

ダツタンそば粉を添加した食パンの力学特性と食味特性

著者名(日)	三島 真梨, 渡辺 雄二, 都甲 研一, 松本 憲一
雑誌名	大妻女子大学家政系研究紀要
巻	47
ページ	9-17
発行年	2011-03-03
URL	http://id.nii.ac.jp/1114/00000339/

ダツタンそば粉を添加した食パンの 力学特性と食味特性

三島真梨¹⁾・渡辺雄二¹⁾・都甲研一²⁾・松本憲一³⁾¹⁾大妻女子大学家政学部食物学科, ²⁾TK Project, ³⁾大妻女子大学短期大学部家政科

Mechanical Properties and Sensory Attributes of Bread Prepared using Tartary-buckwheat Flour

Mari Mishima, Yuji Watanabe, Kenichi Toko and Norikazu Matsumoto

Key Words: ダツタンそば粉 (Tartary-buckwheat flour), 食パン (Bread), 力学特性 (Mechanical properties), 食味特性 (Sensory attributes)

1. 緒言

世界で食用として栽培されているソバの品種は、普通種とダツタン（韃靼）種の2種である。普通種は、普通ソバ（甘ソバ）をいい、日本を始め世界各地で栽培されている。ダツタンソバは、苦味があることから「苦ソバ」とも言われ、普通ソバに比べてルチンが多く含まれており、このルチンは血管強化や血圧降下などの予防や治療に効果があると報告されている¹⁻⁴⁾。

著者らは、その生理活性に着目し、小麦粉の代替にダツタンそば粉を用いてマフィン、食パン、蒸しパンを調製し、それらの性状と食味特性について報告した⁵⁻⁷⁾。

近年、健康志向を反映してライ麦や発芽玄米などを添加した食パンが市販されている。また、米粉や炊飯米、緑黄色野菜粉末などを添加した食パンに関する研究論文も見受けられる⁸⁻¹⁰⁾。しかし、ダツタンそば粉の製パン適性に関する研究は、まだ活発に行われておらず、ダツタンそば粉を添加した食パンの性状や食味特性に関する研究論文は見当たらない。一般的に、食パンの“おいしさ”は、甘味の強さ、歯切れのよさ、口溶けのよさが関連する¹¹⁾。歯切れと口どけは、テクスチャーに関連する要因であることから、食パンの“おいしさ”にはテクスチャーの要因が大きな影響を及ぼしていると考えられた。

本研究では、ダツタンそば粉の有効利用に関する研究の一環として、小麦粉の代替にダツタンそば粉を用いて食パンを調製し、それらの力学特性と食味特性を検討し、二、三の知見が得られたので報告する。

2. 方法

1) 材料

パンの調製に用いた材料を、表1に示した。ダツタンそば粉は、日穀製粉株式会社で製粉したもの（水分12.5%、ルチン1,739.7 mg%）を使用した。

2) パンの調製

パンの調製には、東芝株式会社製のホームベーカリー ABP-250S を用いた。材料の配合は、上記のベーカリーの取り扱い説明書に記載されている配合を参考にして、表2のとおりで決定した。なお、粉体と水との比率を一定にするために、ダツタンそば粉の量は小麦粉の量の一部代替とし、試作の段階でパンの膨化に支障がないダツタンそば粉の最大代替量が30%であったので、本実験では代替量を30%までとした。材料を加える順序は、上記のベーカ

表1 パンの調製に用いた材料

材料	銘柄	製造者または販売者
強力粉	イーグル	日本製粉株式会社
ダツタンそば粉	富黄	日穀製粉株式会社
砂糖	スプーン印	新三井製糖株式会社
スキムミルク	雪印	雪印乳業株式会社
食塩	食塩	財団法人塩事業センター
バター	北海道	雪印乳業株式会社
イースト	ドライイースト	オリエンタル酵母工業株式会社

表 2 代替および無代替食パンの配合

材料	無代替	10% 代替	20% 代替	30% 代替
強力粉	250 g	225 g	200 g	175 g
ダツタンそば粉	—	25 g	50 g	75 g
砂糖	12 g	12 g	12 g	12 g
スキムミルク	9 g	9 g	9 g	9 g
食塩	4 g	4 g	4 g	4 g
バター	9 g	9 g	9 g	9 g
イースト	4 g	4 g	4 g	4 g
水	190 g	190 g	190 g	190 g

リーの取り扱い説明書の記載に準じて行った。

3) 食パン市販品¹²⁾

本学の千代田キャンパス周辺で購入が可能な 8 社 19 銘柄の 6 枚切りスライス食パンを用いた (表 3)。

4) 機器測定¹²⁾

株式会社山電製の CREEP METER RE2-33005 を用いて、2 kg 用の荷重センサーで全体圧縮による応力緩和試験とテクスチャー試験を行った。各試験

表 3 実験に供した食パン市販品

試料番号	銘柄	製造者または販売者 (所在地)
1	サンロイヤルブレッド	山崎製パン (東京・千代田区)
2	超芳醇	山崎製パン (東京・千代田区)
3	ダブルソフト	山崎製パン (東京・千代田区)
4	新食感宣言	山崎製パン (東京・千代田区)
5	さくっとトースト	山崎製パン (東京・千代田区)
6	3-Toast	敷島製パン (愛知・名古屋市)
7	サニーブラウン	敷島製パン (神奈川・高座郡)
8	ラ・ブランシュ	敷島製パン (東京・昭島市)
9	プリオッシュ	敷島製パン (東京・昭島市)
10	麦のめぐみ	敷島製パン (千葉・野田市)
11	ライ麦つぶ入り	敷島製パン (東京・昭島市)
12	おいしいパンが焼きました	木村屋 (東京・中央区)
13	ライ麦パン	木村屋 (東京・中央区)
14	発芽玄米食パン	第一製パン (東京・大田区)
15	ホテルブレッド	伊藤製パン (埼玉・岩槻市)
16	本仕込	フジパン (愛知・名古屋市)
17	スーパーロイヤルブレッド	紀ノ国屋 (東京・三鷹市)
18	発芽玄米ホップスブレッド	紀ノ国屋 (東京・三鷹市)
19	食パン	クイーンズ伊勢丹 (東京・立川市)

表 4 機器測定の場合

測定モード	応力緩和 (破断強度測定)	テクスチャー測定
荷重センサー	2 kg	2 kg
プランジャー	アクリル製直径 40 mm の円板型	アクリル製直径 40 mm の円板型
圧縮率	99%	線形性領域 40% 非線形性領域 80%
測定速度	1 mm/sec	1 mm/sec
試料の大きさ	20×30×20 mm	20×30×20 mm

によって得られた波形の解析には、同社製の破断強度およびテクスチャー解析ソフトウェアを用いた。測定条件を表 4 に示した。測定に供する試料の調整は、次のように行った。パン調製後、パンケースから焼成パンを網の上に出して室温でそのまま 60 分間放冷した。放冷後、ラップでパンを包み、24 時間室温で放置した。乾燥を防ぐために測定直前に生パンの周囲 (耳の部分) を除き、20×30×20 mm の大きさに超音波カッター (株式会社山電製) で揃えて測定に供した。なお、食パン市販品も、開封直後、調製パンと同様の大きさに調整した。

5) 感覚評価

パネリストは、本学の教員および学生、計 23 名で構成し、自由記述で評価したのちに、パネリスト間で意見を調整した。

6) 統計処理

機器測定値間の関係を調べるために、多変量解析ソフトウェア JUSE-MA1 (日科技連株式会社製) を用いた。

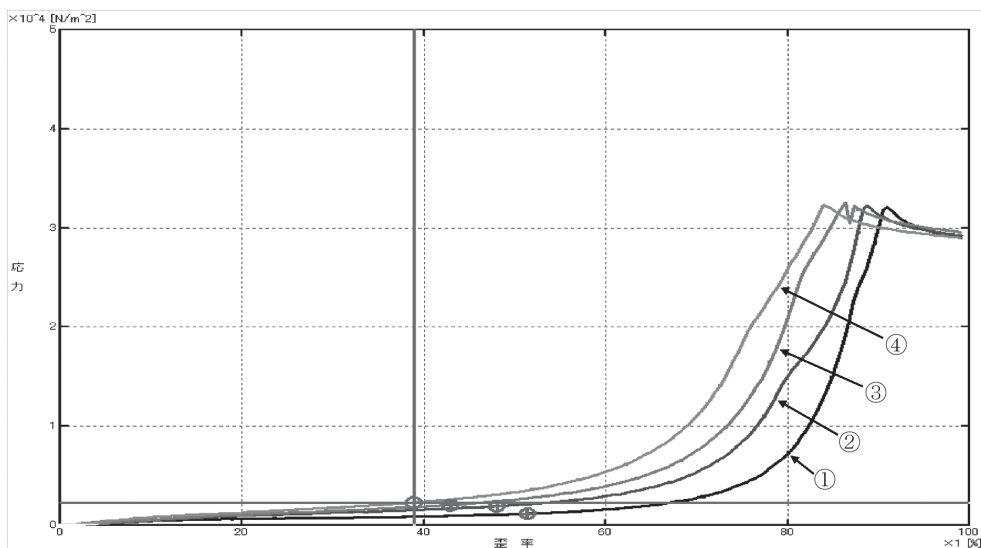


図 1 各配合で調製した食パンの応力-歪率曲線

- ① 0% : ダツタンそば粉無代替
- ② 10% : ダツタンそば粉 10% 代替
- ③ 20% : ダツタンそば粉 20% 代替
- ④ 30% : ダツタンそば粉 30% 代替
- ⊕ : 線形性領域と非線形性領域の境界

3. 結果

1) 応力—歪率曲線による食パンの線形性領域と非線形性領域

各配合で調製したパンの応力—歪率曲線を図 1 に示した。たて軸が応力 ($\times 10^4 \text{ N/m}^2$)、よこ軸が歪率 (%) である。ダツタンそば粉代替量が多くなるにつれて、応力—歪率曲線は、歪率 40% 以降大きい波形を示した。一方、ダツタンそば粉 0% (無代替) の応力—歪率曲線は、最も小さい波形であった。表 5 に線形性領域と非線形性領域の境界、すなわち、図 1 の応力—歪率曲線上に表示された⊕における歪率を示した。ダツタンそば粉代替量の増加により、歪率は小さくなる傾向を示した。一方、ダツタンそば粉 0% (無代替) の歪率は、最も大きい値を示した。

以上をまとめると、ダツタンそば粉の代替量が多くなるにつれて、応力—歪率曲線の波形が大きくなり、それにともない線形性領域の減少が観察された。

2) 圧縮率 40% と 80% における食パンのテクスチャー曲線

図 2 に示した圧縮率 40% では、ダツタンそば粉 30% 代替の波形が大きくなる傾向を示し、その傾向は他のものに比べて顕著であった。図 3 に示した圧縮率 80% では、ダツタンそば粉代替量の多い順に波形が大きくなる傾向を示した。圧縮率 40%、

80% とともに、ダツタンそば粉 30% 代替の波形が最も大きく、ダツタンそば粉 0% (無代替) のものが最も小さかった。

3) 主成分分析による機器測定値間の関係

表 5 に示した機器測定値を基に主成分分析を適用して、各機器測定値の因子負荷量を求め、3 次元の図に示した (図 4)。座標軸は X 軸が主成分 1、Y 軸が主成分 2、Z 軸が主成分 3 である。主成分 1 では、圧縮率 40% (線形性領域) のかたさ応力や A1 エネルギーの機器測定値が高い因子負荷量を示したことから、主成分 1 を<線形性領域における食パンの“かたさ”に関する特性>と解釈した。主成分 2 では、圧縮率 80% (非線形性領域) のかたさ応力やガム性応力の機器測定値が高い因子負荷量を示したので、主成分 2 を<非線形性領域における食パンの“かたさや弾力性”に関する特性>と解釈した。主成分 3 では、圧縮率 40% (線形性領域) の凝集性の機器測定値が高い因子負荷量を示したことから、主成分 3 を<線形性領域における食パンの“凝集性”に関する特性>と解釈した。なお、各主成分の寄与率と累積寄与率を表 6 に示した。

4) 主成分分析による各食パンのテクスチャー類似性

ダツタンそば粉代替食パン、ダツタンそば粉無代替食パン、食パン市販品のテクスチャー類似性を調べるために、各主成分に対する各食パンの主成分得点を算出して、三次元の図に示したのが図 5 であ

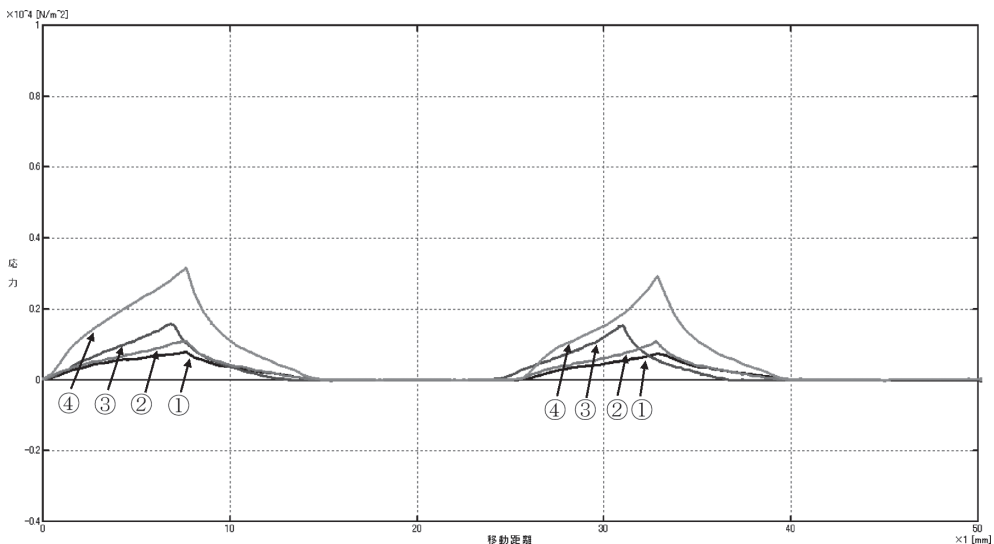


図 2 圧縮率 40% における各配合で調製した食パンのテクスチャー曲線
図中の表示は、図 1 と同様

表 5 調製食パンおよび食パン市販品の機器測定値

種類	試料	応力-歪曲線					圧縮率 80% (非線形領域) におけるテクスチャー特性値					圧縮率 40% (線形領域) におけるテクスチャー特性値				
		綿形性歪率 (%)	最大荷重 (gf)	かたさ応力 (N/m ²)	凝集性	ガム性応力 (N/m ²)	A1 エネルギーギ- (J/m ²)	A2 エネルギーギ- (J/m ²)	最大荷重 (gf)	かたさ応力 (N/m ²)	凝集性	ガム性応力 (N/m ²)	A1 エネルギーギ- (J/m ²)	A2 エネルギーギ- (J/m ²)		
実験室 調製品	ダッタンそば 粉無代替	55.96	283	4,622	0.7543	3,487	1,224	923	48	784	0.8608	674.9	297.8	256.3		
	ダッタンそば 粉 10% 代替	55.04	304	4,965	0.7338	3,644	1,100	807	52	849.3	0.8371	711.0	283.6	245.8		
	ダッタンそば 粉 20% 代替	50.24	581	9,490	0.7057	6,697	1,862	1,314	58	947.3	0.8675	821.8	355.6	308.5		
	ダッタンそば 粉 30% 代替	44.46	1,013	1,591	0.6909	1,099	3,507	2,423	140	2,287	0.8353	1,910.0	701.1	585.6		
	サンロイヤル	56.00	178	3,577	0.9035	3,232	796.9	720	45	110.3	0.7715	850.6	378.7	292.2		
	超芳醇	50.72	243	5,954	0.5967	3,553	980.8	585	51	1,250	0.7044	880.2	493.9	347.9		
市販品	ダブルソフト	52.34	461	11,290	0.5298	5,984	2,335.0	1,237	73	1,789	0.7149	1,279.0	512.9	366.7		
	新食感直言	48.28	528	12,940	0.5616	7,265	2,629.0	1,476	72	1,764	0.6820	1,203.0	564.6	385.1		
	さくっとトースト	48.04	391	9,580	0.5159	4,943	1,599.0	825	34	833	0.7623	635.1	259.9	198.2		
	3-トースト	58.98	483	11,830	0.5659	6,697	2,733.0	1,547	66	1,617	0.7236	1,170.0	490.6	355.0		
	サニーブラウン	49.52	758	18,570	0.3554	6,600	4,486.0	1,595	64	1,568	0.7443	1,167.0	477.1	355.2		
	ラ・フランシユ	45.66	596	14,380	0.6757	9,718	2,068.0	1,397	31	759.5	0.8288	629.5	213.2	176.8		
	プリオッシュユ	48.61	443	10,850	0.5778	6,272	1,513.0	874	31	759.5	0.7917	601.4	195.6	154.8		
	麦のめぐみ	51.35	564	13,820	0.5288	7,307	2,077.0	1,098	49	1,201	0.8000	960.8	352.0	281.7		
	ライ麦つぶ入り	48.87	451	11,050	0.6747	7,455	1,337.0	902	24	588	0.8650	508.6	182.4	157.8		
	おいしいパン が焼けました	59.88	243	5,954	0.5862	3,490	1,408.0	825	95	2,328	0.6210	1,445.0	734.9	456.3		
	ライ麦パン	49.23	532	13,030	0.6063	7,904	1,999.0	1,212	40	980	0.8083	792.2	275.8	223.0		
	発芽玄米	50.27	636	15,580	0.4470	6,966	2,940.0	1,314	49	1,201	0.7420	890.8	365.0	270.8		
ホテルブレッド	49.06	464	11,370	0.5005	5,690	1,925.0	964	49	1,201	0.6865	824.2	386.8	265.6			
本仕込	54.55	484	11,120	0.6056	6,737	2,557.0	1,548	74	1,813	0.7108	1,289.0	723.0	514.0			
スーパーロイヤル	59.47	377	9,237	0.5483	5,065	2,077.0	1,139	49	1,201	0.7852	942.7	403.0	316.5			
発芽玄米	47.18	767	16,220	0.6665	10,810	4,468.0	2,978	85	2,083	0.7207	1,501.0	820.0	591.0			
食パン	47.87	692	16,950	0.5465	9,266	2,865.0	1,566	71	1,740	0.7533	1,310.0	564.9	425.6			

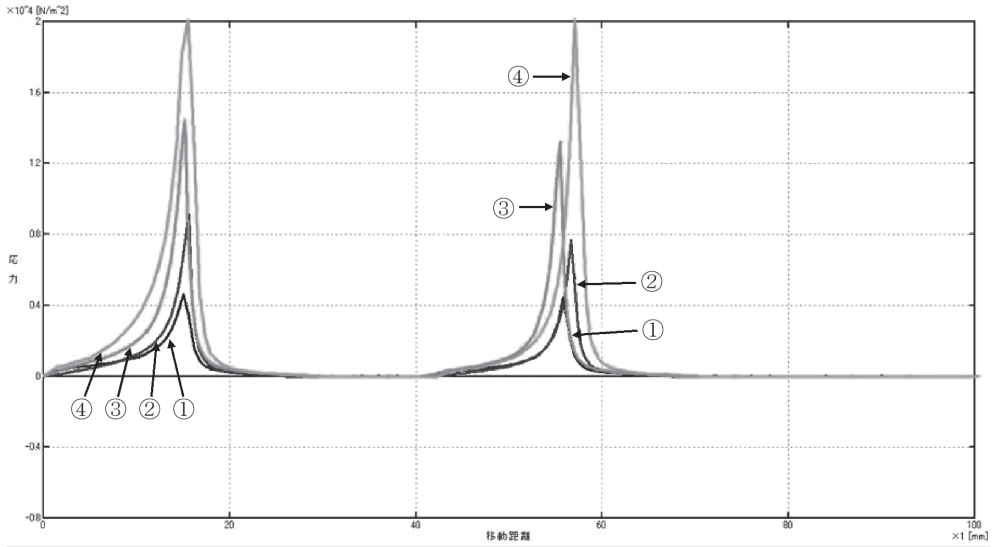


図 3 圧縮率 80% における各配合で調製した食パンのテクスチャー曲線
 図中の表示は、図 1 と同様

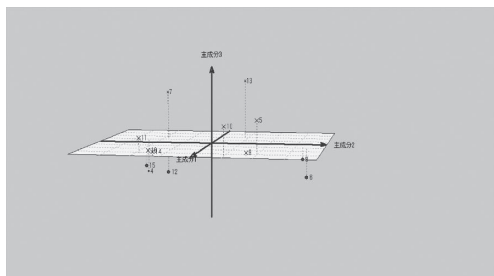


図 4 因子負荷量による機器測定値間の関係
 X 軸：主成分 1 Y 軸：主成分 2 Z 軸：主成分 3
 図中の数字は、各機器測定値の番号 (表 5 参照)

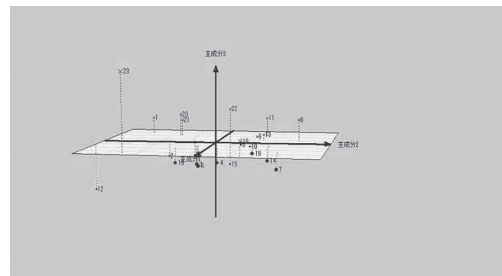


図 5 主成分得点による調製食パンおよび食パン市販品のテクスチャー類似性
 X 軸、Y 軸、Z 軸：図 4 と同様
 図中の数字は、各食パンの番号 (表 5 参照)

表 6 各主成分の寄与率

主成分	寄与率 (%)	累積寄与率 (%)
1	70.2	70.2
2	16.3	86.5
3	6.6	93.1

る。座標軸は図 4 と同様である。ダッタンそば粉 10% 代替食パン (10D) のテクスチャーは、ダッタンそば粉 0% (無代替) 食パン (C) や食パン市販品の“サンロイヤル”のそれらに近く、ダッタンそば粉 20% 代替食パン (20D) のテクスチャーは、

食パン市販品の“ライ麦つぶ入り”や“発芽玄米”のそれらに近いことが推察された。一方、ダッタンそば粉 30% 代替食パン (30D) は、食パン市販品の“おいしいパンが焼きました”のテクスチャーと同様に、他の食パンと比べてテクスチャーが特異的であると思われた。なお、これらの主成分得点によるテクスチャーの類似性の推察は、感覚評価で確認された。

5) ダッタンそば粉代替食パンの食味特性

感覚評価によるダッタンそば粉代替食パンの食味特性を表 7 にまとめた。「ダッタンそば粉 30% 代替食パンは、苦味が強く、継続食用ができない」という意見のパネリストが多かった。

表 7 ダツタンそば粉代替食パンの食味特性

試験区	官能評価の概要
無代替 ¹⁾	しっとりとして、やわらかい
10% 代替 ²⁾	代替の中では最もやわらかいが、無代替に比べると、しっとりさがない
20% 代替 ³⁾	10% と 30% の中間的な食感、風味や苦味に違和感がない、継続食用可能
30% 代替 ⁴⁾	ぼそぼそしてやわらかくなく、苦味が強く、風味も含めて違和感がある、継続食用不可

- 1) 無代替：ダツタンそば粉無代替食パン（対照）
- 2) 10% 代替：ダツタンそば粉 10% 代替食パン
- 3) 20% 代替：ダツタンそば粉 20% 代替食パン
- 4) 30% 代替：ダツタンそば粉 30% 代替食パン

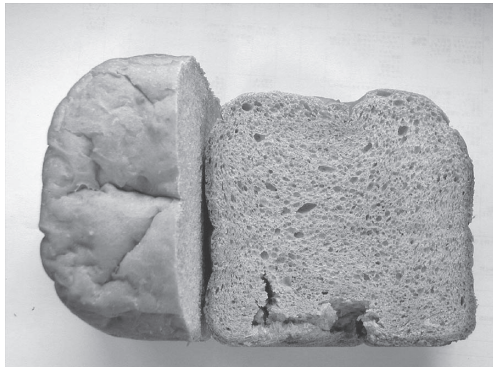


図 6 食パンの形状（ダツタンそば粉 20% 代替）

4. 考察

1) テクスチャー測定で圧縮率を 40% と 80% に設定した理由

全体圧縮による応力緩和測定で得られた応力—歪率曲線で、直線部は応力と歪率が比例関係にある線形性領域を、曲線部は応力と歪率が比例関係にない非線形性領域を示し、それらの領域の境界は、応力—歪率曲線の接線が引ける点の歪率で示すことができる。図 1 に示したとおり、線形性領域と非線形性領域の境界における歪率が 40% と 50% の間であったことから、圧縮率を線形性領域では 40%、非線形性領域では 80% に設定して、テクスチャー測定を行った。また、食パン市販品においても、線形性領域と非線形性領域の境界における歪率を確認し、同様に行った。すなわち、圧縮率 40% での測定は、パンのスポンジ状組織が未崩壊状態における機器測定値であるのに対して、圧縮率 80% では、パンのスポンジ状組織が崩壊状態における機器測定値であることを意味する。

2) 線形性領域におけるテクスチャー特性値が主成分 1 と主成分 3 に分かれて高い因子負荷量を示した理由

結果の 3) で述べたとおり、線形性領域の“かたさ応力”と“A1 エネルギー”は主成分 1 に、線形性領域の“凝集性”は主成分 3 に、それぞれ高い因子負荷量を示した。その理由を次のように考察した。テクスチャー曲線の第 1 波形から算出されるテクスチャー特性値は、“かたさ応力”と“A1 エネルギー”で、第 2 波形の大きさの影響を受けない。一方、“凝集性”は、第 1 波形と第 2 波形の面積比から算出され、“凝集性”の値は、第 2 波形の大きさの影響を受ける。圧縮率 40% の場合は、線形性領域でスポンジ状組織が未崩壊のために、第 2 波形の大きさはテクスチャー評価に意味のある波形であるが、圧縮率 80% の場合は、非線形性領域でスポンジ状組織が崩壊しているために、第 2 波形の大きさはテクスチャー評価に直接関係しない。したがって、第 2 波形の大きさに関係しない（かたさ応力、A1 エネルギー）、関係する（凝集性）、の違いが異なる主成分に高い因子負荷量を示したことに関係していると考えられた。主成分 1 と主成分 3 の寄与率を比較すると、前者の寄与率が非常に高く、このことは“凝集性”よりも“かたさ”と“A1 エネルギー”のほうが、食パンのテクスチャー評価に有効な機器測定値であることを示唆している。

3) ダツタンそば粉代替食パンの有用性

表 7 に示したとおり、ダツタンそば粉の代替量の増加により、食パン本来の“フワフワ感”が消失し、食パン市販品の“ライつぶ麦入り”や“発芽玄米”などの食感に類似するようになった。ダツタンそば粉 30% 代替食パンは、苦味が強く、一口食べて食用をやめるパネリストがいた。パネリスト全員が「継続食用は無理」という意見であった。20% 代替と

10% 代替の食パンでは、食パン本来の“フワフワ感”と“しっとり感”は感じられなかったが、パネリスト全員が「継続食用は可能」という意見が多かった。したがって、ダッタンそば粉の有効利用の観点から、小麦粉代替素材として、小麦粉重量の 20% が適切であると考えられた。

5. 要約

ダッタンそば粉の有効利用に関する研究の一環として、小麦粉の 10~30% をダッタンそば粉で代替して食パンを調製し、それらの力学特性と食味特性を検討して、次の結果が得られた。

1) 力学特性では、ダッタンそば粉の代替量が多くなるにつれて、線形性領域の縮小、“かたさ応力”や“A1 エネルギー”の機器測定値の増加が観察された。

2) 食味特性では、ダッタンそば粉代替量 20% 以上から食パン特有の“フワフワ感”が消失し、嗜好面では、30% 代替食パンにおいて苦味が強いという理由で、評価が低かった。

3) 食パン市販品との比較では、10% 代替食パンは小麦粉のみ使用の食パン市販品（サンロイヤル）に、20% 代替食パンにおいてライ麦や発芽玄米入りの食パン市販品の力学特性に、それぞれ類似していた。

4) ダッタンそば粉は、食パン製造において、小麦粉代替素材として有用であることが認められた。

謝辞

最後にダッタンそば粉の試料をご提供いただきました日穀製粉株式会社に感謝申し上げます。また、実験に際しご協力をいただきました秦由香里さんにお礼を申し上げます。

参考文献

- 1) 鈴木建夫・桜田尚子・目黒熙・鈴木市彦・坂上孝彦・氏原暉男：そばのルチン含量と分布について *New Food Industry* 29 6 (1987)
- 2) 氏原暉男・北村広巳・南峰夫：世界のソバにおけるルチン含量の品種間差 *New Food Industry* 39 5 (1997)
- 3) 氏原暉男・俣野敏子：第 6 回国際ソバシンポジウム要録集ソバの研究 最新の進歩 (1995)
- 4) 松本憲一：ダッタンソバの特性とその現状 *食品工業* 43 6 (2000)
- 5) 中里トシ子・松本憲一・長谷川千佳子・尾田文芽・川瀬真貴子：ダッタンそば粉がマフィンの性状や食味に及ぼす影響 *日本食生活学会誌* 13 1 35-40 (2002)
- 6) 中里トシ子・松本憲一・尾田文芽・川瀬真貴子：ダッタンそば粉及びショートニングの添加が食パンの性状や食味に及ぼす影響 *大妻女子大学家政系研究紀要* 第 39 号 17-25 (2003)
- 7) 中里トシ子・松本憲一・川瀬真貴子・尾田文芽：ダッタンそば粉およびコーン油の添加が蒸しパンの性状と食味に及ぼす影響 *日本食生活学会誌* 13 4 279-285 (2003)
- 8) 青木法明・梅本貴之・鈴木保宏：グルテン添加米粉パンにおける多収性稲品種の製パン特性 *食科工* 57 3 107-113 (2010)
- 9) 奥西智哉：炊飯米を生地に添加したパンの官能評価 *食科工* 56 7 424-428 (2009)
- 10) 中野淳子・大羽和子：食パンの物性および食味特性に及ぼす緑黄色野菜粉末添加の影響 *家政誌* 46 4 321-329 (1995)
- 11) 荒井輝長・神田政和・関口彌・竹谷光司・増田信司・宮田章三：製パン技法 I 基礎技術 p.5~8 株式会社ダイレック 東京 (2000)
- 12) 豊嶋愛子・大瀧未鶴希・渡辺雄二：機器測定による食パンのテクスチャーの客観的評価 *大妻女子大学家政系研究紀要* 41 45-50 (2005)

Summary

Mechanical properties and sensory attributes of bread prepared using tartary-buckwheat flour 10~30% of substitution for wheat flour were examined.

The following results were obtained.

Reduction of a linearity characteristics in stress-strain curve, high score of “hardness” and “A1 energy” were observed as the amount of substitution of tartary-buckwheat flour increased. Elastic characteristics of bread prepared by 20~30% of the amount of tartary buckwheat flour substitution was disappeared. Sensory evaluation of 30% substitution bread was the lowest in respect of bitter taste. 10% substitution bread was similar to the mechanical properties of the bread marketing article “Sun Royal”. On the other hand, 20% substitution bread was similar to the bread added rye or sprout brown rice.

From the above results, the optimal substitution rate of tartary-buckwheat flour for wheat flour was 20%. It was speculated that 20% substitution bread of tartary buckwheat flour was efficient as bread corresponding to the supply of rutin.