

健康志向のパン製造技術の開発

研究担当者：山梨県産業技術センター ○樋口かよ・橋本卓也・長沼孝多（食品酒類・バイオ科）・芦澤里樹（化学・燃料電池科）
有泉直子（食品酒類・研磨宝飾技術部）

助言者：山梨大学 望月和樹教授 山梨県パン協同組合

1. 背景と目的

- 背景** ●山梨県産小麦収穫量は、R4年度では、263t（平成27年度比153%）
●特に、製パン適性のある「ゆめかおり」のシェアが72%
●健康志向を背景に、小麦ふすま（図1）の需要が高まる一方で、小麦ふすまを配合したパンは独特の風味がありふくらみが悪いという課題

- 目的** ●ふすま独特の風味とふくらみを改善した「健康志向に配慮したふすま配合パン」を開発するため、従来からの研究により、パンの風味改良に期待できると推測したセルロースナノファイバー（CNF）や環状オリゴ糖を添加し、パンの評価を行った。

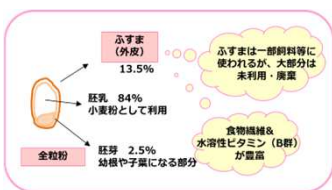


図1 小麦原麦の構造

2. 方法

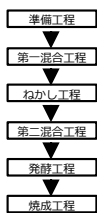
(1) 製パン試験と評価

製パン試験 パンの試験製造は、表1の基本配合にしたがって、ふすま添加割合を対粉10～35%の5試験区になるよう調整して行った。自動製パン機（SD-MDX102, パナソニック(株)製）を用い、「食パンモード」で焼成（図2）を行った。

ふすま添加割合	10%	20%	25%	30%	35%
小麦粉	227g	208g	200g	192g	185g
ふすま	23g	42g	50g	58g	65g
グラニュー糖	17g (6.8%)				
脱脂粉乳	6g (2.4%)				
食塩	3.5g (1.4%)				
ショートニング	10g (4%)				
ドライイースト	2.8g (1.12%)				
水または添加物	200g				



図2 製パン試験の工程



膨らみの評価 菜種置換法による比容積および標準型ノギスによる高さ測定を行い、総合的な膨らみを評価した。

かたさの評価 クリープメーター（RE2-3305C, (株)山電製）による測定を行った。
●条件：歪率80%、くさび形プランジャー（No.49）
ロードセル200Nアンブ倍率10%、格納ピッチ0.1sec
●試料調製：厚さ6枚切りのパン切りガイドを使用（約1.7～2.3cm）横4cm、縦3cm、測定時高さ測定あり

色の評価 測色計（CM-5, コニカミノルタ(株)製）により、パンの内相を測定した。
●条件：測定径30mm、視野10°、D65、SCE、反射

(2) 添加物を使用した製パン試験

- ふすま独特の風味を抑制できるか検討するため、ふすま添加割合20%、添加物をI～Vとし、図2と同様の工程で焼成した。
- 添加物の濃度は、対粉約0.3%になるよう調整した。（IとIIのCNF固形分は約2%、III、IVのCNF固形分は約1%）
- 添加物は、I～IVがCNF、Vが環状オリゴ糖（β-シクロデキストリン, 富士フィルム和光純薬(株)製）とした。

表2 添加物の種類と添加量

対照	無添加（水）	添加物量（g）	水（g）
I	CMC (BiNFis-s Tfo-10002, (株)スギノマシン製)	34	166
II	セルロース (BiNFis-s Wfo-10002, (株)スギノマシン製)	34	166
III	小麦ふすまから試作したCNF(自製)	68	132
IV	ブドウから試作したCNF(自製)	68	132
V	1%環状オリゴ糖	68	132

香りの評価方法

焼成した6種類のパンについて、フラッシュGCノーズHeracles NEO（アルファ・モス・ジャパン株式会社）を使用して測定し、香りの主成分分析を行った。

- フラッシュGC本体：Heracles NEO
カラム1：MXT-5（無極性）, 10m, 180μm ID, 0.4 μm
カラム2：MXT-WAX（有極性）, 10m, 180μm ID, 0.4 μm
PALS RSE（ヘッドスペース）
ソフトウェア：AlphaSoft V2021/AroChemBase V2021
水素・ゼロエア

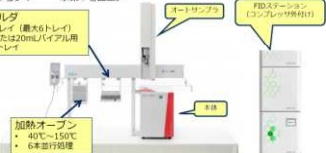


図3 香りの測定

(3) ふくらみの検討～泡立ての効果～

- 表2のIのCNF分散液について、攪拌の有無によって製パン性が異なるか検討した。電動ハンドミキサー（HM-006, (株)ヒコ・コーポレーション製）を用いて、強さ3～4設定で1分間攪拌し粘度はB形粘度計（TVB-10M型, 東機産業(株)製, ロータTHM-12, 25℃, 6rpm）で測定した。



図4 泡立てなし
粘度：4,100mPa・s



図5 泡立てあり
粘度：3,200mPa・s

- ふすま添加割合20%、表2のIの添加物を、無添加（CNFなし）、CNF泡立てなし（図4）CNF泡立てあり（図5）の3種類として、図2の工程で焼成した。

3. 結果および考察

(1) ふすま添加割合の違いによる製パン性

- ふすま添加割合の違いによる製パン試験結果を表3に示した。ふすまの添加割合20%を超えると、比容積および高さの評価が低くなった。
- ふすま添加割合が増加すると、パンの内相の色は暗くなり、かたくなる傾向がみられた。

表3 ふすま添加割合の違いによる製パン試験結果

	10%	20%	25%	30%	35%
比容積 (cm ³ /g)	3.5±0.1	3.3±0.0	3.0±0.1	2.7±0.0	2.5±0.1
高さ (cm)	14.4±0.2	13.1±0.5	11.9±0.5	11.6±0.4	10.2±0.2
色 (L*)	65.6±1.2	56.0±0.3	54.5±0.4	51.8±1.3	49.0±1.1
色 (a*)	5.4±0.1	7.6±0.1	8.3±0.1	9.0±0.2	9.3±0.2
かたさ (最大荷重, N)	3.6±0.4	4.6±0.1	4.9±0.1	5.4±0.1	7.0±0.6

N=3, ±標準偏差

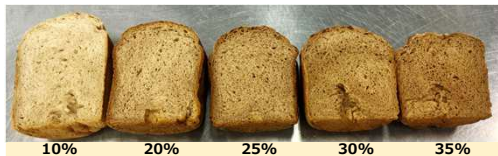


図6 試験製造したふすま添加割合の異なるパンの外観

結論

- ふすま添加割合（対粉）は、20%を超えると、パンとしての評価が低くなるのがわかった。
- ふすま添加割合が増加すると、比容積および高さは低くなり、色が暗く、かたくなるのがわかった。

(2) 添加物を使用した製パン試験と香りの評価

- 無添加（水）とI～Vの添加物を加えて焼成したパンの香りについて主成分分析を行った結果、無添加とI～IVのCNFを使用したパンでは、対極に位置し、明確な違いが見られた（図7）。
- においなしの対照試料（空容器）では、グラフの右にプロットされていたため、グラフの左に位置するほど、ふすま臭が強いことがわかった。すなわち、水とほぼ対称に位置したIとIIIで、特にふすま臭抑制効果が高いことが示唆された。
- CNFの吸着については、製品説明書によると、表2のIで平均繊維径10 nm、IIで10～50 nmと示されていた。IのほうがIIと比較して繊維径が細く、においを吸着できる面積が広がったため、ふすま臭抑制効果が高かったと推察された。

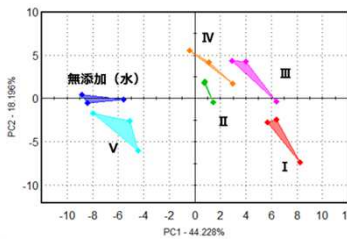


図7 香りの主成分分析結果

結論

- ふすまを使用したパンの製造において、CNFを添加することが、ふすま臭の低減に効果的であることがわかった。

(3) 泡立ての効果によるふくらみの検討

- 泡立てなしと比較して、泡立てたCNFを使用して製パン試験を行ったほうが、比容積および高さの評価が高く、ふくらみが良い結果となった（表4）。
- 色については、泡立てで粘度を低くしたCNFを使用することにより、L*値のぼらつきが少なくなり、内相の色むらが緩和されることがわかった。したがって、泡立てにより、ミキシング時の分散性が向上すると考えられた（表4）。
- 一方で、製パン試験時にCNFを使用すると、パン生地がかたくなる傾向が見られた。しかし、泡立てたCNFを使用すると、CNFなしと同程度のかたさになることがわかった（表4）。
- 研究担当者が焼成後の香りを評価した結果、7人中5人で泡立てありのほうが、ふすま臭が抑制されていることが確認された。

表4 CNFの添加および泡立ての有無による製パン性

	無添加	CNF泡立てなし	CNF泡立てあり
比容積 (cm ³ /g)	3.2±0.0	3.1±0.1	3.2±0.0
高さ (cm)	12.4±0.1	12.5±0.1	12.8±0.1
色 (L*)	56.2±1.0	52.1±2.6	56.6±0.1
色 (a*)	7.7±0.2	8.0±0.2	8.0±0.1
かたさ (最大荷重, N)	4.6±0.1	6.0±0.2	5.0±0.1

※比容積・高さ：N=2, ±標準偏差

※色・かたさ：N=3, ±標準偏差

結論

- CNFを泡立てた後製パン試験を行うことにより、ふくらみ、内相、かたさの評価が高くなり、ふすま臭抑制効果も高くなることから、CNFを泡立てた後使用することにより、製パン性が向上することがわかった。

一部、特許出願済みの内容を含みます。
発明の名称「パンの製造方法、生地の製造方法、小麦粉焼成物の製造方法およびパン」
出願番号：2023-042428、出願日：2023年3月16日