# 食品用新素材の開発とその応用(第2報) からし2等品のエクストルーダー処理による素材化と食品への応用

布施恒明・対木雅彦\*・村瀬 誠・加藤 熙

前報<sup>1)</sup>ではエクストルーダーを用いて米糠を膨化処理によって素材化する場合の各種処理条件とこれを生麵へ添加したときの官能評価について報告した。本報では、からし2等品を用いて同様な試験を行った結果について報告する。なおからし2等品はからし種子を圧搾し、脱脂した後粉砕し、篩分けしたときの粒子の粗い部分であるが、現在は主に飼料として用いられている。

# 実 験 方 法

# 1. 試験材料

- 1.1 からし オリエンタル種の 2 等品 (愛知県 一宮市㈱美濃久商店製造) を使用した。
- 1.2 米糠 1990年11月に当センターの酒造米精 白工程で得られた中糠を使用した。酒造用品種である 若水と日本晴を等量ずつ混合し、これを18~24%精白 したものである。エクストルーダー処理にはからしお よび米糠を4:6および2:8の混合比で使用した。

## 2. 機械装置

使用した装置は㈱神戸製鋼所製TCO-30型二軸 エクストルーダーで内径30mm,長径比は24である。ノ ズルは直径2mmのものを2個使用し,回転数は200rpmとした。バレル温度はバレル1,バレル2,バレル3をそれぞれ50, 80, 120または130でとした。

- 3. 分析および測定方法
- 3.1 一般分析・無機分析 各項目いずれも常法 により実施した。
- 3.2 食物繊維 Prosky-AOAC 法<sup>2)</sup> によって定量した。
- 3.3 アリルイソチオシアネート" 試料を水に 分散させ、試薬(アンモニア、エタノール混合溶液) 中に蒸留・捕捉し、この溶液の237nmの吸光度を測定 し標準試料による検量線から求めた。
- 3.4 生成物の粉砕 ㈱細川鉄工所製粉砕機AP-S型を使用した。フィルターは0.7mmを使用した。

- 3.5 粒度分布および色調測定 ㈱セイシン企業 製粒度分布測定器 R P S - 85型を用い,40~400 mesh の重量分布を求めた。色調は日本電色工業㈱製 光沢計ND-Σ80型を用い,30mmセルに粉砕試料を入 れて反射光を測定した。
- 3.6 太さ ノギスを用い,生成物の直径を1試料について20回測定し,その平均値を求めて太さとした。
- 3.7 硬さ 飯尾電機㈱製レオロメーターRMT -504DEを用い、クリアランス1mm、アタッチメントはくさび型(5×2mm)を使用し、生成物1試料について20回測定してその平均値を求めた。
- 3.8 微生物の測定 生菌数はBCPを添加した標準寒天培地を用い、希釈平板培養法により測定した。 かび、酵母数はポテトデキストロース培地を用いて常 法通り測定した。

## 4. 製麵方法,物性測定および官能検査

- 4.1 製麺方法 生成物(からし2等品2:中糠8)が10%,20%含まれるように小麦粉(セントラル製粉㈱製,麵用中力粉「紫A」)と生成物粉末(水分9.36%, L値80.39, a値1.54, b値12.92)との混合物を調製した。この混合物100に対して水35と食塩2を加え,㈱マルヨネ製試験用棒ミキサーを用いて50rpmで20分間ミキシングを行い,常法によって生麺を試作した。
- 4.2 茹で麵の調製 還流冷却器を付けた1ℓの 丸底フラスコに500mlの水を入れてマントルヒーター であらかじめ沸騰させ、これに長さ約15cmの生麵約15 gを投入し、麵の水分含量が約75%になるように茹で る。次に金網で麵を取り出して約30秒間水さらしを 行った後、密閉容器に入れて室温に1時間放置して、 物性測定に供した。
- 4.3 引張り試験 飯尾電機㈱製カードメーター M-302を用いて引張り強度,伸び率を測定した。
- 4. 4 圧縮試験 ㈱山電製クリープメーターRE -3305型を用いて破断応力,破断歪を測定し,破断強

<sup>※</sup> 蝌クリニカルサプライ

度,破断エネルギーを算出した。

4.5 官能検査 生麵を6分間茹でた後,水で急 冷して官能検査を行った。パネラーは当センター職員 および研究生20名で行った。

## 実験結果および考察

## 1. からし2等品の成分および粒度分布

からし2等品および中糠の成分を第1表,第2表に示した。からし2等品は市販のからし粉と比較するとたんぱく質が約1/2,脂質が約2/3,無機成分はほとんど差がなく,繊維は約3倍,アリルイソチオシアネートは約1/10であった。また中糠はからし2等品に比べて炭水化物が多く,たんぱく質が少なかった。

また色調はL, a, b各値に両者の間で著しい差がみ られた。

からし2等品および市販からし粉の粒度分布を第1 図に示した。からし2等品では含有率の最も高い粒度は60 mesh (ON,以下同じ)が31.8%,次いで42 meshが24.7%,80 meshが21.5%であった。重量50%の平均粒径は約300  $\mu$  m であった。一方,市販からし粉では150 meshが31.4%で最も多く,次いで200 meshの28.0%であり,重量50%の平均粒径は約120  $\mu$  m であった。このことから,からし2等品の粒度はかなり粗いことが分かる。なお,後述するエクストルーダー処理をしたからし2等品と中糠の混合物(2:8)の粉砕生成物は150 meshが24.1%で最も多く,重量50%の平均粒径は120  $\mu$  m であった。

第1表 からし2等品の分析・測定結果

水分 (%)	灰分 (%)	たんぱく質 (%)	脂質 (%)	糖質 (%)	繊維 (%)	食物繊維 (%)
9.52	4.88	15.61	9.41	42.14	18.44	53.93
カルシウム (mg/100g)	鉄 (mg/100g)	7リルインチオシアネート (%)	L値	a値	b值	生菌数 (1g中)
293	8.1	0.22	56.92	5.78	21.88	4.95 ×10 <sup>3</sup>

第2表 米中糠の分析・測定結果

水分(%)	灰分(%)	たんぱく質 (%)	脂質 (%)	炭水化物 (%)	L値	a値	b値	生菌数 (lg中)
11.60	2.24	10.94	5.52	69.70	89.13	0.25	9.02	6.80×10 <sup>4</sup>

#### 2. 膨化に及ぼす処理条件の影響

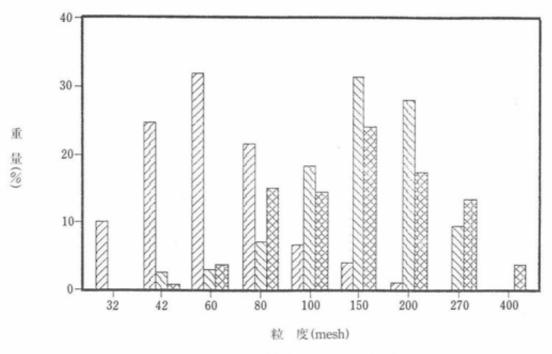
中糠とからし2等品(以下からしと略記する)の混合比を8:2とし、直交表を用いて膨化に及ぼす処理条件について検討した。因子として(A)原料供給量、(B)水分供給量、(C)処理温度、(D)スクリュー配列と(A)×(B)の交互作用について検討した。その結果を第3表に示す。生成物の太さは原料供給量(A)の寄与率(66.2%)が最も高く、次にスクリュー配列(D)であった。生成物の水分には処理温度(C)を除いた各因子が、硬さおよびa値には原料供給量が、L値には処理温度がそれぞれ大きく関与した。次に、太さについて最適水準の組み合わせを求めるために、直交配列法の結果に基づいて二元配置法によって検討した。その結果、最適水準の組み合わせは、処理温度130℃、スクリュー配列をすべてフォ

ワードスクリューとし、原料供給量225g/min,水分供給量21m1/minとした場合であった。続いて、太さに及ぼす各因子の影響を調べるために重回帰分析を行った。太さ(Y)は原料供給量( $X_1$ ),水分供給量( $X_2$ ),処理温度( $X_3$ ),スクリュー配列( $X_4$ )に関して次の回帰式が得られた。

 $Y = 5.9475 + 0.0115 X_1 - 0.0616 X_2$ 

 $-0.0171 X_3 - 0.6047 X_4$ 

標準偏回帰係数は、 $X_1$ =0.7514、 $X_2$ =-0.2937、 $X_3$ =-0.1026、 $X_4$ =-0.3622で、これらの説明変数の比重は、原料供給量>スクリュー配列>水分供給量>処理温度の順で前記の結果と一致した。また重相関係数は0.9022で、寄与率は82.2%、分散比は45.2であり、F値は、 $F_{(0...01)}$ =3.84であることから、得られた回帰式は有意であった。この回帰式から、膨化のより大



☑ からし2等品 図 市販からし粉 図 粉砕生成物

第1図 試料の粒度分布

きな生成物を得るための条件は、処理温度を低くし、 スクリューはすべてフォワードスクリューを使用し、 水分供給量を少なくし、原料供給量を可能な限り多く すればよいことになる。しかし、実際には膨化が起き る温度は水の沸騰点以上であるので、原料と水分の供 給量のバランスも必要である。また、回転数を増すこ とによって混練度は増すが、負荷も大きくなり、同じ 原料供給量の維持が可能かどうかの検討と装置の機械 特性の把握が重要となってくる。

一般に油脂、繊維、無機成分の含有量が多いと膨化は小さくなる。その原因は、油脂が潤滑剤となり流動性が増し、繊維は組織が固いために膨化を抑制することによるものと考えられるが、無機成分は全く膨化に関与しない。このため油脂、繊維が多い場合にはバレル内での滞留時間を長くし、混練度を高めて均質化と熱交換作用を行わせるとともに、スクリュー回転数を増大させ混練して剪断力を高め、これによって気泡が細かくなることから、膨化が大きくなることが知られている。この試験では、繊維は13.3%、脂質は6.1%であって両者ともに著しく多いとは言えないが、中糠のみでは後の4.で述べるように、膨化度が大きくなった。今回は回転数を一定にして運転したが、今後は回転数を因子としたときの膨化度を検討することが

第3表 分散分析

項目	要 因	分散比	寄与率(%)
圧 力	A	58.9 **	54.9
	D	44.4 **	38.3
太さ	A D	29.1 ** 8.3 *	66.2 17.2
水 分	A	128.0 **	45.0
	B	42.0 **	14.5
	D	108.0 **	37.9
硬さ	A	55.3 **	52.9
	D	8.4 *	7.2
L 値	B	13.7 *	11.5
	C	91.8 **	82.2
a 値	A	38.0 **	84.4
生菌数	A	8.6 *	45.8

A:原料供給量 B:水分供給量 C:処理温度 D:スクリュー配列

\*\* 危険率 1% \* 危険率 5% 必要と考えられた。

## 3. 生成物の分析値間の相関

第4表に分析値間の相関係数を示した。水分が多い ものは硬さが大となるが、これは水分によって膨化が 抑制され、組織が緻密になるためと考えられる。水分 が多くなるとともにL値は減少したが、これは水分に よって材料温度が低くなるため、加熱による褐変反応 が進まないためと考えられる。

太さについては、太さが大きいものほど水分は少なく、硬さも小さい値となった。また、高い圧力のものほど太くなる傾向を示した。生成時の圧力が高いと水分が蒸発しやすくなるので、膨化度が大となり生成物内部の気泡が大きくなり、そのため硬さが小さくなると考えられる。また、太いものほど a 値が高くなったが、これは太いものほど水分が少ないためと考えられる。

第4表 分析値間の相関係数

5	<b>分析項目</b>	相関係数
水水水 水水水水水	<ul><li> 太硬 L a 圧</li></ul>	-0.7641 ** 0.6550 ** -0.3169 * -0.3157 * -0.5465 **
太さささな太太太太	~ 硬 a 値 値 上力	-0.7989 ** 0.4008 ** -0.3634 * 0.7088 **
硬 で さ さ さ さ さ さ さ さ さ さ さ さ さ さ さ さ さ さ	~ a 値 ~ 生菌数 ~ 圧力	-0.5286 ** -0.4102 ** -0.6497 **
L値 L値	~ a値 ~ 圧力	-0.4499 ** 0.3763 *
a 値	~ 生菌数	-0.3234 *

<sup>\*\*</sup> 危険率 1%

便さについては、硬いものほど a 値が小さいが、これも水分の場合と同様の理由であろうと考えられる。 また、硬さが圧力に比例することは容易に理解できる。 一方、硬さが生菌数に比例する結果となったが、その 関連性の説明は本実験のみでは困難である。

色調については、L値はa値に反比例し、圧力に比 例することは、上記のように水分および材料温度が要 因になるものと考えられる。 a 値が生菌数に反比例することについても硬さの場合と同様その理由は明らかでない。

# 4. 原料配合が生成物の性質に及ぼす影響

中糠のみのものを対照とし、これにからし20%およ び40%混合したものについて生成物の比較を行った。 第2図にその一部を示した。太さはからしの添加量が 増えるとともに減少したが、これは前項2、で述べた ようにからしの脂質や繊維のためであろう。水分はか らしを20%添加するとやや増加し、さらに添加量を増 やすと逆にやや減少した。この理由はからしの繊維含 量が高いため膨化力が低くなり、そのため材料内部の 水分の蒸発がやや少なくなったためであり、からしの 添加量がさらに多くなると, からしの水分(中糠より 低い) 含量の影響が現れたものと考えられる。硬さ、 生菌数, 圧力も水分と同様の傾向を示したが, これも 水分含量の多少によるものと考えられる。色調につい ては、L値はからしが増すとともに低下し、a値およ びb値はからしが増すとともに増大した。これはから しのL値が低く、aおよびb値が高いためである。

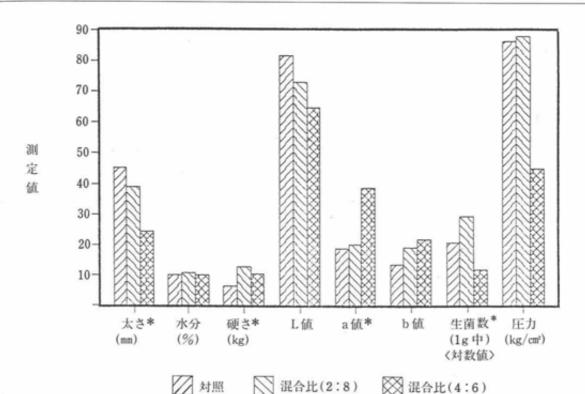
生成物は40%添加では脆く旨味が少ないが、20%添加では食感が良く、僅かに辛味のあるスナック菓子風の均質な素材が得られた。

## 5. 製麵試験

対照麵,10%からし添加麵(以下からし麵と略記する)について比較を行った。茹麵の物性試験結果を第5表に示した。引張り強度および破断強度はいずれも対照麵に比べてからし麵は低かった。麵の強度は主に小麦粉たんぱく質グルテンの網目構造の形成度合に起因するが,中糠,からしはいずれもでん粉と繊維の含量が多いため,網目構造が粗くなって強度が低下したものと考えられる。一方,走查型電子顕微鏡によっては組織の差がほとんど認められなかった。また示差走査熱量計による測定では糊化開始温度( $T_1$ ),糊化温度( $T_2$ )および糊化エネルギーは,対照麵についてはそれぞれ59.9℃,65.5℃,-6.24 J/g であり,からし麵ではそれぞれ60.9℃,66.5℃,-6.82 J/g であった。 $T_1$ ,  $T_2$  はからし麵の方がやや高く,糊化エネルギーもやや大きかった。

生麵を10℃において保存し、微生物の増殖状況を調べた。1 g 当りの生菌数では対照麵、からし麵ともに初日10 "であったが3 日目10 "、5 日目は10 "となった。かび、酵母数は初日はいずれも10 2、3 日目は対照麵は10 "、からし麵は10 "、7 日目は対照麵は10 "、からし

<sup>\*</sup> 危险率 5%



第2図 原料配合が生成物に及ぼす影響

\*実測值×10

麵は10°であった。今回使用したからし2等品にはアリルイソチオシアネートが0.22%であり,エクストルーダーによってその含量は減少するが,処理後の生成物には0.013%も残存しており,それを用いて作ったからし麵のアリルイソチオシアネート含量は13ppm以下となるが,これがかびや酵母の増殖を抑制するものと考えられる。

なお、茹麵の官能検査を行った結果を第6表に示した。対照麵,からし10%および20%添加麵の3試料について順位付けを行った。色調は3試料間に有意な差が認められ、からしの添加量が増すと黄色が濃くなった。なかでも10%添加麵は香り、食味、硬さ、歯応え、総合で対照麵との差は認められず、生麵へのからし添加は色調に課題があるが、脱色処理して用いるかあるいは有色麵(たとえば蕎麦麵)などに利用すれば、生麵の保存性も改良され、有効利用できるものと考えられる。

第5表 茹で麵の物性測定値

	対照麵	10%添加麵
引張り試験		
引張り強度 (g/cm²)	299.42	242.45
伸び率 (%)	1.72	1.54
伸び弾性率 (×10 <sup>5</sup> dyn/cm <sup>2</sup> )	4.04	4.35
圧縮試験		
破断応力 (×10'dyn/cm2)	1.43	1.20
破断歪 (×10 <sup>-1</sup> cm/cm)	6.86	6.76
破断強度 (×10'dyn /cm2)	2.08	1.89
破断エネルキー (×10³erg /cm³)	3.98	3.17

第6表 茹で麵の官能検査結果 (順位平均値)

	対照麵	10%添加麵
色調	1.4	2.0
香り	1.9	1.7
食味	1.8	1.9
硬さ	2.1	1.9
歯ごたえ	2.0	2.0
総合	1.8	2.0

### 要約

食品製造工程より生ずる副生物の新素材化を図る目的で、からし粉製造時に得られるからし 2 等品および 酒造米精白工程時に得られる中糠を原料として、エクストルーダーにより処理するときの膨化条件を検討 し、得られた生成物の諸性質を明らかにするとともに、生成物の生麵への添加試験を行った。

- 1. 原料供給量,水分供給量,処理温度,スクリュー配列の各因子が膨化に及ぼす影響を調べるため,重回帰分析により回帰式を得た。
- 原料供給量225g/min, 水分供給量11ml/min, 処理温度120℃の条件で, フォワードスクリューを用いた場合の生成物の太さは5.5mm/gであり, 均質な素材が得られた。
  - 3. 生成物を小麦粉に添加して生麵を試作し、官能

検査を行った結果,10%添加麵は対照麵に比較して着 色傾向はあるが,香り,食味,硬さ,歯応え,総合に は有意な差は認められなかった。また,アリルイソチ オシアネートによる微生物の増殖を抑制する効果が認 められた。

# 対 対

- 布施恒明, 畴地正徳, 村瀬 誠, 杉本勝之: 愛知 食品工技年報, 33, 93-101 (1992)
- L.Prosky et al: J. Assoc. Off. Anal. Chem., 68, 677-679 (1985)
- 3) 長島善次,中川致之: 農化, 31, 416-420 (1957)
- 4)食品産業エクストルージョンクッキング技術研究組合編:エクストルージョンクッキング,p. 342-346, ㈱光琳,(1985)