

食品用新素材の開発とその応用 (第1報)

米糠の高温、高剪断処理による素材化と食品への応用

布施恒明・疇地正徳^{*}・村瀬 誠
杉本勝之

二軸エクストルーダーによる食品加工技術は従来の加工方法では不可能であった工程を連続的かつ短時間に行うことができるとともに、新しい性質を有する食品が得られる可能性が大きく、実用化された食品もいくつか見られる。

二軸エクストルーダーによる食品加工の研究は多く、それらの目的を大別すると1) 組織化、2) 膨化、3) 製造工程の合理化、4) 品質改善、5) 高度利用などとなる。

組織化では脱脂大豆粉¹⁾、すりみ²⁾などがあり、膨化では白米³⁾、コーンスターチ⁴⁾などの報告がある。製造工程の合理化については餅⁵⁾、米菓⁶⁾などがあり、品質改善では米糠の脱臭⁷⁾、みその殺菌⁸⁾などが報告されている。高度利用としては脱脂米糠とくず米の混合膨化处理⁹⁾、肉加工食品へのおからの添加¹⁰⁾などが報告されている。さらに、昭和59~61年度には農林水産省の推進事業として「食品製造二軸エクストルーダーの技術開発」が実施され報告書が作成されている。

本報では食品製造副生物の高度利用を目的として米糠の素材化について検討した。酒造米の精白工程で得られる中糠は、でん粉加工業において一部用いられているものの大部分は飼料として消費されている。そこで中糠の二軸エクストルーダーによる素材化を試み、生成物の麺への添加試験を行った。以下その結果を報告する。

実 験 方 法

1. 試験材料

1990年11月に当センターの酒造米を精白する工程で得られた中糠を使用した。米の品種には若水および日本晴を用い、両者を混合(混合比は1:1)したもので、精白度は18~24%であった。

2. 装置

使用した装置は二軸エクストルーダー(株神戸製鋼所製TCO-30型)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℃とした。

^{*}ヤマモリ食品株式会社

3. 試験材料の分析・測定

3. 1 一般分析および生菌数 常法によって分析した。

3. 2 粒度分布および色調測定 粒度分布はロボットシフター（㈱セイシン企業製R P S-85型）を用い、40～400meshの重量分布を求めた。色調は光沢計（日本電色工業㈱製N D-Σ80型）を用い、30mmセルに試料を入れて反射光を測定した。

4. エクストルーダー生成物（以下生成物と略記）の分析・測定

4. 1 水分、生菌数、色調 3. 1および3. 2と同様に行った。

4. 2 硬さ レオロメーター（飯尾電機㈱製R M T-504D E）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15～20回測定してその平均値を求めた。

4. 3 比容 一定の大きさに精選した菜種の比容(A)を求めた後、容器に菜種を満たして重量(B)を測定し、次に容器に試料(C)および菜種を満たして重量(D)を測定した。この操作を一試料について数回繰り返して平均値を求め、次式から比容を求めた。比容： $\{(B) - [(D) - (C)] \times (A)\} / (C)$

4. 4 生成物の粉碎 粉碎機（㈱細川鉄工所製A P-S型）を用い粉碎した。フィルターは0.7mmを使用した。

4. 5 製麺方法および官能検査 生成物が5%、10%、20%含まれるように小麦粉と生成物粉末（水分：9.87%、色調はL：79.2、a：2.25、b：16.10）との混合物を調製した。この混合物100に対し、水35、食塩2、を加えて棒ミキサーを用いて20分間ミキシングを行い、常法によって麺を試作した。生麺を10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26名であった。

実験結果および考察

1. 中糠および生成物の分析

中糠の粒度分布は42mesh以上の区が最も多く約21%を占め、次いで270meshが18%、200meshが17%であった。中糠、生成物の成分および物性測定結果を第1表に示した。エクストルーダー処理によって水分は減少し、色調は黄色の傾向が強くなり、生菌数は約1/100に減少した。

第1表 試験材料（中糠）及びエクストルーダー生成物の分析・測定結果

	水分(%)	灰分(%)	たんぱく質(%)	脂質(%)	炭水化物(%)	色調			生菌数/ g	
						L	a	b		
中糠	11.6	2.2	10.9	5.5	69.7	89.13	0.25	9.02	6.8×10^4	
	水分(%)	硬さ (kg/cm ²)	比容 (mL/g)				色調			生菌数/ g
	L	a	b							
生成物	8.2～ 11.3	0.28～ 2.92	2.0～ 11.3				76.76～ 85.92	-0.02～ 2.94	11.41～ 16.38	10～ 440

2. 直交表を用いた実験

生成物の性質に及ぼす処理条件の影響を調べる目的でL₈(2⁷)型直交表を用いてエクストルーダー処理を行った。水分供給量(A), 原料供給量(B), 処理温度(C), スクリュー配置(D)の4因子とし, (A)×(B)の交互作用についても検討した。水分供給量は11および21ml/min, 原料供給量は100および130g/min, 処理温度は120および130℃, スクリュー配置はフォワードおよびフォワード+ニーディングの各2水準とした。

第2表に分散分析の結果を示した。エクストルーダーを運転する場合, 圧力は制御できないが間接的に生成物の性質に影響する。まず圧力については水分供給量の寄与率が最も高いが他の3因子も影響し, 寄与率を合計すると97.3%であった。水分供給量の少ないものが比容は大きい, 処理温度が高い場合にも比容が大きくなることを示した。また生成物の水分は原料供給量にも影響されると考えられるがこの範囲では水分供給量のみであった。更に, 硬さについては水分供給量が多いものは膨化しにくいいため硬かった。次に色調については, L値も水分供給量の寄与率が高かったが, 水分供給量が少ないと処理温度の影響を受けやすいためL値は低くなると考えられたが, 結果的には高い傾向を示した。また処理温度が高いものがa値およびb値は小さかった。一般にでん粉およびたんぱく質は温度が高くなるとともに褐変が進み, a値, b値ともに大きくなると考えられるが, この結果は成分的なものによるのではなく, 物理的なもの, 例えば原料の摩擦係数などが影響しているものと考えられる。

生成物の生菌数は10~440/gであり, 中糠の微生物は120℃, 約1分間の滞留時間でほとんど殺菌された状態を呈し, 上記4因子によっては影響されなかった。

第2表 分散分析

項目	要因	分散比	寄与率 (%)
圧力	A	98.3※※	37.7
	B	65.8※※	25.1
	C	42.8※※	16.2
	D	48.1※※	18.3
比容	A	47.3※※	68.1
	C	15.7※※	22.2
水分	A	23.3※※	71.4
硬さ	A	11.6※※	60.0
L	A	18.6※※	60.0
a	C	148※※	95.5
b	C	15.8※※	57.0

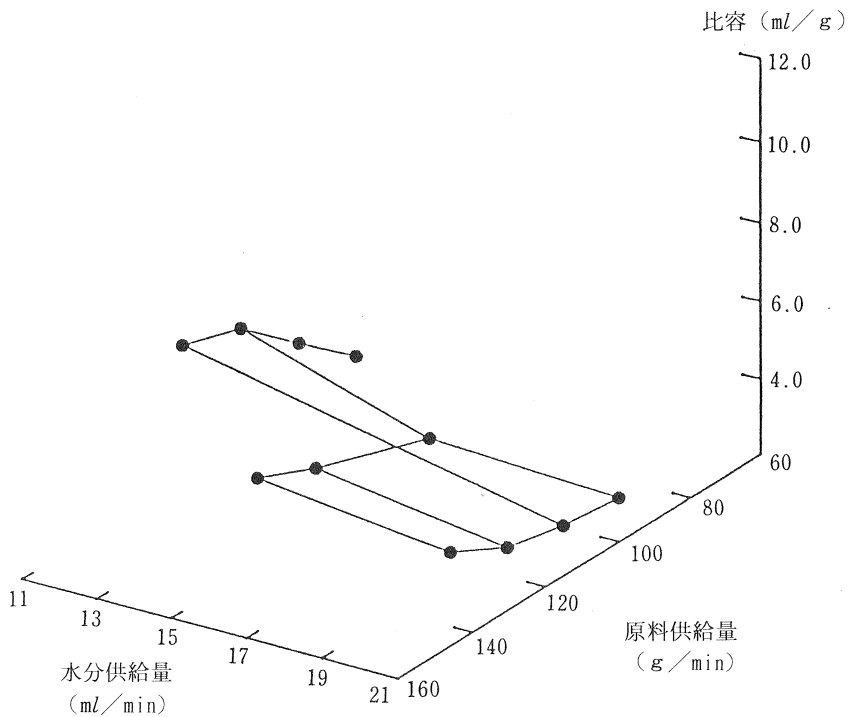
A : 水分供給量 B : 原料供給量 C : 処理温度

D : スクリュー配置

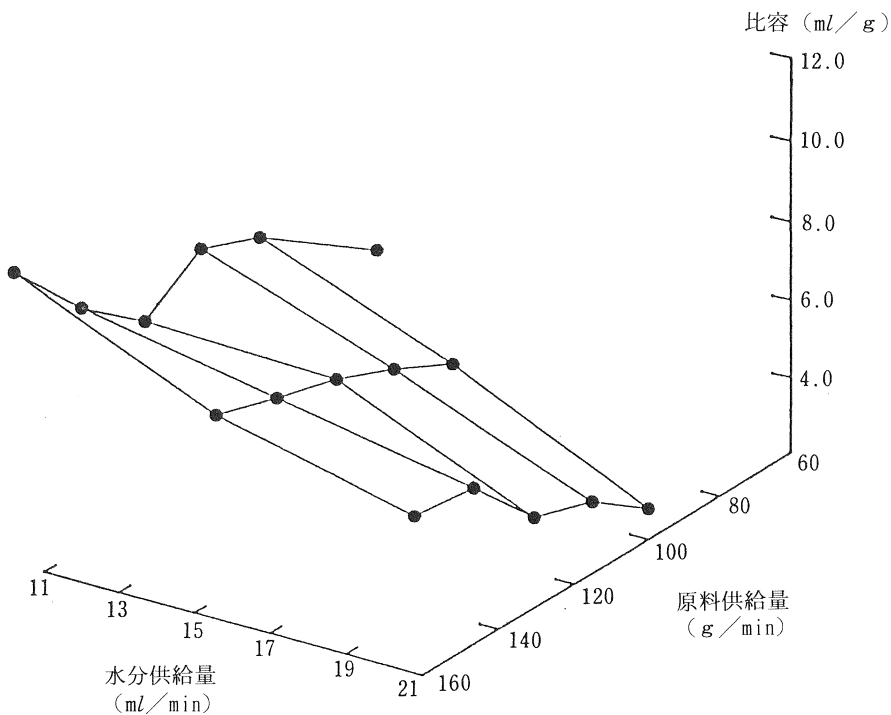
※※ 危険率1%で有意

3. 多元配置法による実験

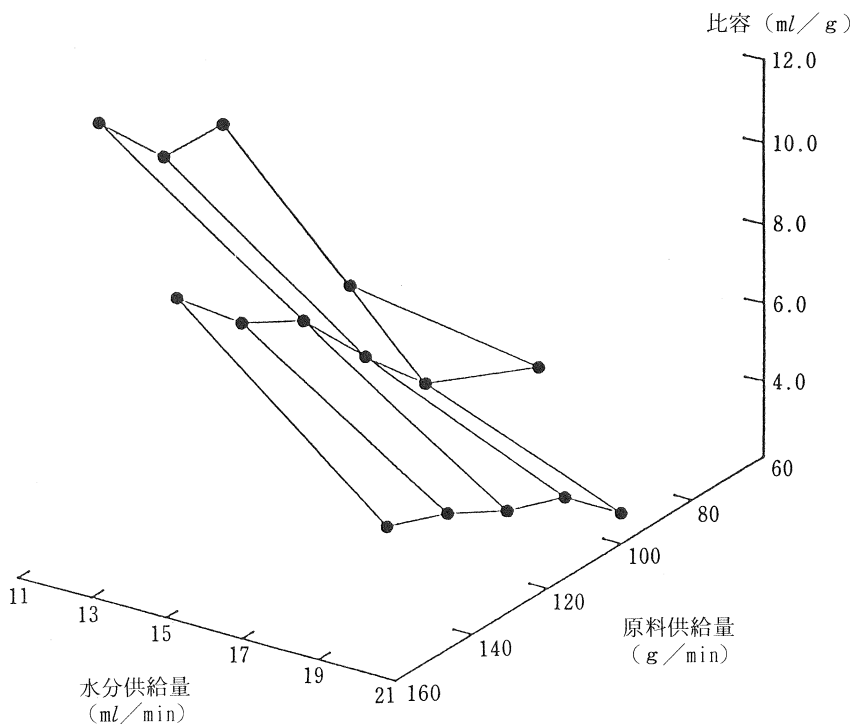
多元配置法を用いた実験の結果を第1～4図に示した。54点の生成物の比容は $2.0\sim 11.3\text{ml/g}$ であった。比容は原料供給量が増すとともに、また水分供給量が少なくなるとともに、さらに処理温度が高くなると大きくなった。比容は 130°C 、ニーディングスクリーを用い、原料供給量 130g/min 、水分供給量 11ml/min の場合が最も大きく、 120°C 、フォワードスクリーを用い、原料供給量 70g/min 、水分供給量 11ml/min の場合が最も小さかった。原料供給量 160g/min 、水分供給量 11ml/min 、処理温度 120°C 、ニーディングスクリーを用いた場合の比容は約 9ml/g で組織の均質な食感のよいスナック風の素材が得られた。中糠の比容は粳米の場合($6.4\sim 12.2\text{ml/g}^{9)}$)と同等であり、糯米の場合($2.92\sim 3.23^{10}$)より優れていた。杉本¹¹⁾はばれいしょでん粉の膨化は、生地的水分と空気によって生ずる膨圧とアミロペクチンの伸展性に起因するとしている。また宮崎は¹²⁾グリーンピースの膨化はたんぱく質の含量が影響すると述べている。



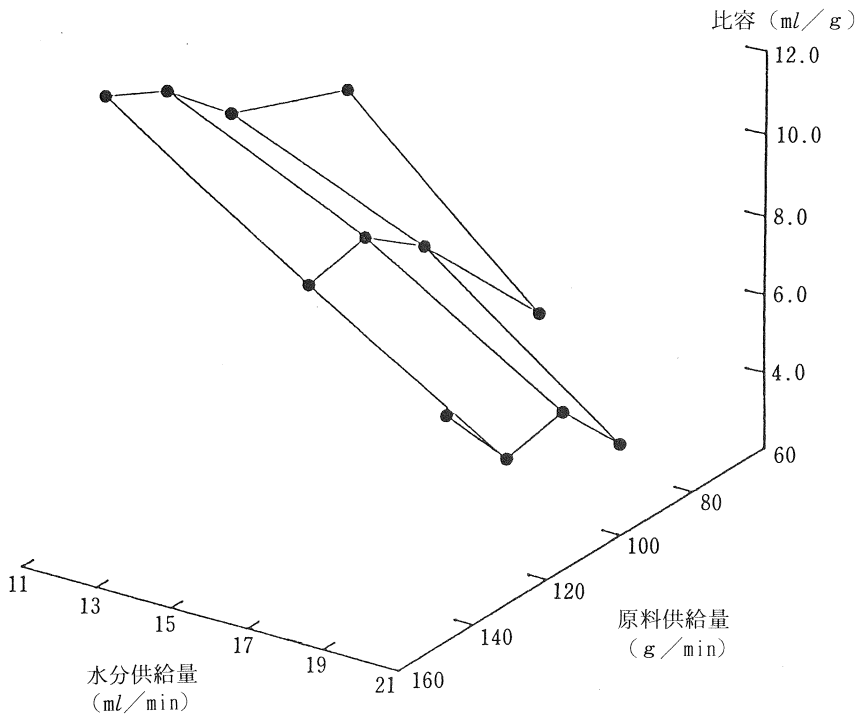
第1図 処理温度 120°C 、フォワードスクリーにおける比容



第2図 処理温度120℃，ニーディングスクリューにおける比容



第3図 処理温度130℃，フォワードスクリューにおける比容



第4図 処理温度130℃，ニーディングスクリーンにおける比容

次に比容に及ぼす各因子の影響を調べるため重回帰分析を行った。その結果、比容（Y）は原料供給量（ X_1 ）、水分供給量（ X_2 ）、処理温度（ X_3 ）、スクリーン配置（ X_4 ）に関して次の回帰式が得られた。

$$Y = -28.1011 + 0.0530x_1 - 0.4083x_2 + 0.2540x_3 + 1.3500x_4$$

標準偏回帰係数は、 $x_1 = 0.5740$ 、 $x_2 = -0.7115$ 、 $x_3 = 0.5336$ 、 $x_4 = 0.2836$ で、これらの説明変数の比重は水分供給量が最も大きく、次いで原料供給量、処理温度、スクリーン配置の順であり、いずれの因子も説明変数としたことは正しかったことを示した。また、重相関係数は0.9161で寄与率は83.9%であり、分散比は49.76で、F値（3-49）は2.79であることから、得られた回帰式は有意である。この回帰式に各因子の値を代入して比容の予測値を計算し、比容の実測値と比較して誤差を求めたところ、+値が27個、-値が26個でほぼ半数ずつであることから、この回帰式を用いて比容を予測して差支えないと考えられる。いま、原料供給量を130 g/min、水分供給量を11 ml/min、処理温度を130℃、とし、ニーディングスクリーンを用いた場合、回帰式での比容の予測値は10.18であったが、実際に得られた生成物の値は、かなり近似した値11.29が得られ、回帰式の実用性が認められた。

4. 分析値間の相関

生成物の分析値間の相関係数を第3表に示した。水分が少ないものほど比容は大きかった。これはノズルから原料が押し出される時、膨化力が大きくなるとともに生成物の表面積が増し、内部の水分が蒸発するためと考えられる。同様の理由で内部に多くの気泡が生じ、比容が大きいものほど硬さは小さくなる。また膨化力は圧力の増大とともに大きくなり、従って比容との相関が高い。また色調は、b値が大きいものほどL値が小さい。これは処理温度が高いものは加熱による褐変が進むためと考えられる。

第3表 分析値間の相関係数

	相関係数
比容～水分	-0.6513 ※※
比容～硬さ	-0.6782 ※※
比容～圧力	0.7170 ※※
水分～硬さ	0.6755 ※※
水分～圧力	-0.6370 ※※
硬さ～圧力	-0.6746 ※※
L ~ b	-0.5203 ※※

※※ 有意水準 1%

5. 生成物の二、三の性質

生成物を粉末にしたものの10%濃度のアミログラフによる粘度は、最も温和な処理条件のものでも粘度を示さなかった。同じく15%濃度でのアミログラムでは加熱初期(35℃)に最高粘度(390B. U.)を示した。更に温度が上昇すると一旦粘度は低下したが、温度低下ともななって再び上昇した。これはコーンスターチ⁴⁾、くず米⁹⁾を膨化させた場合に類似している。このことから中糠も他の膨化品と同様に液状食品としての利用が考えられる。また生成物粉末の固有粘度は原料のそれより低く、エクストルーダーによる処理温度が高い方が著しい。このことから、でん粉とたんぱく質が加熱および混練によって解重合していることが類推される。これは生成物の赤外吸収スペクトルからも推定することができる。すなわち、 3570cm^{-1} (O-H伸縮振動)の吸収強度は原料よりも生成物の方が吸収強度が大きく、この傾向は 1245cm^{-1} (C-O伸縮振動)においてもみられ、このことはでん粉分子の構造変化を示している裏付けになり得ると考えられる。また 1365cm^{-1} (イオン性 COO^- の対称伸縮振動)の吸収は加熱温度が高い方が弱く、脱カルボキシル基現象が生じていることが考えられる。更に 650cm^{-1} ($-\text{C}=\text{C}-[\text{cis}]$)におけるc-h面外変角振動)は脂質の変化を示していることも考えられる。

6. 麵の官能検査

生成物を添加した麵の官能検査を行い、2個の平均値による検定結果を第4表に示した。色調は対照麵が最も良く、5%添加麵、10%添加麵、20%添加麵の順でそれぞれ有意な差がみられた。滑らかさは対照麵と5%添加麵には差がなく、硬さは5%添加麵が対照麵より硬く、有意な差があった。歯ごたえと食味は5%および10%添加麵はいずれも対照麵と比較して差がなかった。総合評価では同様に5%および10%添加麵はいずれも対照麵と比較して差がなかった。このことから着色麵として対応するならば、5%~10%を添加することが可能であり、更に粉碎方法を改善することにより滑らかさが向上するなど麵への利用が可能と考えられる。

第4表 エクストルーダー生成物を添加した麵の官能検査

検査項目	優劣	t 値	検査項目	優劣	t 値
色調	A > B	2.59※※	滑らかさ	A = B	0
	A > C	6.43※※※		A > C	2.97※※
	B > C	4.85※※		B > C	3.43※※
	A > D	12.69※※		A > D	3.38※※
硬さ	A < B	3.14※※	歯ごたえ	A < B	2.00
	A < C	0.80		A > C	0.72
	B > C	1.66		B > C	2.74※※
	A > D	1.27		A > D	7.47※※
食味	A < B	0.90	総合評価	A > B	0.30
	A > C	0.97		A > C	1.59
	B > C	2.41※		B > C	1.79※
	A > D	3.77※※		A > D	5.04※※

A：対照麵 B：5%添加麵 C：10%添加麵 D：20%添加麵
 優>劣 ※危険率5%で有意 ※※危険率1%で有意

要 約

食品製造より生ずる副生物の新素材化を図る目的で、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る膨化条件を検討し、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、スクリーン配置の各因子が比容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。

2. 原料供給量130g/min、水分供給量11ml/min、処理温度120℃の条件で、ニーディングスクリーンを用いた場合の比容は約9ml/gであり、均質な素材が得られた。

3. 生成物を用いて製麺添加試験を行った結果, 5~10%添加麺は対照麺に比較して着色傾向はあるが, 総合的には有意な差は認められなかった。

文 献

- 1) 五十部誠一郎, 野口明德: 日食工誌, 34, 456-461(1987)
- 2) 青木清隆, 原 房雄, 大道 学, 中谷 豊, 保坂秀明: 日食工誌, 36, 748-753(1989)
- 3) 岡本竹己, 小林有一, 小野章夫, 高橋順子: 栃木県食品工業指導所研究報告, 3, 25-28(1989)
- 4) 中山 猛, 小川友宏, 真貝弘司, 庄司圭吾: 食品産業センター技研報, 11, 313-323(1988)
- 5) 稲場久二, 畠中義雄, 飯村普則, 松村康生, 森 友彦: 日食工誌, 35, 15-22(1988)
- 6) 小野章夫, 小林有一, 岡本竹己, 高橋順子: 栃木県食品工業指導所研究報告, 3, 18-24(1989)
- 7) 南場 毅, 柴田 亮: 愛知県食品工試年報, 26, 23-32(1985)
- 8) 高橋順子, 小林有一, 岡本竹己, 小野章夫: 栃木県食品工業指導所研究報告, 3, 34-38(1989)
- 9) 大坪研一, 柳瀬 肇, : 食総研報, 47, 105-112(1985)
- 10) 安倍章蔵, 三浦芳助: 平成元年度 食品試験研究成績・計画概要集(公立編) 497
- 11) 杉本勝之: 日食工誌, 27, 635-647(1980)
- 12) 食品産業エクストルージョクッキング技術研究組合編: エクストルージョクッキング, p. 211, (株)光琳(1987)