

【研究論文】

【令和元年度 県単研究】

地域素材の良さを活かした高付加価値食品の検討

日向 真理子*, 畑中 咲子

食品バイオ技術部

(*現 農政部農業振興課)

県産農産物を活かした加工品の開発支援を行うために、「だて正夢」や「金のいぶき」など新しい品種の米粉の加工特性と、キャベツの加工品ザワークラウトの製造条件の調査を行った。

乾式気流粉碎機で製粉した宮城県の水稲5品種の米粉の澱粉損傷度、平均粒径は、品種による大きな差はなかった。今回試作したパンやクッキー、パウンドケーキでは「だて正夢」は「ひとめぼれ」と差はみられなかったが、「金のいぶき」(玄米)と高アミロースの「さち未来」は加工品の特性に差がみられた。特に「金のいぶき」は「だて正夢」と同程度のアミロース含量だったが、玄米に由来すると思われる香り、色、物性に特徴があった。

また、ザワークラウト製造では乳酸菌の添加によってpHが速やかに低下し、品質の安定には乳酸菌添加が必須と考えられた。発酵日数・温度、乳酸菌の種類などの条件と製品の風味・食感の関係を把握できた。

キーワード: 米粉, だて正夢, 金のいぶき, ザワークラウト, 乳酸菌

1 緒言

宮城県では、豊富な食材資源を活かし、「食材王国みやぎ」の実現を目指して食に関わる産業の振興に取り組んでいる。本課題では、県産農産物を活かした加工品の開発支援を行うために、県産品種を使った米粉の加工特性評価とキャベツの加工品ザワークラウトの製造条件の調査を行った。

主食用米の需要が年々減少する中、米粉は米の消費拡大と食料自給率向上のため小麦粉の代替として利用されてきたが、特に近年は、グルテンフリーニーズの高まりや米粉特有のもっちり感を活かした製品の開発、小麦粉の価格高騰などを背景に、需要が増えている。米粉用米の需要量は、平成24年度以降、2万トン程度で推移してきたが、平成30年度は3万トンを超え、生産量を上回る状況になっている¹⁾。また、各県で良食味のブランド米開発が盛んに行われる中、ブランド米の米粉を用いたお菓子が認知度向上に用いられている。例えば、青森県ではブランド米「青天の霹靂」を使用したお菓子が製造され好評を得ている²⁾。宮城県では水稲基幹品種「ひとめぼれ」「ササニシキ」に加え、新品種「だて正夢」および玄米食向け品種「金のいぶき」をみやぎ米の柱とし首都圏を中心に認知度向上、販売拡大を図っている³⁾。しかし、「だて正夢」、「金のいぶき」の米粉の加工特性については未調査である。

また、県では加工業務用野菜の振興の一環としてキャベツの作付け拡大に取り組んでいる。キャベツの加工品の「ザワークラウト(千切りキャベツを乳酸発酵させたドイツの漬物)」は、レストランなどで肉料理やソーセージの付け合わせに用いられているが、ほとんどが輸入品である。そのような中、岩手県では、2018年に岩手県工業技術センターの支援を受け⁴⁾、漬物業者が量産を始めたが、宮城県内の企業は製造のノウハウを持っていない。現在、国産品が見直されており、例えば、輸入品と比較して3割高であっても国産品を選ぶ消費者層が約2割存在するという報告がされている⁵⁾。ザワークラウトは、県産野菜を利用し、日本人向けのアレンジを行うなど新たな需要を掘り起こせる可能性がある。

そこで、宮城県産の米品種の米粉の加工特性の調査を行い、キャベツについては当所で有している乳酸菌を用いてザワークラウトを試作し、製造条件の調査を行った。

2 実験方法

2.1 宮城県産品種を用いた米粉加工品の検討

2.1.1 試料

宮城県で育成された水稲品種「だて正夢」、「金のい

ぶき」、「ひとめぼれ」、「ササニシキ」、「さち未来」を用いた。低アミロースの「だて正夢」はH30年度に本格デビューした良食味米、「金のいぶき」はH28年度に奨励品種となった低アミロース米で、初め巨大胚がクローズアップされたが、食べやすい玄米食用品種として生産が増えている。「さち未来」は奨励品種ではないが、短粒の高アミロース品種で平成23年に品種登録された。「だて正夢」、「ひとめぼれ」、「ササニシキ」、「さち未来」の4品種は精米、「金のいぶき」は玄米で乾式気流粉碎機ドリームミルDM-150S(古河産機システムズ(株))を用いて粉碎を行った。

対照として市販米粉3種(「リファリーヌ」(群馬製粉(株))、「米の粉」(共立食品(株))、「熊本県産米(ミズホチカラ)パン用米粉」((株)富澤商店))を用いた(表1)。「リファリーヌ」は米粉パン試作に用いたホームベーカリー指定の米粉、「熊本県産米(ミズホチカラ)」は製粉時の澱粉損傷が少なく米粉パンに適した多収品種、「米の粉」は県内スーパーでよく見かける入手しやすい商品として選んだ(表1)。

表1 供試品種・商品と粉碎方法

No.	品種名・商品名	粉碎方法	備考
1	だて正夢	乾式気流粉碎	
2	金のいぶき	〃	
3	ひとめぼれ	〃	
4	ササニシキ	〃	
5	さち未来	〃	
6	リファリーヌ(群馬製粉(株))	不明	品種不明
7	米の粉(協立食品(株))	不明	品種不明
8	ミズホチカラ((株)富澤商店)	不明	

2.1.2 供試米粉の評価

米のアミロースは近赤外成分測定装置インフラテックNOVA(FOSS社, 古川農業試験場の協力による)で行った。また、米粉の澱粉損傷度はSTARCH DAMAGE(Megazyme社), 平均粒径はレーザー回折・散乱式粒度分布測定器LMS-2000e((株)セイシン企業)で測定した。

2.1.3 米粉パンの試作

ホームベーカリーKBD-X100(タイガー魔法瓶(株))のパンケースに冷水220gを入れ、その後静かに米粉200g, 小麦グルテン50g, 砂糖16g, 塩3g, スキムミルク5g, バター20gを入れ、イースト自動投入ケースにドライイースト4gをセットし、メニューNo.11モードでパンを試作した。焼き上げたパンの粗熱を取り、ビニール袋に入れ1日おい

た後、菜種置換法でパンの体積を求め、これを重量で除することで比容積を求めた。

2.1.4 パウンドケーキの試作

室温に戻したバター60gをハンドミキサーで攪拌した後、上白糖60gを入れ白っぽくなるまで混ぜ、割りほぐしたL型の卵2個を4回に分けて少しずつ入れハンドミキサーでその都度混ぜた。その後牛乳25g入れ攪拌、米粉100gとベーキングパウダー4gを入れ攪拌し、クッキングシートを引いたパウンドケーキ型(小)((株)霜鳥製作所製, W80×D175×H60mm)に流し入れた後、180℃に予熱したオーブンに入れ25分焼いた。粗熱を取り、ビニール袋に入れて1日おいた後、菜種置換法で体積を求めた。さらに、15mm幅に切ってビニール袋に入れ、室温で保存し、クリーブメーター RE2-33005S(山電(株))で直径20mmの円盤型プランジヤーNo.56を用い、1mm/1secで7mm圧縮時(パウンドケーキの厚さの平均が約14mmだったため50%の7mmとした)の応力を測定した。測定は5回行い平均値を求めた。

2.1.5 クッキーの試作

フードプロセッサーに米粉100g, 無塩バター50g, 上白糖35gをいれ、さらさらになるまで攪拌した後、卵25gを入れ再度攪拌しラップでひとまとまりにして冷蔵庫で1時間休ませた。ラップに包んで生地を直径3~4cmの円柱状に成形し再び冷蔵庫で休ませた後、1cm幅に切り180度に予熱したオーブンで20分焼いた。冷ました後、クリーブメーターRE2-33005S(山電(株))でくさび形のプランジヤーNo.49を用い、1mm/secで破断応力を測定した。測定は5回行い平均値を求めた。

2.2 キャベツを用いたザワークラウトの検討

2.2.1 キャベツの洗浄方法の検討

県内スーパーで購入した寒玉系キャベツ(宮城県産)を用いた。キャベツは4等分にして流水で3回洗浄を行い、さらに、次亜塩素酸ナトリウム区では、100ppm次亜塩素酸ナトリウム水溶液に15分間漬けた後、流水で十分すすぎ洗いを行った。その後スライサーで2mm幅にカットし、キャベツ1kg当たり食塩20g, 砂糖2gを加えて混ぜ合わせ、重し付き漬物容器に入れ20℃恒温機BR-300LF((株)タイテック)で発酵させた。ザワークラウトは

定期的にサンプリングしてパウチ袋に密封し、スチームコンベクションオープンFSCCWE61 ((株)フジマック)で80℃、20分加熱した後、冷蔵し、pHの測定を行った。

2.2.2 乳酸菌添加と発酵温度

2.2.1と同様にザワークラウトを試作・評価した。キャベツは次亜塩素酸ナトリウム浸漬・流水すすぎまで行い、ザワークラウトの試作では乳酸菌添加区と無添加区を設けた。乳酸菌は野菜に常在する菌種の中で、当所が分離・保存する*Lactobacillus plantarum* MBR191 (以下、*L.plantarum*①)の培養液(4日間培養 2.7×10⁸個/ml)4mlを加えた。発酵は20℃または室温(遮光下、温度調節なし環境)に置き、(1)と同様に加熱しpH測定を行った。

2.2.3 乳酸菌の種類

2.2.1と同様にザワークラウトを試作・評価した。キャベツは次亜塩素酸ナトリウム浸漬・流水すすぎまで行い、発酵は20℃で行った。乳酸菌は野菜に常在する菌種の中から当所が分離・保存する*L.plantarum* 2種類(①, ②(*L.plantarum* MBR10001)), *L.sakei* MBR97, 比較として乳製品によく使われる*Lactococcus lactis* MBR867を用い、培養液4mlを加えた。加熱殺菌後にpH測定を行った。

3 実験結果と考察

3.1 県産品種を用いた米粉加工品の検討

3.1.1 米粉の性状

米粉のアミロース、平均粒径、澱粉損傷度を表2に示した。乾式気流粉碎機で調製した県産品種の米粉の平均粒径は、市販品と同等の100 μm以下だった。粒度分布もほぼ同様だったが、「リファリーヌ」は特徴的な分布を示していた(図1)。県産品種の澱粉損傷度は6.2～7.4%と「米粉の用途別基準」(NPO法人国内産米粉促進ネットワーク)で定める基準の10%未満を満たしていたが⁶⁾、市販米粉は2.3～2.8%とさらに低かった。澱粉損傷度は特にパンの膨らみに影響することが知られており⁷⁾、加工品の特性に影響することが予想された。

表2 米粉の性状

商品名(品種名)	アミロース含有量	平均粒径(μm)	デンプン損傷度	
センター 5 品 種 で 粉 砕 し た	だて正夢	10.2	51.0	6.2±0.3
	金のいぶき	9.2	71.5	7.0±0.5
	ひとめぼれ	16.5	53.5	7.3±0.2
	ササニシキ	16.3	41.0	7.4±0.2
	さち未来	28.3	52.3	7.2±0.3
市 販	リファリーヌ (群馬製粉株式会社)	-	65.6	2.8±0.03
	米の粉 (共立食品株式会社)	-	64.4	2.3±0.1
	ミズホチカラ (株式会社富澤商店)	-	32.3	2.4±0.03

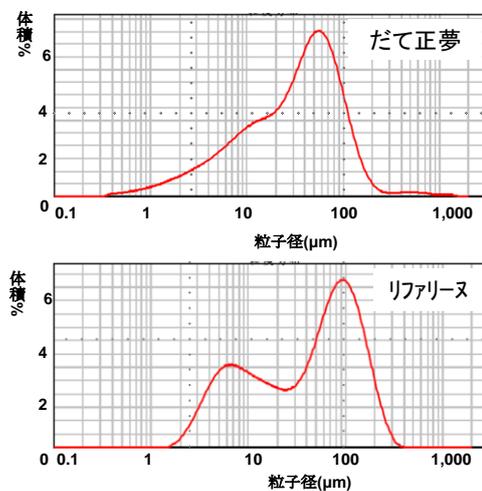


図1 米粉の粒度分布

3.1.2 米粉パンの試作

米粉パンは、最初、グルテン添加なしで試作したが、品種間の差が小さかったため、グルテン添加の条件で試作を行った。米粉が製パン性に及ぼす影響として、粒度、澱粉損傷度、アミロース含有率があげられる⁸⁾。県内産5品種の米粉パンの比容積は、高アミロース品種である「さち未来」の比容積が最も高く、低アミロース品種で低かった(図2)。市販米粉を用いた米粉パンは県内産5品種に比べ比容積が大きく、澱粉損傷度が影響したと考えられた。

3.1.3 パウンドケーキの試作

外観では、玄米を製粉した「金のいぶき」が茶褐色となり他と異なる色合いとなったが、比容積は品種による大きな違いは見られなかった(図3, 表3)。

圧縮時応力は、「だて正夢」「ひとめぼれ」「ササニシ



図2 県産品種を用いた米粉パンの性状



図3 パウンドケーキの外観



図5 クッキーの外観

表3 パウンドケーキの比容積

品種名	センターで粉砕した5品種					対照：市販米粉		
	だて正夢	金のいぶき	ひとめぼれ	ササニシキ	さち未来	リファリーヌ	米の粉	ミズホチカラ
比容積 (cm ³ /g)	2.2	2.1	2.0	1.9	2.1	2.2	2.2	2.3

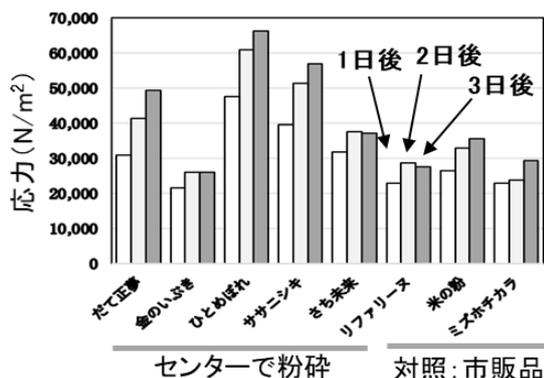


図4 パウンドケーキの7mm圧縮時応力の経時変化

キ)は、市販品に比べ大きかったが(図4)、「さち未来」と玄米「金のいぶき」は市販米粉と同程度に応力が低く、特に「金のいぶき」は測定3日目でも応力の上昇は小さかった。

今回製造したパウンドケーキでは、粉砕方法に起因する澱粉損傷度と玄米由来の油脂が圧縮時応力に影響したと考えられたが、「さち未来」については、さらに考察が必要である。

3.1.4 クッキーの試作

玄米「金のいぶき」は他のクッキーより濃い色を呈していた(図5)。クレープメーターで破断応力を測定した結果、センターで粉砕した4品種は市販米粉に比べ硬割れる傾向がみられ、「金のいぶき」のみ対照の市販米粉と同様にくずれるような食感を示した(図6)。今回のレシピはほろほろと崩れるような食感を特徴としているが、物

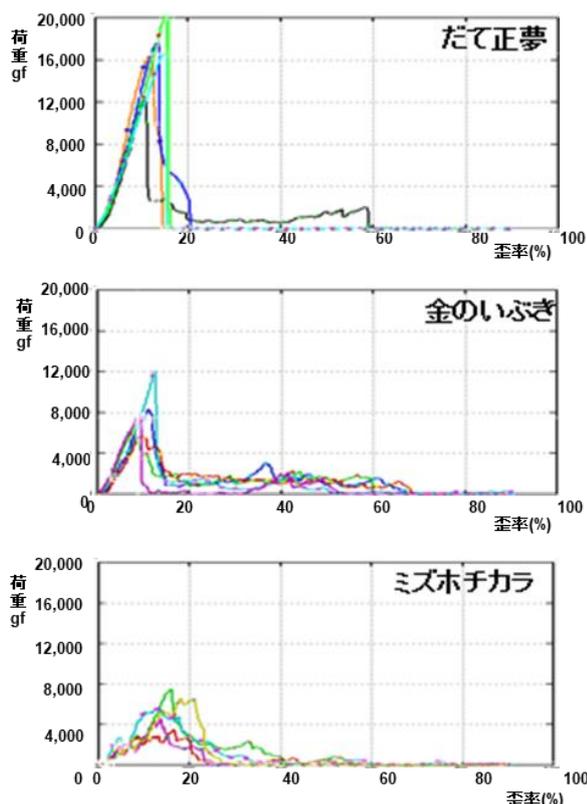


図6 クッキーの破断試験(5回測定)

性にはパウンドケーキと同じく澱粉損傷度と玄米の油脂が影響したと考えられた。

3.2 キャベツのザワークラウトの検討

3.2.1 キャベツの洗浄方法の検討

キャベツの洗浄方法は、流水3回洗いに加え次亜塩素酸ナトリウム浸漬を行うことで一般生菌数が2桁減ったが、乳酸菌数はいずれも300個/g以下だった(表4)。洗浄方法によりザワークラウトの発酵経過、風味に差はみられなかったが、乳酸菌無添加で試作したため、7日目で降の食感、色が悪く、好ましくないにおいもあった。

表4 洗浄方法と菌数

	一般生菌数[個/g]	乳酸菌数
水洗のみ	1.2×10^5	300個/g以下
水洗+次亜塩素酸Na	2.3×10^3	300個/g以下

3.2.2 乳酸菌添加と発酵温度

恒温機を使わずに製造することを想定し、20℃区に加え室温区を設けた。温度経過を計測し平均気温を求めたところ13.2℃だった(11月下旬実施)。

乳酸菌を添加しなかった20℃区では4日目にpH4以下となったが、室温に置いた区はpHの低下が遅く、7日目以降もpH4以下にはならなかった。どちらも酸味が弱く乳酸菌添加区とは異なるにおいがあった。安定生産には乳酸菌の添加が望ましいと思われた。

乳酸菌を添加した20℃区がpH4以下になったのは2日目だったが、室温区では3日目とやや遅くなった(図7)。一般的には、温度が高い方が発酵は短期間で終わるが風味が乏しく、16~20℃で少なくとも20日間の発酵期間が必要と言われており⁹⁾、発酵温度・発酵期間と風味の関係は、さらに検討が必要である。

表5 試作に用いた乳酸菌培養液の菌数

	乳酸菌数[個/ml]
<i>L.sakei</i>	4.6×10^7
<i>L.plantarum</i> ①	2.7×10^8
<i>L.lactis</i>	1.8×10^7
<i>L.plantarum</i> ②	4.9×10^8

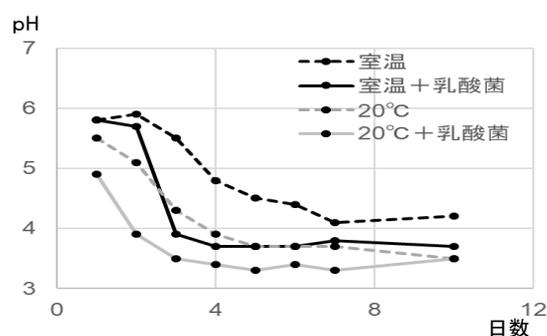


図7 発酵温度とpHの推移

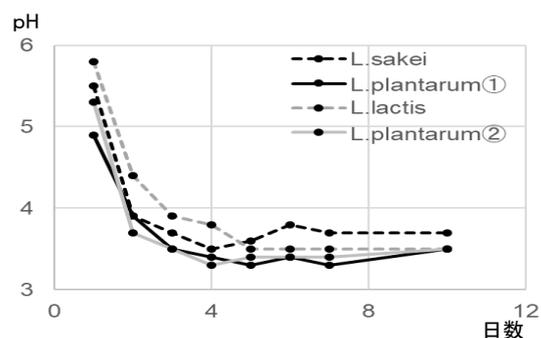


図8 乳酸菌の種類とpHの推移(20℃)

3.2.3 乳酸菌の種類

供試した乳酸菌培養液の乳酸菌数は $10^7 \sim 10^8$ 個/mlだった(表5)。ザワークラウト発酵中のpH経過に多少の違いはあったが、どの乳酸菌もpH4以下となった(図8)。官能試験では(データ未掲載)、同程度のpHでも*L.plantarum*は他に比べ酸味が強く感じられた。また、発酵初期はキャベツの食感・色調が残り浅漬け風の製品が得られることがわかった。

4 結言

宮城県産の米品種の米粉の加工特性の調査と、キャベツの乳酸発酵食品ザワークラウトを試作し、製造条件の確認を行った。

- (1) 宮城県で育成された水稻品種5種「だて正夢」、「金のいぶき」、「ひとめぼれ」、「ササニシキ」、「さち未来」を乾式気流粉碎機で粉碎した米粉と、対照として市販米粉3種類の性状を調査した。県産品種の米粉の澱粉損傷度は6.2~7.4%であったが、市販米粉の澱粉損傷度は2.3~2.8%と低かった。平均粒径は市販米粉と同程度だった。
- (2) ホームベーカリーを使い、グルテンを加えた米粉パンを試作した。県産品種を使ったパンの比容積は、アミロース含有量が多い「さち未来」が大きく、低アミロース米の「だて正夢」、「金のいぶき」が小さかった。市販米粉の比容積は県産品種より大きく、粉碎方法に起因する澱粉損傷度の低さによると考えられた。
- (3) 米粉のパウンドケーキの破断応力は、市販米粉に比べ県産品種の米粉が高かったが、「さち未来」と「金のいぶき」は市販米粉と同程度に低く、特に「金のいぶき」は測定3日目でも応力の上昇は小さかった。今回の製造条件において、パウンドケーキの破断応力には澱粉損傷度と玄米に多く含まれる油脂の影響が大きいと考えられた。
- (4) ほろほろと崩れるような食感の米粉クッキーを試作した。破断応力は、県産4品種は市販米粉に比べ硬く割れる傾向がみられ、「金のいぶき」のみ対照の市販米粉と同様にくずれるような食感を示した。物性にはパウンドケーキと同じく、澱粉損傷度と玄米の油脂が影響すると考えられた。
- (5) 県産キャベツと県内で採取された乳酸菌を用いてザワークラウトを試作した。11月の室温(平均13.2℃)においても製造は可能だったが、20℃に比べpHの低下が遅れた。また、乳酸菌を添加しなかった区で

は食感、色、におい等に問題が発生する場合もあり、安定した品質には乳酸菌の添加が必要と考えられた。また、乳酸菌の種類、培養温度、培養期間などの条件と風味、食感の傾向を把握できた。

謝辞

本研究を進めるにあたり、古川農業試験場作物育種部の町直樹副主任研究員にアミロース測定について御協力を頂きました。また、(株)ウジェクリーンサービス 菅原亜希子様から「さち未来」をご提供頂きました。この場を借りて深く感謝申し上げます。

参考文献, 引用URL

- 1) 農林水産省. 米粉をめぐる状況について. 2020-02. <https://www.maff.go.jp/j/seisan/keikaku/komeko/attach/pdf/index-156.pdf>(参照2020-05-24)
- 2) “青天のシヨコラ・青天のフィナンシェ・青天のフィナンシェ(抹茶)”. あおもり産品情報サイト(2017年5月). <https://www.umai-aomori.jp/201705/718.html>(参照2020-05-24)
- 3) 宮城県. 平成30年度稲作推進の基本方針, 平成30年度稲作指導指針(2018), p1
- 4) 玉川英幸, 小川則義. 乳酸菌スターターを用いたザワークラウトの開発. *New Food Industry*. 2017, 59(11), p1~10
- 5) 株式会社日本政策金融公庫. 消費者動向調査「食の志向」. 2017, p1~8
- 6) “米粉の用途別基準・用途表記”. 日本米粉協会. <http://www.komeko.org/standard/>(参照2020-5-24)
- 7) 高野博幸, 豊島英親, 渡辺敦夫, 小柳妙, 田中康夫. 生米粉の性状がレオロジー特性および製パン特性に及ぼす影響. *食総研報*. 1986, 48, p43-51
- 8) 高橋誠, 本間紀之, 諸橋敬子, 中村幸一, 鈴木保宏. 米の品種特性が米粉パン品質に及ぼす影響. *食科工*. 2009, 56, p394-402
- 9) 小川敏男著(1988). 「漬物製造学」, 光琳, 東京