151	128	67.9	45.2
	2		8.4	23.8	90	128	69	55	367	151	129	70.1	68.0
	3		9.0	23.7	92	123	74	58	354	142	128	75.7	76.8
市販粉X銘柄 (標準)			7.9	26.3	90	92	63	49	354	141	161	45.0	29.6
市販粉Y銘柄 (比較)			6.0	26.9	89	78	71	56	381	149	163	30.9	23.6

表4 小麦粉成分および特性値の分散分析

項目および水準		たんぱく質 (%)	アミロース (%)	SRC Test (%)				RVA糊化特性 (RVU)			粒径 (μm)	
				50% スクロース	5% 乳酸	5% Na ₂ CO ₃	水	最高 粘度	ブレーク ダウン	セット バック	平均 粒径	中位径
ロール 種類	B	8.5 *	23.8	90.6	124	64.8	51.2 **	382 **	150	125	48.5	31.5
	M	9.0 *	23.5	92.9	129	71.5 **	56.8 **	356 **	143	125	71.3 **	63.9 **
ロールNo.	1	7.7 c	23.7	90.3	125	66.5 b	53.4 b	383 a	154	128	60.8	39.6 b
	2	8.9 b	23.8	90.6	130	66.9 b	53.1 b	370 b	147	124	59.7	50.7 a
	3	9.7 a	23.6	94.2	126	71.1 a	55.6 a	354 c	139	123	59.4	52.8 a
試料	1	9.5 **	23.7	93.8 *	130 *	69.0 **	54.5 *	361 **	143	121	60.5	48.5
	2	8.1 **	23.7	89.7 *	123 *	67.3 **	53.6 *	376 **	150	129 *	59.3	46.9
交互作用†		*									**	**
市販粉X銘柄 (標準)		7.9	26.3	92	63	49	49	354	141	161	45.0	29.6
市販粉Y銘柄 (比較)		6.0	26.9	78	71	56	56	381	149	163	30.9	23.6

統計解析はロール種類×ロールNo.×試料の三元分散分析 (繰返しなし) による。ロール種類間および試料間の有意差は* ($p<0.05$), ** ($p<0.01$) で示す。ロールNo.間ではTukeyの多重比較検定を行い、異なるアルファベット間に有意差 ($p<0.05$) があることを示す。

† 有意な交互作用は ロール種類×ロールNo. にのみ認められた。たんぱく質ではBがMよりロールNo.間の差が大きかったこと、平均粒径および中位径ではBとMでロールNo.間の傾向が逆であった (B: 1 > 2 > 3, M: 1 < 2 < 3) ことにより検出された。

ナトリウム溶液における保持能はそれぞれ、吸水性、細胞壁多糖類の量、グルテンの量や強さ、損傷デンプン量の目安となる⁴⁾。菓子加工に用いられる軟質小麦では、いずれも低値が望ましいとされるが、「きたほなみ」の各ストリーム間に有意差が認められたのは炭酸ナトリウムと水で、いずれもM粉や各ロールの品位の低下により高まった。これらの粉は、前述のように工程上損傷デンプンが高まりやすく、また有意ではないが50%ショ糖でも同様の傾向であったことから細胞壁多糖の増加も推察され、これらが複合的に吸水の増加に関連したと考えられた。

小麦粉の粒径は、菓子加工において最も重視される性状のひとつであり、できるだけ細かいことが望まれる。製粉工程の影響として、B粉は明らかにM粉より細粒となった。一方、ロール別粒径はB粉でNo. 3 < 2 < 1, M粉でNo. 1 < 2 < 3と逆の傾向を示し、交互作用が生じたことから、ロール品位のみの効果は判然としなかった。なお、やや軟質傾向であった試料2の粒径は、試料1とほぼ同程度であった。

これら「きたほなみ」各ストリームの成分、特性を市販輸入小麦銘柄とも比較した(表3, 4)。たんばく質含量は、1Bでは試料1で銘柄X並み、試料2では上級銘柄Yに近づくレベルまで低かったが、最大量の1Mでは試料2で銘柄X並み、試料1では銘柄Xより1%程度高かった。粒径はテストミルと市販粉という条件差はあるものの、B粉は銘柄Xに比較的近かった。ただし、分布図(図2)で比較した場合、粒径20 μ m付近をピークとする小粒画分、100 μ m付近をピークとする大粒画分のいずれも、銘柄Xには「きたほなみ」B粉と比べてより

細粒側に偏った分布の特徴が認められた。その他、「きたほなみ」はどのストリームも、輸入小麦と比べて5%乳酸のSRCが大きく上回り、グルテンの質としてはかなり強いこと、アミロース含量とセットバックが低く、デンプン特性としては硬化し難く粘りやすいこと等が推察された。

2. 各ストリームのスポンジケーキ特性

スポンジケーキの性状、物性および官能評価を表5, 6に示した。スポンジケーキの1試験ロットあたり供試点数は、標準を除き3点であり、試験ロット間の標準のばらつきの影響を平準化するため、いずれも標準対比で比較した。

推定体積および比容積は標準の90%前後といずれも劣った。ストリーム間の比較では、試料2の1B(2-1B)が最も優っていた。内相の硬さは、試料1ではいずれも標準より硬く、特に3B, 2M, 3Mのような低品位の粉では顕著であった。一方、試料2では全般的に軟らかい傾向であり、1Bでは標準を下回ったほか、1M, 2Mでも標準と概ね遜色ない値を示した。

官能評価では、気泡の性状、テクスチャー、内相色について比較した。気泡の性状では、「均一性」が一部を除き標準比20~60%と著しく劣るなど、内相の粗さが認識され、合計では2-1Bを除き有意に低い評点となった。テクスチャーでは各項目で有意に劣る点は見られたものの、気泡ほどの差はなく、しっとり感は2-1Bでむしろ有意に上回っていた。軟らかさの傾向はレオメーターの計測値を反映しており、試料1では硬く、試料2では1B, 1Mが標準と同程度であった。内相色は粉のくすみのほか、ケーキ体積の傾向も影響したと見ら

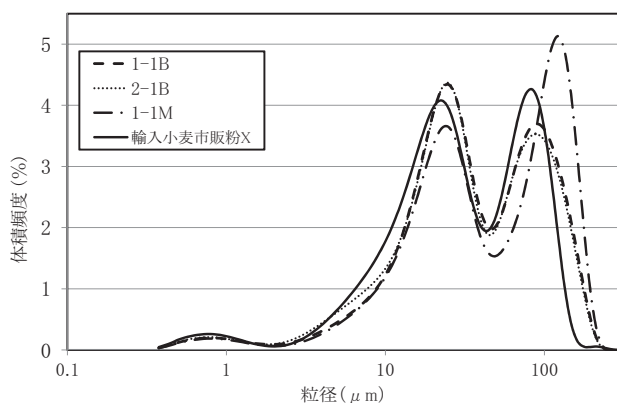


図2 供試小麦粉の粒径分布(抜粋)

表5 各ストリームのスポンジケーキ性状および物性

	供試材料 (単位)	推定体積 (cm ³)	比容積 (cm ³ /g)	内相硬さ (g/cm ²)
標準	市販粉X銘柄	1303±26	4.50±0.09	1.46±0.20
標準 対比 (%)	1-1B	90	90	112
	1-2B	90	90	109
	1-3B	93	93	156
	1-1M	92	92	115
	1-2M	87	88	135
	1-3M	87	87	152
	2-1B	95	94	84
	2-1M	93	93	108
	2-2M	94	93	99
	2-3M	92	92	117
	市販粉Y銘柄	104	104	92

試験ロット(5回)単位の標準対比(%)を示す。反復なし。標準の値は全ロットの平均値。2-2B, 2-3Bは粉の量が必要量を満たさず欠測。

れ、特にM粉で劣る評点となった。総合点も以上の傾向を反映し、2-1 Bを除き、すべてのストリームで標準より有意に劣る結果となった。

3. 各ストリームのクッキー特性

クッキーの性状、物性および官能評価を表7に示した。クッキーも複数の試験ロットに分割して実施したため、性状および物性は標準対比で比較した。官能評価は標準

に対する相対評価としたことから得点で示した。

クッキー性状は両試料とも、B粉で標準より焼き伸びする傾向であり、いずれも面積が有意に大きかった。破断荷重は全般に標準より軽い傾向を示したが、1-1 Mで特に軽いなど、面積の傾向とは必ずしも一致していなかった。

官能評価では、歯ざわりや口どけで一部標準との有意

表6 各ストリームのスポンジケーキ官能評価

供試材料		気泡の性状				テクスチャ				内相色	総合点
		均一性	サイズ	膜厚	合計	しっとり感	くちどけ	柔らかさ	合計		
標準	(満点)	(10)	(10)	(10)	(30)	(12)	(14)	(10)	(36)	(10)	(100) †
	市販粉X銘柄	9.0±1.1	9.9±0.2	9.9±0.2	28.2±1.1	10.1±0.3	12.3±0.3	10.0±0.1	32.1±0.8	10.0±0.0	94.5±1.6
標準対比 (%)	1－1 B	60	60**	60**	59**	103	86**	87*	94	83*	85**
	1－2 B	23**	87*	87	69**	97	89	87*	91**	93	87**
	1－3 B	27**	73**	67**	58**	100	89	83**	96	100	82**
	1－1 M	43**	63**	67**	58**	97	92	100	96	83**	84**
	1－2 M	23**	56**	40**	40**	93	89	87*	90*	80**	78**
	1－3 M	30**	63**	20**	45**	83*	69**	73**	77**	70**	76**
	2－1 B	80	90	87	86	117**	100	100	105	100	97
	2－1 M	36**	70**	53**	56**	107	89*	100	99	87*	84**
	2－2 M	40**	83	73*	63*	107	92	87*	94*	80**	86**
	2－3 M	64**	77**	60**	66**	93	86**	90	91	80**	84**
	市販粉Y銘柄	150**	100	100	100	93	100	100	100	100	103

† 気泡の性状、テクスチャ、内相色のほか設定されている「きめ」、「フレーバー」については差を認識できないと判断し、これらへの配点（計26点）を加えて総合点とした。パネル8名から各項目とも最高、最低得点各1を除いた $n=6$ の平均で比較し、供試材料の数値は試験ロット単位の標準対比（%）で示す。標準の値は全ロット（5回）の平均値。

統計処理はSteelの多重比較検定を行った（試験ロット単位）。*：5%水準、**：1%水準で標準と有意に評価が異なることを示す。

表7 各ストリームのクッキー性状、物性および官能評価

供試材料		クッキー性状			物性評価		官能評価			
		面積	体積	比容積	破断荷重	破断歪率	歯ざわり (もろさ)	かたさ	口どけ	
標準	(単位)	(mm ²)	(cm ³)	(cm ³ /g)	(g/cm ²)	(%)	(得 点)			
	市販粉X銘柄	2943±81	32.5±0.8	2.51±0.06	14.3±0.9	4.2±0.9	3.0	3.0	3.0	
標準対比 (%)	1-1 B	105**	104	105*	91	79	得 点	3.1	3.0	3.3
	1-2 B	106*	101	101	84	75		3.1	3.0	2.8
	1-1 M	95*	91**	96	70**	90		3.4	2.8	2.8
	1-2 M	96	97	100	100	92		3.8**	2.6	3.0
	1-3 M	89**	89**	94*	84	89		3.3	2.6	2.8
	2-1 B	113**	107	109**	80**	96		3.3	2.7	3.1
	2-1 M	101	100	100	82*	80		3.6*	3.1	2.5*
	2-2 M	94**	92**	93**	101	83		3.7**	2.9	3.1
	2-3 M	91**	93**	94*	98	94		2.9	3.1	2.8
		市販粉Y銘柄	100	105	104*	101		78	2.9	2.0**

性状と物性評価は標準対比（%），官能評価は得点平均を示す。1-3 B，2-2 B，2-3 Bは粉が供試量に達しなかったため欠測。

官能評価は5段階評価により、標準を3とした相対比較。歯ざわり（1わるい～5よい），かたさ（1やわらかい～5かたい），口どけ（1わるい～5よい）。

焼成前クッキー生地サイズ：40×40×8（mm）

クッキー性状： $n=9\sim11$ （クッキー枚数） 物性評価： $n=7\sim8$ （クッキー枚数から最高、最低値各1を除いた数） 官能評価： $n=7\sim8$ （パネル9～10名から最高、最低得点各1を除いた数）

物性評価はDunnett，官能評価はSteelの多重比較検定を行った（試験ロット（全5回）単位）。*：5%，**：1%水準で標準と有意に評価が異なることを示す。

差が認められたものの、性状や物性評価と関連した一定の傾向は認識されず、いずれのストリームとも概ね標準と同程度と考えられた。

4. 「きたほなみ」の菓子加工適性に関する問題点および改良の方向性

薄力粉に最も求められる特性はたんぱく質含量の低さであり、この点が菓子、特にスポンジケーキなどのボリュームや食感に大きく影響する。本研究では、「きたほなみ」の1-1 Bや、2-2 B、2-1 Mといったストリームのたんぱく質含量が標準と同程度であったものの、特にスポンジケーキ評価においては、上級銘柄Y並の低たんぱく質含量であった2-1 Bを除き、いずれも標準より大きく劣る結果となった。このことは、「きたほなみ」の菓子加工適性を改良するには、たんぱく質含量の低減以外にも複数の点からの検討を要することを示している。たんぱく質含量以外の要因としては、アミロース含量⁸⁾や糊化特性⁹⁾といったデンプン特性、細胞壁

多糖（アラビノキシラン）の影響¹⁰⁾などが報告されている。またMoiraghiら¹¹⁾は、38の栽培品種について、たんぱく質含量以外の7つのパラメータ（SRC Testの各特性値や小麦粉粒度など）からクラスター分析を行い、クラスター別のスポンジケーキの品質差を検出している。

そこで、本研究でも供試した粉の分析項目（表3）を説明変数とし、クラスター分析を試みた。各クラスターの樹形図を図3に示す。2種類の輸入小麦市販粉は同一の「クラスター3（CL.3）」に位置づけられた。それを挟み、両試料の1 Bと2-2 Bが「クラスター1（CL.1）」、1-2 Bと両試料の3 Bが「クラスター2（CL.2）」、1-1 Mと試料2のM粉すべてが「クラスター4（CL.4）」、1-2 M、3 Mが「クラスター5（CL.5）」にそれぞれ分類され、CL.3に対してはCL.1およびCL.2が比較的類似度が高い結果となった。また、各ストリームの主な菓子特性をクラスター別に平均し比較したとこ

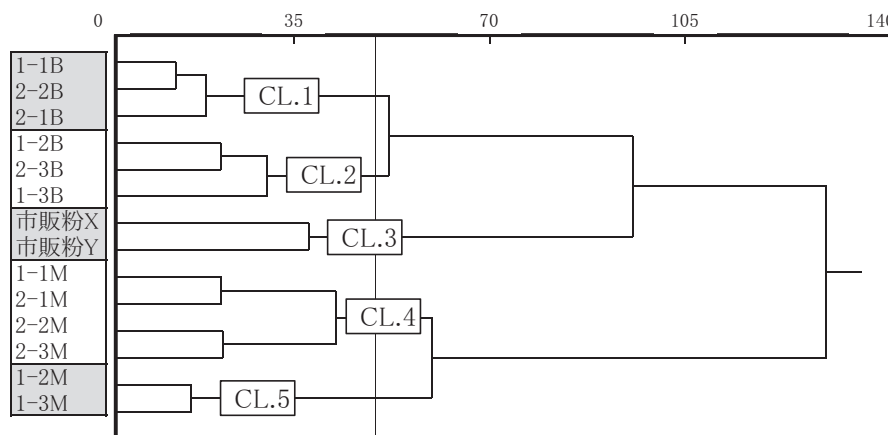


図3 各ストリームの成分、特性値によるクラスター分析

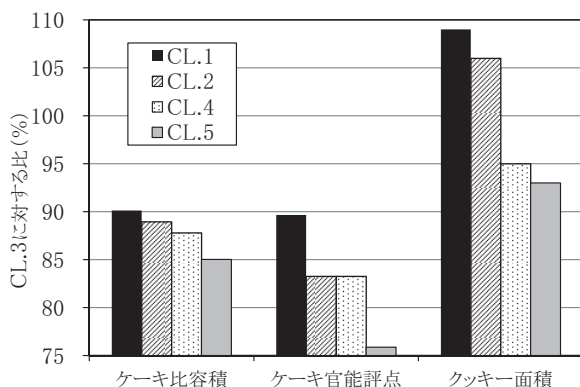


図4 各クラスターの主な菓子評価項目における比較
輸入小麦市販粉銘柄からなるCL.3の平均を100として比較した。

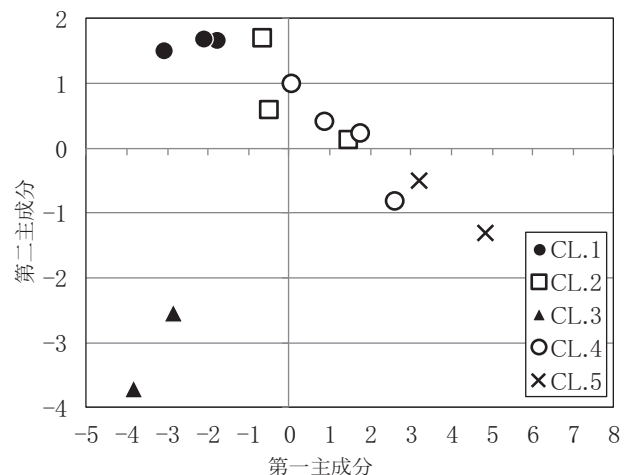


図5 各ストリームのクラスター別主成分スコア分布

ろ、図4のとおり、スポンジケーキ官能評点ではCL.1が最もCL.3に近く、クッキー面積はCL.1およびCL.2がCL.3より優る傾向を示した（*n*数が少ないため統計比較は実施せず）。

しかしながら、これらの位置関係をより明瞭にするため主成分分析を行った結果、CL.3に対し第一主成分として最も近いのはCL.1であったが、第二主成分として近いのはむしろCL.5であり、平面上のプロット位置としてCL.3に特に近接するものは認められなかった（図5）。そこで、各主成分を構成する固有ベクトルから寄与が大きい因子を抽出し、CL.3に近づくための方向性を整理したところ、第一主成分に寄与度の高い（固有ベクトルの絶対値0.3以上）因子からは、① たんぱく質含量が低い、② 小麦粉粒度が細かい、③ SRC（ショ糖）が低い、④ 最高粘度が高い、点が抽出された（表8）。一方、第二主成分に寄与度の高い（固有ベクトルの絶対値0.4以上）因子からは、① SRC（乳酸）が低い、② アミロース含量が高い、③ セットバックが高い、点が抽出された。第一主成分の主要固有ベクトルについては、品種の特性もあるが、概ね、小麦の栽培環境や製粉・分級条件等によっても調整可能な形質である。しかし第二主成分の主要固有ベクトルは、グルテンの強さやアミロース含量など、たんぱく質やデンプンの特性に関わる遺伝的形質であり、製粉、分級条件等によるコントロールは困難である。つまり、「きたほなみ」を高品質な薄力粉として転用する場合、第一主成分を満たす条件として、低たんぱく質原料ロットを用い、B粉を主体とし歩留りもできるだけ低く抑えたパテント粉とすることが望まれるが、それでも第二主成分に起因する問題（グルテンの粘りやデンプンのもちもち感によるサク味の欠如、

口どけの悪さなど）は残り、スポンジケーキのように特に軽い食感が求められるジャンルでは活用が難しい。一方、本研究でも評価の差が明瞭ではなかったクッキーのようなジャンルでは、活用の難易度は比較的低いと考えられた。道内菓子企業、菓子店を対象に実施したアンケート調査においても、道産小麦のスポンジケーキへの活用率は、道産小麦使用製品のジャンルを3種類以下に絞っている企業・店では比較的低く、クッキー、パウンドケーキ等の焼菓子類が優先して選択される傾向が見出された（データ未公表）ことも、「きたほなみ」の菓子加工における特性を反映していると考えられた。

これら第二主成分因子の改善には、新品種開発による遺伝的改良が最も効果的ではあるが、他にも各種処理によるグルテンやデンプン特性改良の可能性としては、製粉前の小麦への湿熱処理によるグルテンの不活化¹²⁾や、小麦粉の乾熱処理によるデンプン粒子の疎水化¹³⁾の効果が検討されている。またアミロース含量や糊化特性の調整については、異種穀物等由来の高アミロース系デンプン、または各種加工デンプンのブレンドが、たんぱく質含量の相対的低下とも合わせ効果が期待できる。

要 約

道産中力粉向け小麦品種「きたほなみ」の菓子用薄力粉用途としての適性を把握するため、試験製粉を行い、各ストリームの特性を輸入小麦市販粉と比較した。スポンジケーキのボリューム、官能評点はすべてのストリームで大きく劣った。クッキーでは物理的特性、官能評価とも明らかな差は認められなかった。ストリーム間で有意な差が認められた小麦粉特性はたんぱく質含量、粒径分布などで、クラスター分析において輸入小麦市販粉に最も近いとされたのは高品位のプレーキロール粉であった。なお、これらは輸入小麦を除いた各クラスターの中では最も高い菓子加工適性を示した。主成分分析により抽出した主要ベクトルからは、輸入小麦の品質に近づくための方向として、低たんぱく質原料ロットを用い、高品位のプレーキロール粉を主体とした低歩留のパテント粉とすることが望まれた一方、菓子品質に影響するものの遺伝的要因のため改変が困難な形質（グルテンの質やデンプン組成）も示唆された。

本研究を行うにあたり、小麦供試試料の提供は道総研十勝農業試験場研究部渡邊祐志研究主幹、製粉は同北見農業試験場研究部神野裕信主査、アミロース分析は同中央農業試験場生産研究部其田達也研究職員（現北見農業

表8 各ストリーム成分、特性値の主成分分析

項目	第1主成分	第2主成分
固有値	6.201	2.517
寄与率 (%)	56.37	22.88
累積寄与率 (%)	56.37	79.25
SRC (ショ糖)	0.325	-0.119
SRC (乳酸)	0.279	0.444
SRC (Na ₂ CO ₃)	0.298	-0.309
固 SRC (水)	0.300	-0.234
有 タンパク質	0.328	0.074
ベ アミロース	-0.250	-0.467
ク ト最高粘度	-0.319	0.318
ル ブレークダウン	-0.286	0.328
セットバック	-0.273	-0.437
平均粒径	0.316	0.105
中位径	0.331	-0.065

試験場)よりそれぞれ多くの御協力を賜った。ここに深甚なる感謝の意を表します。

文 献

- 1) 北海道農政生産振興局農産振興課, 麦類・豆類・雑穀便覧 麦類編. (2015)
- 2) 農林水産省農林水産技術会議, 農林水産研究開発レポートNo.22「売れる麦に向けた新技術」. (2007)
- 3) 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テクスチャーに及ぼす影響. 日食工誌, **50**, 333-338.
- 4) American Association of Cereal Chemists, Inc., Solvent Retention Capacity Profile, Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists 10th Edition, Volume II, John MacDonald, AACC International, St. Paul, Minesota, USA, AACC Method 56-11 (2000).
- 5) American Association of Cereal Chemists, Inc., Baking Quality of Cake Flour, Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists 10th Edition, Volume I, John MacDonald, AACC International, St. Paul, Minesota, USA, AACC Method 10-90 (2000).
- 6) 和田淑子, 倉賀野妙子, 長谷川美幸 (1983). クッキーのショートネスと硬さにおよぼす材料配合比の影響. 家政学雑誌, **34**, 609-615.
- 7) Wada, Y., Kuragano, T. and Kimura, H.(1991). Effect of Starch Characteristics on the Physical Properties of Cookies. *J. Home Econ. Jpn.*, **42**, 711-717.
- 8) Nishio, Z., Oikawa, H., Haneda, T., Seki, M., Ito, M., Tabiki, T., Yamauchi, H. and Miura, H.(2009). Influence of Amylose Content on Cookie and Sponge Cake Quality and Solvent Retention Capacities in Wheat Flour. *Cereal Chem.*, **86**, 313-318.
- 9) Nakamura, K., Taniguchi, Y., Taira, M. and Ito, H. (2012). Investigation of Soft Wheat Flour Quality Factors Associated with Sponge Cake Sensory Tenderness. *Cereal Chem.*, **89**, 79-83.
- 10) Ramseyer, D.D., Bettge, A.D. and Morris, C.F. (2011). Flour Mill Stream Blending Affects Sugar Snap Cookie and Japanese Sponge Cake Quality and Oxidative Cross-Linking Potential of Soft White Wheat. *J.Food Sci.*, **76**, 1300-1306.
- 11) Moiraghi, M., Hera,E., Perez, G. T. and Gomez, M. (2013). Effect of Wheat Flour Characteristics on Sponge Cake Quality. *J.Sci.Food Agric.*, **93**, 542-549.
- 12) 日清製粉株式会社 (2012). 菓子類用小麦粉およびその製造方法. 特開2012-254053.12月27日.
- 13) Nakamura,C., Koshikawa, Y. and Seguchi, M. (2008). Increased Volume of Kasutera Cake (Japanese Specific Cake) by Dry Heating of Wheat Flour. *Food Sci. Technol. Res.*, **14**, 431-433.