

タイ産粳米のエクストルージョンクッキングに関する研究

村瀬 誠・栗原幸彦*¹・井土茂幸*²・高橋正敏*²・布施恒明・石田欽一

1994年度に輸入された外国産米の消費方法について、物性や供食習慣の違いから一部の米では主食米としてよりも加工米としての用途が模索され始めている。

米は主食としては消費量が依然として減少傾向にあるが、菓子・嗜好品等の製造原料としては不可欠で、幅広く使用されている¹⁾。

米を原料にした膨化品としてはあられ、おかき、せんべいなどがあり、これらを製造する場合には生地段階で加熱操作が必要である。膨化度は数ml/g程度であり²⁾、アミロース、タンパク質含量が低い米を使用したときほど大きく膨化する³⁾。本報告では、米糠⁴⁾やからし二等品⁵⁾をエクストルーダにより膨化処理を施した処理条件を参考にして、タイ産粳米から膨化菓子を開発することを目的としてエクストルーダによる膨化処理を施し、その加工特性について検討を行った。

実験方法

1. 実験材料

1.1 粳米 1994年4月に輸入した1993年タイ国産粳米原粒(精白米相当)をロール製粉し、米粉としてエクストルーダ処理用原料とした。

2. 機械装置

使用した装置は株式会社神戸製鋼所製二軸エクストルーダTCO-30型で、内径30mm、長径比は24である。吐出

ノズルは直径4mmのものを2個使用し、スクリーアの回転数は200rpmとした。なお、米粉原料の供給はK-Toron Corporation製T-20型2軸スクリー式フィーダによって行った。また、水の供給は株式会社イワキ製電磁弁ポンプEX-C35VH-22OS-60によって行った。

3. 分析方法

3.1 一般分析 常法により行った。タンパク質換算係数は5.95を使用した。

3.2 粒度分布の測定 株式会社セイシン企業製粒度分布測定器RPS-85型を用いて重量分布を求めた。

3.3 微細構造の観察 日本電子株式会社製走査型電子顕微鏡JSM-820型を使用して観察した。

3.4 米粉の糊化特性の測定

アミログラフにより、固形物濃度8%で測定した。また、でん粉⁶⁾をアルカリ法により米粉から抽出し、固形物濃度8%でその糊化特性を測定した。

4. 品質判定

各試験で得られた棒状の成形品の任意の場所20か所の断面積を求め、ノズルの断面積に対する比率から膨化度を求めた。また、成形品の一部については、135℃で30~60分間加熱乾燥後、官能試験に供した。

実験結果および考察

1. 使用原料について

タイ産粳米の原粒および米粉の分析値を第1表に、

第1表 原料の成分分析値(%)

	原粒	米粉
水分	13.5	12.1
灰分	0.3	0.2
タンパク質	6.7	6.7
脂質	0.8	0.7
炭水化物	78.7	80.3

※1: (有)穀産技術研究所
 ※2: 吉村穀粉株式会社

米粉の粒度分布を第2表にそれぞれ示した。精白米と比較すると水分が低く、原粒よりも粉末の水分が多少低くなった。上新粉や白玉粉と類似した成分含量を示した⁷⁾。

粉度分布は75 μ m～180 μ mの範囲に約70%が含まれており、測定範囲内に幅広くほぼ均一に分布する石臼製粉による米粉とは異なる状況を示した。でん粉を含む原料の物理特性を検討する手段としてアミログラムによる方法が普遍的である。原料として使用した米粉とそれから抽出したでん粉のアミログラムを第1図に示した。米粉に比べるとでん粉では糊化開始温度、最高粘度の時の温度が低温側にシフトしている。アミログラム粘度やブレイクダウンの値を文献値⁸⁾と比較すると、今回使用した米粉の8%アミログラムで得ら

れた最高粘度 570 B. U., ブレイクダウン 85 B. U., またでん粉の8%アミログラムの最高粘度 590 B. U., ブレイクダウン 215 B. U. という数値はともに大きい値であった。

2. 機械特性について

原料米粉を供給するに際して、フィード量を決めるダイヤルの設定値と実際のフィード量(重量)の関係を第2図に示した。今回の試験の範囲内においては両者の間に直線関係が認められた。従って、フィード量の決定はダイヤルの設定によって行った。

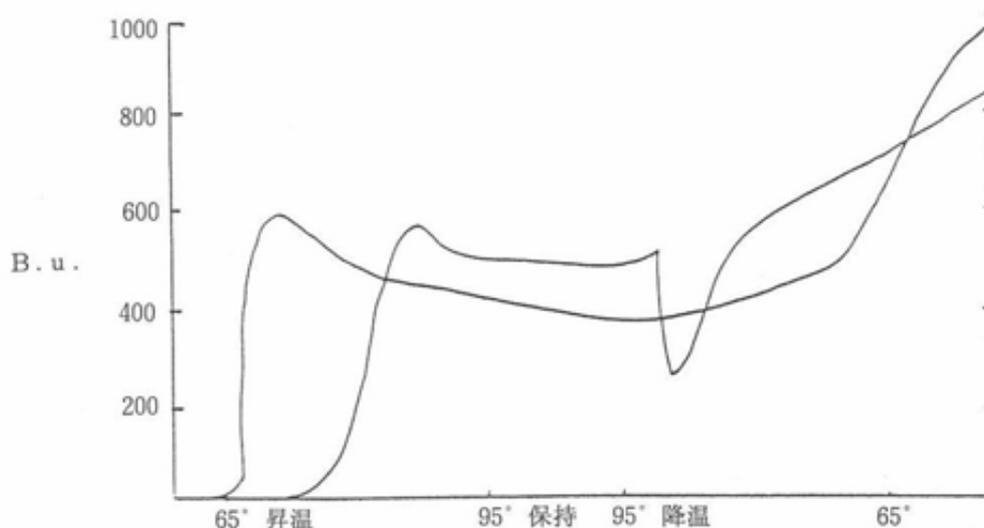
給水に使用したポンプは吐出量(ストロークレングス)と吐出頻度(ストロークレイト)とにより水の供給量を調整する装置である。名古屋市の水道水を使用したときの水の供給量の関係を第3図に示した。ストロークレングスの値を固定した時ストロークレイトの値が大きくなるに従い水の吐出量は直線的に増加することが確認できた。

3. 水分供給量を変動させた場合について

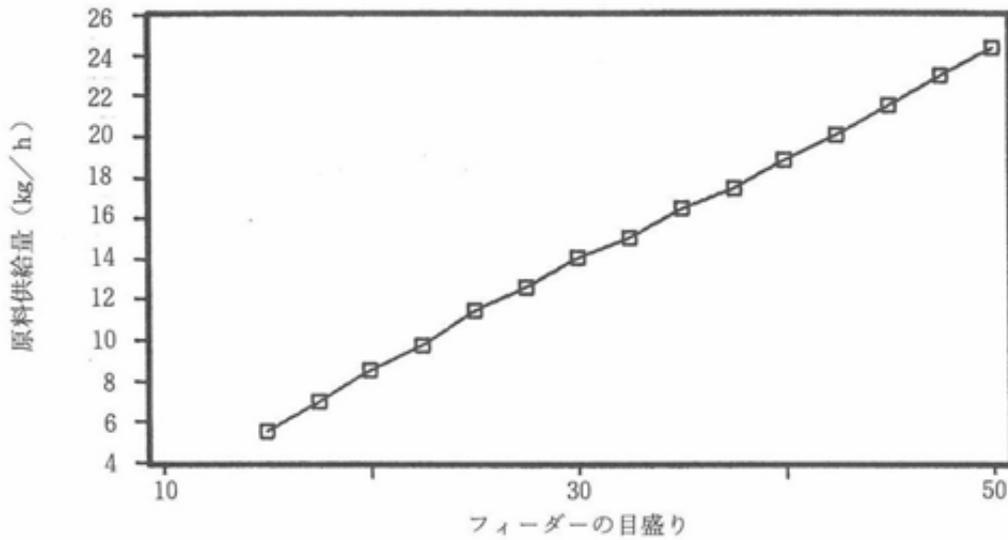
原料米粉の供給量は6.4kg/hと一定に固定した。6.4kg/hという値は、バレル・ダイスを加熱せず、摩擦熱だけを熱源として運転したときの最大原料供給可能量であり、安定運転時にはC-Ⅲが120℃、D-Iが90℃、材料温度が124℃、圧力が22kgf/cm²であった。この原料供給量で、加水量を変動させて計算上の原料水分を変えた時の材料温度、材料圧力、成形品水分及び成形品膨化度を第3表に示した。バレル温度はC-I, C-IIを20℃、C-IIIを120℃に設定し、ダイ

第2表 米粉の粉度分布

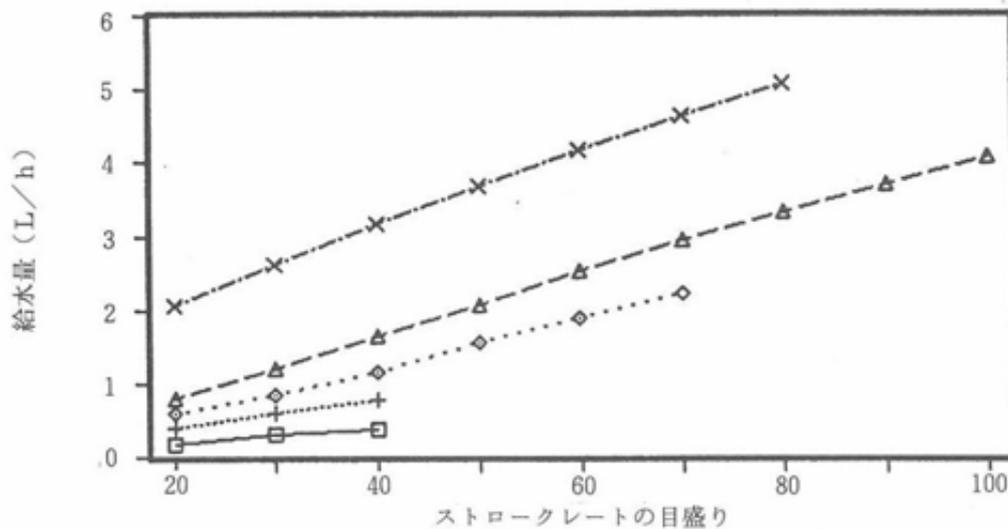
粒度の範囲	(重量%)
～500 μ m	3.54
～250	1.42
～180	3.55
～150	21.98
～106	31.21
～75	17.37
～63	9.93
～32	8.51
32以下	2.49



第1図 タイ産粳米およびそれから抽出したでん粉のアミログラム
A: 粳米 B: でん粉



第2図 原料供給フィーダーの目盛り設定値と原料供給量との関係



第3図 給水量とストロークレート、ストロークレングス目盛りとの関係
ストロークレングス

□: 10 +: 20 ◇: 30 △: 40 ×: 50

第3表 原料水分と各種パラメータの変化との関係

原料水分* (%)	材料温度 (°C)	材料圧力 (kg f/cm ²)	成形品水分 (%)	膨化度**
25.2	144	8	16.2	2.35
22.0	148	17	15.3	5.59
19.2	155	21~27	13.2	7.60
16.9	160	24~43	11.6	8.60
15.1	166	28~47	9.4	10.08

*: 給水量から計算した水分値

** : ノズル口径を1として計算

ス温度はDH (ダイスホルダー), D-I (ダイス-I)とも140℃に設定した。運転中C-III温度は設定値前後に維持できるがC-I, C-IIの温度は30℃程度に上昇し, DH, D-I温度はC-III温度に影響される傾向が見られた。

なお, 米粉の水分が12%強であるので, 今回の試験範囲内では3~13%の水分を供給したことになるが, その範囲の水分の差が運転中の温度, 圧力, 成形品の性状に大きな変化を生じた。予備試験の結果成形品が膨化状態を呈する最大の原料水分である25%から試験を開始し, 徐々に水分を減らした。水分が減少するにともない材料圧力は上昇し, その指示値のバラツキが大きくなった。これは, 水分の供給量が少なくなるほど米粉と水の混合が不均一になるためである。確認のために水の吐出頻度と吐出量を調整することにより米粉と水の均一混合を図り, 圧力の変動をコントロールすることを試みたが, 第3表で材料圧力の変動が特に大きかった原料水分が16.9%及び15.1%の場合のように給水量が少ないときは困難であった。運転中の圧力変動をできるだけ抑制することは, 安定運転を継続し, 急激に圧力が上昇するための安全装置の作動による装置の緊急停止を防止する上から重要である。

材料温度は圧力同様給水量が減少するにしたがって上昇した。給水量が減少し, 材料圧力と材料温度が上昇するとともに膨化度は増加した。成形品の内部構造をみると, 膨化度が大きくなるに伴い気泡が大きく, 時にはその直径は成形品の直径にほぼ近かった。成形品を130℃で乾燥後試食したところ, 内部の気泡が小さく膨化度が小さいものは軽く, 口溶けの良い食感であったが, 内部気泡が大きく, 膨化度が大きいものの場合には硬く, 歯に付着し, 口溶けの悪い食感となっ

た。

4. 原料供給量を変動させた場合について

原料水分が25%前後になるように給水量を調整しながら原料供給量を8.3kg~16.7kg/hの範囲で変動させながら処理を行った。その結果を第4表に示した。バレル温度, ダイス温度などは前項と同じ条件とした。原料供給量が増加するに伴い材料圧力は上昇したが, 材料温度と成形品水分はほとんど変化せず膨化度は若干大きくなる傾向であった。材料供給量が増えても原料水分を一定にすれば材料圧力は上昇するが材料温度と膨化度は余り変化しないようである。従って, この条件で運転する場合には材料圧力の監視を正確に行いながら原料供給量を増加すれば安定した運転を継続できる。なお, 原料水分を変動させた試験(第3表)と原料供給量を変動させた試験(第4表)の結果から, 成形品の膨化度は原料水分の影響をより大きく受け, 水分が低いほど大きく膨化することが判明した。

5. バレルとダイスの温度を変動させた場合について

原料供給量は8.34kg/h, 原料水分は25.7%と一定に保ちながらバレル温度(C-III)とダイス温度を変動させた。その結果を第5表に示した。ダイス温度を100℃に固定しバレル温度を100℃から160℃に上げると材料温度は上昇し, 材料圧力は低下した。当然ダイス温度の影響も大きい, バレルの温度が材料温度と材料圧力が大きく影響することがわかる。一方, 成形品の水分はダイス温度を上昇させると減少するが, ダイス温度を一定に保ったままバレル温度を上昇させても成形品の水分はほとんど変化しなかった。このことからダイスの温度が成形品の水分に影響を与えてい

第4表 原料供給量と各種パラメータの変化との関係

原料供給量 (kg/h)	原料水分* (%)	材料温度 (℃)	材料圧力 (kgf/cm ²)	成形品水分 (%)	膨化度**
8.3	24.9	145	11	16.2	1.82
9.9	24.2	139	13	16.0	2.27
11.4	24.8	140	16	15.7	2.04
13.4	24.8	139	18	15.4	2.21
14.8	24.9	147	23	15.2	2.59
16.7	25.4	146	25	15.2	2.38

*: 給水量から計算した水分値

** : ノズル口径を1として計算

第5表 バレル、ダイスの温度の変動と各種パラメータの変化との関係

バレル温度 (°C)			ダイスの温度 (°C)		材料 温度 (°C)	材料 圧力 kg f/cm ²	成形品 水分 (%)	膨化度***
C-I	C-II	C-III	DH*	D-I**				
20	20	100	100	100	133	19	19.2	4.26
20	20	120	120	120	145	14	15.9	3.20
20	20	140	140	140	158	9	14.9	2.78
20	20	160	100	100	156	9	17.0	2.59
20	20	170	100	100	164	9	17.0	2.90

*：ダイスホルダー

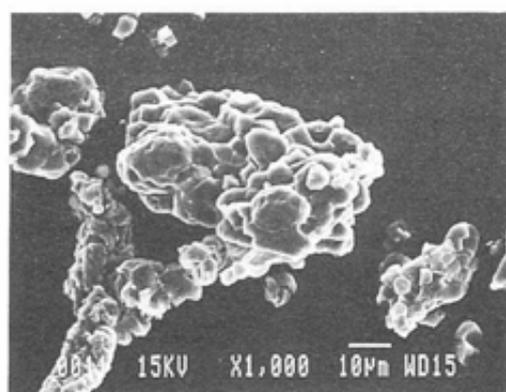
**：ダイス-I

***：ノズル口径を1として計算

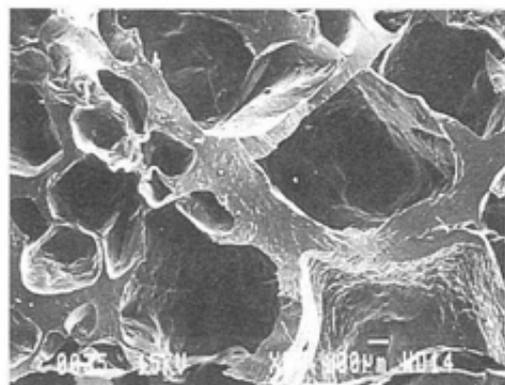
ることがわかった。なお、バレル温度を160~170°Cに変動させると成形品に焦げ色がつき、表面の所々に小さな穴が観察された。国産の他用途米を使用して行った予備試験の結果と比較しても大差ない結果が得られたので、タイ産梗米を使用して良好な膨化菓子を製造することができると思われる。

6. 成形品の微細構造について

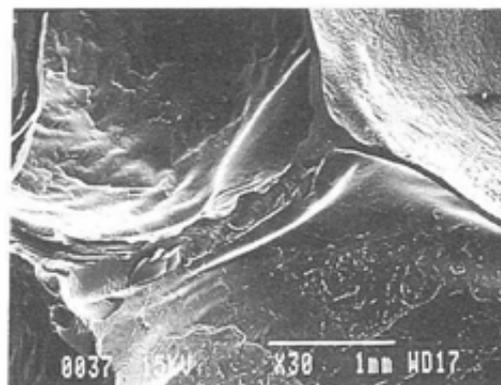
成形品を走査型電子顕微鏡で観察した結果を写真1に示した。参考のために粉末原料の観察写真の一部も示した。米粉の粒子はロール製粉に固有の鋭角の破断面を有し、各面はでん粉粒子を包み込んだ細胞が観察された。エクストルーダ処理を行った全ての観察試料



A 米粉



B 小さく膨化した成形品



C 大きく膨化した成形品

写真1 米粉および成形品の微細構造

において原料粉の特徴は観察されず、この処理により十分に混合され均質化し、でん粉も糊化し、無数の気泡からなる蜂の巣構造を形成していた。試食試験で良好な評価を得た成形品(B)の場合には直径が1mm以下の気泡が均一に分布しており、気泡を包む膜の厚さはうすかった。各気泡間では射出方向につながる膜の中央部分が破損しているのが観察された。射出時に圧力が抜けた跡と考えられる。これに対して、評価が芳しくなかった成形品(C)では膨化度が大きく、気泡膜は部位によってはかなり厚く、層状になっているところもあり、気泡間の膜の破損が余り観察されなかった。この気泡の膜厚と層状構造が食感的には硬く、口溶けが悪い評価になったと考えられる。

要 約

タイ産梗米を使用して膨化菓子の開発を目的としてエクストルーダ処理を施し、膨化条件に関する検討を行った。

1. 水分供給量が減少すると材料温度と圧力が上昇し、膨化度が増加した。
2. 原料水分が一定となるように調整しながら原料供給量を変動させると、供給量が増加するに伴い材料圧力は大きくなったが材料温度、膨化度が余り変化しなかった。
3. バレル温度が高くなると材料温度は上昇し、材料圧力は低下した。成形品の水分はバレル温度を上げても変化しないがダイス温度を上げると低下するの

でダイス温度が成形品の水分に影響を与えていることがわかった。

4. バレル温度を160~170℃に上げると成形品に焦げ色がつき、表面の所々に穴があいて、外観が損なわれた。

5. 成形品の構造をみると、膨化度が小さい場合には緻密な気泡が充填した均一な蜂の巣構造を呈したが、膨化度が大きいほど気泡が大きくなり、成形品の直径に近い気泡も見られた。

文 献

- 1) 池田正範, 唯是康彦, 矢野俊正編: 図説日本の食品工業, p311~14 榊光琳 (1990)
- 2) 倉澤文夫: 米とその加工, p209~211, 榊建ばく社 (1982)
- 3) 吉井洋一, 有坂将美: 日食工誌, 41, 747-754 (1994)
- 4) 布施恒明, 疇地正徳, 村瀬 誠, 杉本勝之, 加藤 熙: 愛知食品工技年報, 33, 93-101 (1992)
- 5) 布施恒明, 対木雅彦, 村瀬 誠, 加藤 熙: 愛知食品工技年報, 34, 29-34 (1993)
- 6) 中村道徳, 貝沼圭二編: 関連糖質実験法, p20, 学会出版センター (1986)
- 7) 科学技術庁資源調査会編: 四訂日本食品標準成分表, p50~60, 大蔵省印刷局 (1982)
- 8) 倉沢文夫: 調理科学, 12, 128-137 (1979)