

製パン性に及ぼす食物繊維グルコマンナンの影響

石井 智恵美*¹⁾・中林 みどり*²⁾

Effect of Dietary Fiber, Glucomannan, on Bread Making

Chiemi Ishii, Midori Nakabayashi

1. 緒言

食物繊維をパンに添加すること，すなわち繊維パンの製造に関する研究は1970年代の後半から見られるが，食物繊維の多くは長い間天然物として取り扱われており，それらが食品添加物として厚生省の既存添加物名簿に収録されたのは1996年であった．そのためか，これまでになされた繊維パンの研究では食物繊維を食品の延長として取り扱っているものが多く，従ってパンに対する添加の形態も小麦ふすま^{1) 6)}，ビール粕^{1) 6)}，ごぼう残渣²⁾，ココナッツ残渣³⁾，こんにゃく粉⁴⁾，とうもろこし外皮⁵⁾，大豆素材^{5) 10)}，えん麦の殻⁵⁾などであり，精製されたものとしては粉末セルロース²⁾，微結晶セルロース⁶⁾，ごぼうより得たホロセルロース⁴⁾などが見られるのみであった．

グルコマンナン⁷⁻⁹⁾はこんにゃくの主成分として知られている水溶性食物繊維であり，グルコースとマンノースが1:1.6の割合で β -1,4結合により結合している多糖であ

る．これは人の消化酵素では分解されないが，既報¹¹⁾で用いたカラギーナンと異なり大腸において腸内微生物により一部が短鎖脂肪酸となり人が利用できる形となる．しかしその量は極微量であり無視できるとされている．また，水溶性食物繊維であるグルコマンナンは糖尿病や血清コレステロール上昇抑制に対して有効であるが，グルコマンナンを水に溶かし凝固剤を加えて食用こんにゃく，すなわち不溶性食物繊維に変えると上記の効果は減少すると報告されている．

Nagai⁴⁾らによってパン生地こんにゃく粉を加えた時の吸水量の変化は既に報告されているが，本報ではカラギーナンを用いて行った既報¹¹⁾と同じ方法を用いて水溶性食物繊維であるグルコマンナンの製パン性に及ぼす影響を検討した．

2. 実験方法

1) パンの調製

材料の基本配合，添加物の配合，製パン法は既報¹¹⁾に示した．本報では添加物としての食物繊維はコンニャクイモより調製したグルコマンナン（和光純業工業：Glucoman-

*1) いしい ちえみ 文教大学教育学部

*2) なかばやし みどり 文教大学教育学部

nan, from Konjac) を用いた。その添加率は既報¹¹⁾と同様、0, 1, 3, 5%とした。

2) 測定方法

膨化率、硬さ、色差の測定、色名の判定、白度の測定、官能評価の方法は既報¹¹⁾に示した。

3. 結果

3-1) グルコマンナンの添加による膨化率の変化

グルコマンナンの添加率を変えることにより膨化率がどのように変化するかを表1に示した。スタンダード (A) と比較するとグルコマンナン 1%添加 (B) はその体積が5.2%減少、3%添加 (C) は23.5%減少、5%添加 (D) は42.7%減少となり、グルコマンナンの添加率が多くなるほど焼成後のパンの体積は小さくなった。この膨化率の変化はカラギーナンを添加したときの変化とほぼ同じ値を示した。このことはグルコマンナンをパンのドウの材料に添加することにより、カラギーナンを添加したときと同様に、ドウの内部に形成される網目状組織がより密に、より強固になったと考えられる。また、グルコマンナンが吸水膨潤することにより、パン製造に本来必要な水分が奪われ、材料全体に

対する水分量が不足したことも原因の一つと考えられる。

3-2) グルコマンナンの添加によるパン組織の硬さの変化

グルコマンナンを添加することによってパンの組織の硬さがどのように変化するかを観察した。値は面積0.5cm²のプランジャーがパンの中心部より得た縦・横2cmの切片の中心を厚さ3mmに圧縮するに要する力 (荷重) で示した。グルコマンナン添加量が1%と3%の時、パンの硬さはそれぞれ0.96倍、1.40倍となるが、カラギーナン添加の場合と同様にそれほど大きな変化は認められない。5%添加となるとその値は3.03倍となり硬さが急激に増す。しかしながら、カラギーナン5%添加製品の硬さは無添加製品の4.04倍であり、グルコマンナンを添加した製品の方がカラギーナンを添加した製品より軟らかい焼き上がりとなった。グルコマンナンは水との親和性が強く、保水性が高いという特性⁷⁾を持ち、その水溶液の粘度は天然の高分子多糖類中最も高い。従ってグルコマンナンはドウ形成時に自身が吸収した水分をパン焼成時にカラギーナンほど失わないのではないかと考えられる。

表1. グルコマンナンの添加による膨化率の変化

	焼成前重量 (g)	焼成後体積 (ml)	膨化率 (%)
A	531.8	2110	396.8
B	534.6	2010	376.0
C	540.2	1640	303.6
D	545.8	1240	227.2

表2. グルコマンナンの添加による硬さの変化

	GM量 (g)	水分量 (ml)	硬さ (g)
A	0	210	118.00 (100.0)
B	2.8	210	113.46 (110.0)
C	8.4	210	165.15 (146.1)
D	14.0	210	357.67 (403.8)

() : Aの値を100としたときの相対的な値

GM: グルコマンナン

表3. 焼き色に対するグルコマンナンの影響（側面）：UCS表色系

	L	a	b	ΔE	感覚的な差
A	47.68	11.58	18.33	-	—
B	46.22	13.47	17.68	2.48	感知せられる程に
C	40.82	14.70	15.86	7.93	大いに
D	42.13	12.75	14.87	6.64	大いに

表4. 焼き色に対するグルコマンナンの影響（上面）：UCS表色系

	L	a	b	ΔE	感覚的な差
A	32.48	9.26	9.90	—	—
B	35.37	12.94	11.63	4.99	めだつほどに
C	33.69	13.28	10.56	4.25	めだつほどに
D	46.48	13.86	16.92	16.32	多大に

3-3) 焼き色に対するグルコマンナンの影響

パンの焼き色に対するグルコマンナンの影響を観察するために、既報と同様にパンの表皮（側面，上面）の色の色差を求めた。Lは明度を表しaとbは色味を表すが、aは+側で赤の度合いを、bは+側で黄の度合いを示す。先ず側面の色を見てみると、表3から分かるようにスタンダードAと比べてグルコマンナンを加えたものではb値が減少し、a値が上昇する傾向にある。これは黄色の度合いが減少し赤の度合いが上昇することを示しており、グルコマンナンを添加したパンの焼き色が赤味を帯びる。すなわち、パンの表皮の焦げ色がいくぶん濃くなるのが分かる。またL値をみてみると、AよりB、C、Dの方が数値が小さく、グルコマンナンを添加したものの表皮（側面）の色の明るさが低下したことが分かる。感覚的な差も、Aとの比較では「感知せられる程に」から「大いに」の範囲にある。

これらの結果はグルコマンナンを添加したものとしめないものとの膨化率の違いにより得られたとも考えられるが、カラギーナンを添加した場合はほぼ同様の膨化率を示したものの側面の表皮の色の色差に添加・無添加の顕著な差が認められなかったことを考えあわせると、グルコマンナンそのものが表皮の色に何らかの影響を与えていると考えられる。上面の色（表4）をみてみると、その影響はより明確となる。グルコマンナンを添加したものの上面の色の色差はL、a、b値共に上昇した。これは赤、黄の度合いが共に上昇し、色の明度も増すことを示している。また色差も「めだつほどに」から「多大に」の範囲となり、上面の焼き色がグルコマンナンを加えることによって大きく変化することが分かる。カラギーナンを加えた場合も、上面の焼き色に変化は認められるがグルコマンナンほど顕著ではなかった。ちなみにカラギーナンの場合（上

表5. 内相の色に対するグルコマンナンの影響：CIE表色系

	X	Y	Z	x	y	白度	色名
A	47.06	48.51	42.83	0.3400	0.3505	36.297	無彩色
B	48.60	49.30	44.51	0.3413	0.3462	37.720	ICE
C	48.71	49.93	42.92	0.3441	0.3527	39.051	illuminant
D	54.58	55.73	47.43	0.3460	0.3533	40.195	"C"

表6. 水分添加量の増加が膨化率に与える影響

	水分添加量(ml)	焼成前重量(g)	焼成後体積(ml)	膨化率(%)
D	210	545.8	1240	227.2
E	238(+28)	573.8	1555	271.0
F	266(+56)	601.8	1855	308.2
G	294(+84)	629.8	1868	296.6

面), 1%添加製品の色差は0.81で「わずかに」であるが, 5%添加製品では13.29であり「多大に」であった。

グルコマンナンを添加したものとカラギナンを添加したものの焼き色の違いは, この結果からも膨化率というよりはグルコマンナンそのものの及ぼす何らかの影響によるものと考えられる。そこでグルコマンナンの添加がパンの内相の色に変化を与えるかどうかを検討した(表5)。色度xとyの値をCIE色度図の座標上にプロットして色名の判定を行った結果, カラギナン添加製品の場合と同様に総て無彩色の領域に分類されたため, 更にハンター白度を求めて内相の「白さ」の比較を行った。その結果, グルコマンナンの添加量が多くなるほど白度の値は高くなり, 白さの明るさが増すことが分かった。これはわずかに黄色味を帯びた小麦粉に白いグルコマンナンの粉末を添加するため, グルコマンナン

の添加量が多くなると白さが増すのではないかと考えられる。

3-4) 水分添加量の増加が膨化率に与える影響

3-1~3)の検討はパン製造の基本配合にグルコマンナンを追加して添加したものである。グルコマンナンはカラギナン同様1g当たり約10gの水を吸収し膨潤してゲル化する性質がある。従ってグルコマンナンを添加した場合, パン製造時の水分量の増減は製品の品質に影響を及ぼすのではないかと考えられる。そこでグルコマンナン5%添加(D)の配合を基本として水分添加率を変化させて膨化率を測定した。D, E, F, Gにはグルコマンナンを14.0g添加してあるが, Dにはグルコマンナンの吸水膨潤を考慮した水分は加えていない。そのため本来パン製造に必要な水分をグルコマンナンに奪われるばかりでな

表7. 水分添加量の増加が硬さに与える影響

	GM量(g)	水分量(ml)	硬 さ
D	14.0	210	357.67 (303.11)
E	14.0	238 (+28)	287.05 (243.26)
F	14.0	266 (+56)	151.42 (128.32)
G	14.0	294 (+84)	140.01 (118.65)

() : Aの値を100とした時の相対的な値

表8. 水分添加量の増加が焼き色に与える影響(側面) : UCS表色系

	L	a	b	ΔE	感覚的な差 (Standard : A)
D	42.13	12.75	14.87	6.64	大いに
E	47.37	14.48	18.27	2.92	感知せられる程に
F	49.31	13.83	19.24	2.92	感知せられる程に
G	49.88	13.41	19.45	3.07	めだつほどに

く、グルコマンナンも充分に吸水膨潤しているとは考えにくい。E, F, Gにはそれぞれ14gのグルコマンナンの最大吸収量(1400g)の20, 40, 60%の水を基本の水分量に対して上乗せして加えた。これらの検討の結果、表6に示す様に水分添加量を多くするとカラギーナン同様膨化率がいくぶん回復する傾向が認められた。回復の度合もカラギーナンの場合とほぼ同じであり、GよりもFで回復率が高いのも同じであった。従って本条件下でのグルコマンナンの吸水量は自身の最大吸水量の約40%と考えれば良いことが分かった。

3-5) 水分添加量の増加が硬さに与える影響

グルコマンナンの吸水膨潤を考慮して添加する水分量を変化させてパンの硬さを観察し、カラギーナンと比較した。その結果(表7)、グルコマンナン添加製品では水分添加量が増加するに従って明らかに硬さが低下し

ていき、Aに近い値にまで軟らかさが回復した。カラギーナンを添加したものの場合は、加える水分量を多くしてもわずかに軟らかさが回復した程度にとどまったことと比べると大きな違いが得られた。また3-4)における膨化率の回復の検討から、グルコマンナンで得られた回復率とカラギーナンで得られた回復率とがほぼ同じだったことを考えあわせると、この軟らかさの回復は水との親和性、保水性が高く、天然の高分子多糖類中最も粘度が高いというグルコマンナンの特性に由来すると考えられる。しかし、Dの材料に配合する水分量を増加させたことでE, F, Gの製品に軟らかさの回復が見られたことを単純に製品の質的向上と認めて良いかどうかの判断は難しい。その詳細は官能検査の項目で述べる。

表9. 水分添加量の増加が焼き色に与える影響(上面) : UCS表色系

	L	a	b	ΔE	感覚的な差
D	46.48	13.86	16.92	16.32	多大に
E	38.83	14.22	13.52	8.83	大いに
F	32.00	12.36	9.37	3.15	めだつほどに
G	35.13	12.25	11.81	4.43	めだつほどに

表10. 水分添加量の増加が内相に与える影響 : CIE表色系

	X	Y	Z	x	y	白度	色名
D	54.58	55.73	47.43	0.3460	0.3533	40.195	無彩色
E	54.72	55.26	47.79	0.3468	0.3503	40.500	ICE
F	50.97	51.79	47.15	0.3455	0.3400	39.958	illuminant
G	50.80	51.73	47.35	0.3451	0.3389	40.127	"C"

3-6) 水分添加量の増加が焼き色に与える影響

水分添加量の増加がパンの焼き色に与える影響を観察した。色差は既報と同様にAを基準にして算出した。パンの側面の表皮の色は、表8に示す様に添加した水分量が増えるに従って明度が上昇してAに近い値となっていることが分かる。色は赤味に関しては明確ではないが、黄味は明らかに増しており、これもAに近い値となった。その結果、水分添加量が多くなると色差が小さくなり、感覚的な差も「大いに」から「感知せられる程に」と「目立つほどに」の境界付近となった。カラギーナンを添加したパンの側面の色はL, a, bの数値だけを比較すればD~Gでグルコマンナンの結果と似た傾向を示したが、A~Dにおいてグルコマンナン添加製品とは異なり変化がほとんどないので結果としてAと比べて

D~Gの色差が大きくなった。

パンの上面の表皮の色は(表9)添加した水分量が増えるに従ってL値が小さくなり明度が低下し、Aに近い値となった。a値はいくぶん小さくなり赤味が低下しA値にわずかばかりではあるが近づく。b値は明らかに小さくなり黄味が低下しA値に近づく。色差も水分添加量が多くなると小さくなる傾向が認められ感覚的な差は「多大に」から「目立つほどに」に変化した。この結果はカラギーナン添加パンと同じような傾向を示した。

水分添加量の増加がパンの内相の色に影響を与えるかどうかを検討した。表10に示す様にパンの内相の色は総て無彩色の領域に分類された。ハンター白度による比較ではD~Gともに大きな変化はなく、どれもスタンダードのAよりも白度の数値が高く、白さに明るさがあった。カラギーナンを添加した場合は

表11. 官能検査結果 (検査1)

	みため	香り	味	食感
A	0.65	0.55	0.15	1.00
B	0.53	0.45	0.85	0.53
C	0.70	-0.10	0.20	0.08
D	0.65	-0.10	0.10	-0.16

表12. 官能検査結果 (検査2)

	みため	香り	味	食感
D	1.00	0.65	0.25	0.15
E	0.95	0.35	0.95	0.65
F	0.55	0.25	0.65	0.85
G	-0.15	0.00	0.35	-0.15

水分添加量が増えると白度が低下したことを考えると両者の膨潤時の色がパンの内相の色に影響を与えていることも考えられる。

3-7) パンの内部組織の観察

パンの内部組織のきめは均一なものが良いとされている。そこでグルコマンナンを加えることによってパンの内部組織にどのような変化が生じるかを検討するために組織の写真を撮り、それを用いて状態の比較を行った。グルコマンナンの添加量を変えたA~Dを比較すると、Aのグルコマンナン無添加製品と比べてB、C、Dはグルコマンナンの添加量が増加するに従って組織のきめがより細くなり、カラギーナン添加の場合と同様に膨化しなくなることが分かる。また、すだちはグルコマンナンの添加量が多くなるほど細くなり、組織の目がつまってくるので硬そうな様子が見て取れる。水分添加量を変えたD~Gを比較すると、Dの組織は硬そうであるが、水分添加量が増すに従ってすだちの目が大きくなっていくことが分かる。また見た目にもDよりはGの方がふんわりと軟らかくそうに見える。これはDで57.26%にまで低下した膨化率がグルコマンナンの膨潤に充分な水分を得ることで75%前後にまで回復したためであると考えられる。

3-8) 官能検査による質的評価

既報¹¹⁾に従い特定のパネリスト20名により、既報で使用したのと同じ評価シートを用いてA~DとD~Gとに分けて2回にわたって官能検査を実施した。方法は5段階評価尺度法を用い、大変良いを+2、良いを+1、普通を0、やや悪いを-1、悪いを-2と点数化して集計した。結果を表11と12に示した。A~Dの検討では総合的に見るとBはAと比べてほとんど遜色なく、Aと比べて食感が劣るとはいえ味はAよりも良いという評価を受けた。見た目ではC、Dはグルコマンナンの添加量が増えるため膨化率は低下するが、内相のきめがより細かく、より均一となるためか見た目の良い評価を得た。Bに関しては表2からも分かるようにAよりも軟らかい製品となるために切り分けることが困難であり、そのために見た目の評価が低下したと考えられる。香りについてはAが一番パンらしい香りがすると評価された。BはAと比べると多少評価は劣った。C、Dに関しては著しく評価が低下したが、これは食欲をそそるパンらしい香りが感じられないという理由からであり、特に嫌な臭いがする訳ではなく、無臭ということに対する評価であった。味はBが一番良い評価を得た。理由はクラスト(表皮)がサクサクとして香ばしく、クラム(内相)は軟らかく弾力もあってとてもおいしいとい

うものであった。C, Dに関してはAの評価と大差なかったため、グルコマンナンの添加がパンの味に特にマイナスの影響を与えることはなかったと考えられる。食感に関してはグルコマンナンを加えれば加えるほど膨化率が低下して膨らまなくなるので、それに従って評価も低下していった。グルコマンナンを5%添加したDのパンが一番評価が低かったが、ただ硬いというのではなくモチモチとして弾力があると感じたパネリストが多かった。ただマイナスの評価とはいえ0に近い値なので、評価としては普通の範囲と考えられ、またこのモチモチとした食感が好きだと答えたパネリストもいた。これらの結果からグルコマンナンの1~5%までの添加において著しい質的低下はなかったと考えても良いようである。

D~Gの検討では総合的に見て、Eのパンが良い評価を得た。見た目はすだちが細かく均一なDが良い評価を得た。水分添加量が増えるに従ってパンのすだちのきめが荒く大きくなっていくので、内相は軟らかさうには見えるようであるが、しだいに不均一さが目立つようになり評価が低下していった。Gのパンは水を84mlも追加して加えるため、見るからにしめった感じがして一番評価が低かった。香りに関しては水分添加率が増えるとパンらしい香りがなくなると答えたパネリストが多く、水分量が増えるに従って評価も低下した。しかしGにおいてもポイントは0.00(普通)であり悪い評価を得ていない。食感ではEよりFの方が良い評価を受けたにも関わらず、水分量が多くなると味が希薄となりあまりパンらしい味を感じなくなるためか、味ではEが良い評価を受けた。これは程良い加水によって製品に軟らかさが戻ったことと、20%の加水では味の消失感があまりなかったのではないかと考えられる。

カラギーナンを添加した時と同様に、6

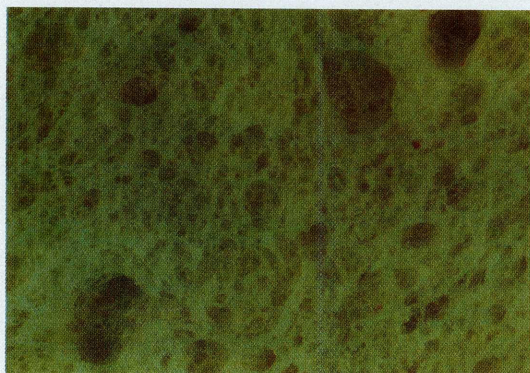
枚切りのパン1枚あたりに約3.6gのグルコマンナンが含まれている。Dの場合で見ると、官能検査1のDの値はみため、香り、味、食感がそれぞれ0.65, -0.10, 0.10, -0.16, であるが、官能検査2のDの場合は1.00, 0.65, 0.25, 0.15となり、同じものであるにも関わらず検査2で評価が高くなっている。これはカラギーナンを添加した時の評価に見られたように、単独で食べたら特に問題ない品質が維持できたと考えられる。

4. 要約

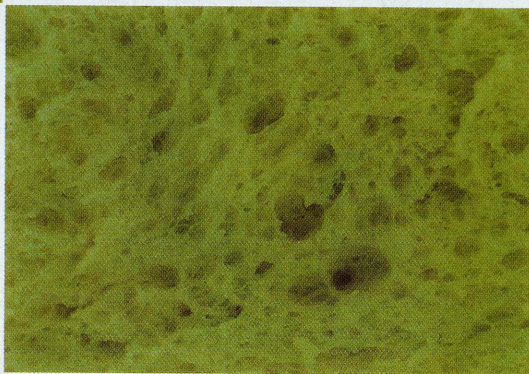
食パンにグルコマンナンを添加してその品質を検討し、以下の結果を得た。①膨化率はグルコマンナンの添加量が増加するにつれて低下する。②硬さはグルコマンナンの添加量が増加するにつれて硬くなる。③Dに対してグルコマンナンの最大吸水量の20~60%の範囲で水分を増加させると膨化率はある程度回復した。硬さはF, GでAに匹敵する軟らかさに回復した。これがグルコマンナンを添加した場合とカラギーナンを添加した場合の一番大きな違いであった。④色については表皮、内相ともA~Gで、またカラギーナンとの比較でも多少の色の違い、傾向の違いはあるものの、目で見た感じに大きな違いは認められなかった。⑤官能検査の結果では、おいしくないと答えた人はほとんどいなかった。集計した値も悪くて-0.16であり、品質として「普通」の領域に入るものと考えられる。

文献

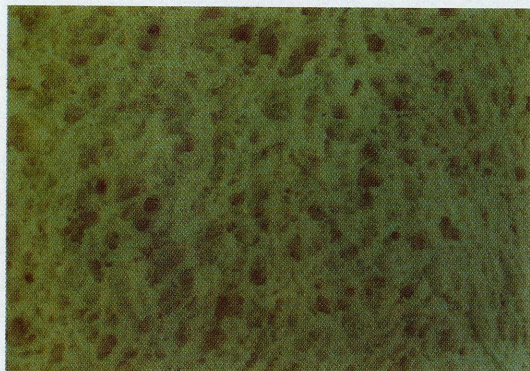
- 1) Pomeranz, Y., et. al : Baker's Digest, **50** (6) , 35 (1976)
- 2) 田中康夫他：食物繊維（印南敏，桐山修八編），第一出版（1989）
- 3) Khan, M., et. al : Baker's Digest, **50** (4) , 19 (1976)
- 4) Nagai, T., et. al : Cereal Chem., **57** (5) , 307 (1980)
- 5) Pomeranz, Y., et. al : Cereal Chem., **54** (1) , 25 (1977)
- 6) Satin, M., et. al : Cereal Foods World, **23** (11) , 676 (1978)
- 7) 川村信一郎：食工誌，**25**, 402 (1978)
- 8) Kiriyaama, S., et. al : Agr. Biol. Chem., **34**, 641 (1970)
- 9) 辻啓介他：栄養学雑誌，**31**, 152 (1973)
- 10) 大羽他：日本家政学会誌，**47** (1) , 21 (1996)
- 11) 石井智恵美，中林みどり：文教大学教育 学部紀要，**25**, 406 (1998)



A : スタンダード



B : カラギーナン 1%添加



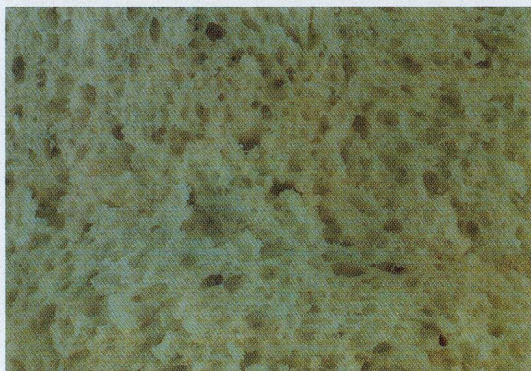
C : カラギーナン 3%添加



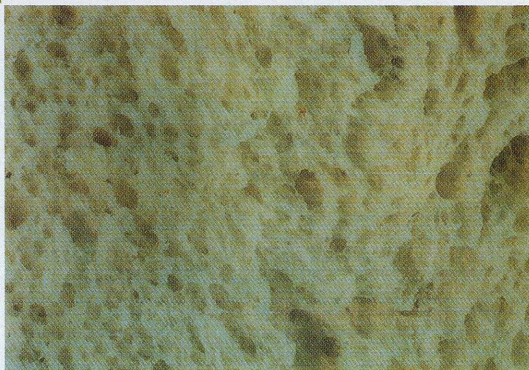
D : カラギーナン 5%添加

パンの内部組織

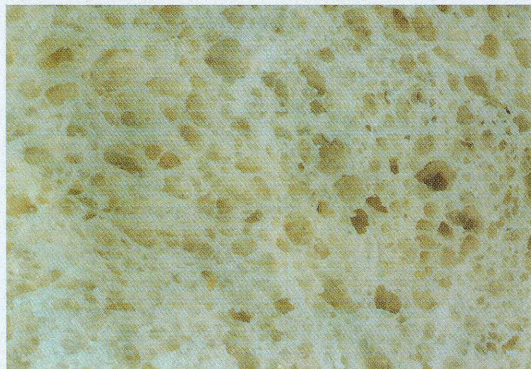
製パン性に及ぼす食物繊維グルコマンナンの影響



D : カラーギナン 5%添加



E : D+20%水分添加



F : D+40%水分添加



G : D+60%水分添加

パンの内部組織

