

## 二軸エクストルーダによるソバの理工学的特性

守田和夫・田原迫昭爾・田中俊一郎

(農業システム工学講座)

平成2年8月10日 受理

### Physical Characteristics of Buckwheat Extruded by Twin-screw Extruder.

Kazuo MORITA, Shōji TAHARAZAKO and Shun'ichirou TANAKA  
(Laboratory of Agricultural Systems Engineering)

#### 結 言

わが国の食生活は飽食時代を迎えて新製品あるいは新素材など新しい志向の食品への要望が高まっている。一方、高齢化という社会的な現象を反映して健康食品の要求も強い。このように志向性が多様化するなかで、産業界では新しい動植物性蛋白質食品、ダイエタリ・ファイバ食品あるいは未利用資源を活用した組立食品やこれらの素材の開発などに多大な労力を払っている。しかし、従来の加工技術には限界があり、食品製造工程も熟練者の経験と勘に頼る部分も多く、その工程のアルゴリズムの解明さえなされていないのが現状である。また、実験室規模での研究成果も原料の性状や量からの制約、加工技術の未熟性あるいは単位操作の不連続性などにより、実用化の目的が達せられないまま推移する場合も少なくない。

こうした問題に対処するため、食品加工分野では様々な形で新技術の開発研究が行われているが、最近注目を集めている二軸エクストルーダ処理技術もその利用に大きな期待が持たれている。二軸エクストルーダはせん断、熔融、混合、混練、粉碎、搾汁、反応、膨化、組織化などの食品加工の基本的単位操作を複合的にしかも短時間かつ連続的に処理することが可能な機械である。なかでも、短時間に高温・高圧・高せん断力下で処理する特徴を有するため、原料とは異なる性質の素材を作り出すことも可能である。

欧米では、1970年頃から食品加工分野での研究<sup>2,3,5,8,10)</sup>が盛んに行われ、ペットフード、スナックなどの多数の加工食品が開発されている。

わが国では早川<sup>6)</sup>、土井<sup>13)</sup>の大豆蛋白質の組織化などを中心とした基礎研究があり、応用研究としては、農林水産省食品総合研究所の提唱により技術研究組合が結成され、多種多様な原料を使った試作テストを実施し、一部で実用化されたものもある<sup>9,11)</sup>。しかし、保坂<sup>7)</sup>の指摘するように、その操作性の複雑さ、安定性など多くの問題を抱えているため、十分な理論的解明および再現性の良い成果に至ったものは少ない。

本研究は高温、高圧下でのスクリュのせん断作用が食品原料に及ぼす影響について理論的に解明し、エクストルーダ処理の再現性および安定性を高め、自動制御が可能な技術を確立することを目的としている。

本報では、健康食品として注目されているソバを用いて、二軸エクストルーダ処理を試み、温度、圧力およびスクリュパターンなど加工処理条件と製品の理工学的性質との関係を明らかにするとともに新食品素材としての可能性について検討するものである。

#### 実 験 装 置

実験に供した食品用二軸エクストルーダ(日本製鋼所製TEX-30F)はスクリュ直径38mm、最大処理能力30kg/hであり、その概要をFig. 1に示す。すなわち、粉体、粒体を定量供給できるテーブルフィーダから供給された原料は二軸スクリュで粉碎、せん断を繰り返しながら搬送される間にプランジャポンプで加水、バレル内のヒータで加熱熔融、先端部で圧縮され、ホットカットダイで成形加工される。ホットカットダイは直径4mmの4個の穴あるいは直径10mmの穴を1個もち、玄ソバ、ソバ粉の膨化物、もち状

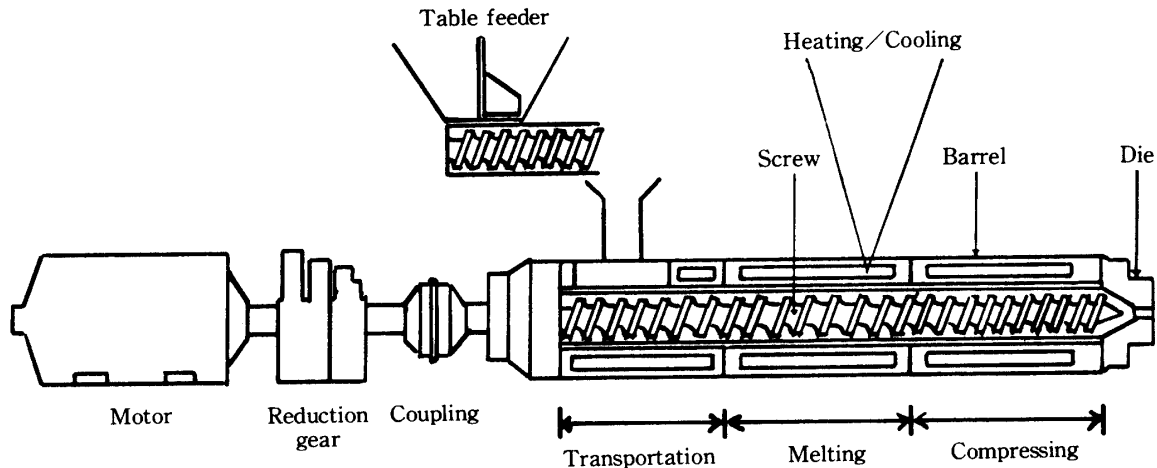


Fig. 1. Schematic diagram of the twin-screw extruder.

物の連続処理に用いられる。スクリュは台形ねじ、ボールねじ、逆ねじおよびニーディングディスクの4種類のエレメントを組合わせて使用し、L/D(スクリュの長さとの直径の比)=20の同方向回転とした。Fig. 2は二軸スクリュの形状とバレル内の原料移動

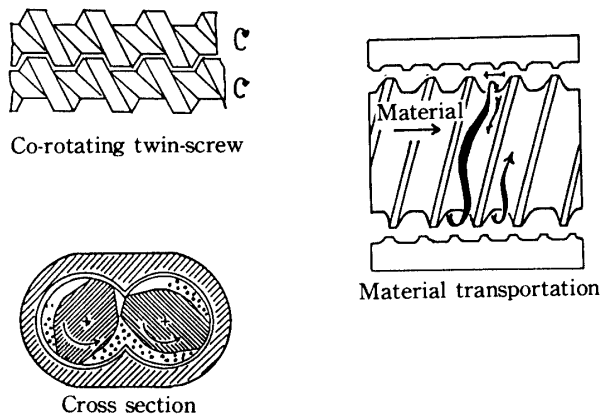


Fig. 2. Schematic diagram of the twin-screw

を模式的に示したものである。実験は原料投入から製品になるまで約90秒と短時間であるため、処理工程中に刻々変化する種々の処理条件を的確に把握する必要がある。このため、Fig. 3に示すように制御

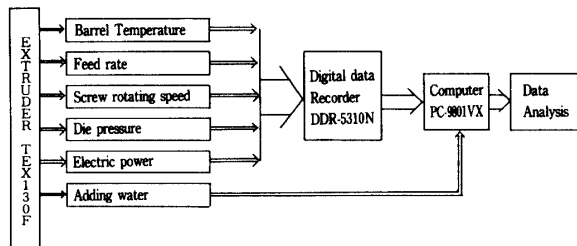


Fig. 3. Flow chart of the measuring system.

因子となるスクリュ回転数、原料供給量、各バレル温度(3点)、ダイの圧力と温度および主電動機の消

費電力をデータ収録装置(三洋電気特機製DDR5310N)に収録し、得られたデータをパーソナルコンピュータ(NEC製PC-9801VX)で解析できるよう改良した。

### 実験方法

#### 1. 供試材料

1989年11月に鹿児島県肝属郡串良町の県農業試験場内の実験圃場で収穫された玄ソバ(品種:宮崎大粒)をそのまま、あるいは粉碎してソバ粉にした後、実験に供した。また、ソバ粉は実験の目的に応じて小麦粉(中力)と適当な割合に混合して使用した。

#### 2. 膨化実験

##### 2.1 二軸エクストルーダ処理条件

スクリュパターンは製品品質に最も影響を及ぼす因子の一つであるが、その組合わせは無数に存在する。このため、今回の実験ではこれまでの実験結果<sup>1)</sup>に基づき、次の基本的な組合わせにより実験を行った。すなわち、ボールねじと台形ねじの組合わせの他に、スクリュ軸の先端にパイナップル形の逆ねじ(せん断力を働かせるため)および中間にニーディングディスク(粉碎、混練を良くするため)を挿入したものを使用した。スクリュ回転数は100~300rpmまで変化し、回転方向は先端側からみて時計回りの同方向回転とした。バレル温度はHarperの研究結果<sup>4)</sup>を参考にし、バレル毎に設定して、原料投入口付近(30℃)を除いて100~160℃とした。また、原料供給量は14.9, 16.7kg/hの二通りで、加水量は0~0.5l/hで行った。

##### 2.2 製品の工学的性質の測定

###### (1) 膨化率の測定

膨化製品の押し出し方向と直角な方向の膨張度合い

を比較するため、製品の断面積とホットカットダイの穴の断面積との比を求めた。製品の断面積は4個の穴から出た製品の直径を測定し、その平均値から求めた。

### (2) 比容積の測定

膨化製品の体積膨化率を比較するため、単位重量当たりの見かけの体積を求めた。メスシリンダ(250ml容)に、製品を5~10gと小麦粉を約150ml入れ、軽く30打して全体積を測定した。次いでその小麦粉の体積を全体積から差し引き、残りの体積の製品乾物1g当たりに相当する値を求めた。

### (3) 硬さの測定

製品の硬さを比較するため、それを圧縮したときの破断強度を求めた。レオメータ(不動工業製、NRM-2010J-CW)に歯切れ測定用アダプタを装着し、製品を載せた試料テーブルを6cm/minで上昇させて圧縮し、その時の破断強度を硬さとし、10検体の平均値で示した。

### (4) 粉碎体積の測定

膨化の均一性を比較するため、製品を破碎したときの単位重量当たりの見かけの体積を求めた。製品5.0gを粉碎し20メッシュのふるいを通し、これをメスシリンダ(100ml容)に入れ、軽く30打したときの占める体積を測定し、これを製品乾物10gに相当する体積で示した。

### (5) 膨潤度の測定

膨潤度は澱粉の $\alpha$ 化に対応する<sup>12)</sup>といわれ、製品の保水力を比較する指標である。今回はアルコール溶液中での膨潤度合を調べた。すなわち、粉碎した製品を約11%のエタノール溶液中に30分間浸漬して水分を吸収させ、これを20℃で6,000rpm、20分間遠心分離した。得られた沈殿部の重量を製品乾物1g当たりに換算して求めた。

### (6) 沈殿物量の測定

製品に含まれる低分子量の澱粉分解物量の多少を調べるため、膨潤度を測定したときの湿潤製品を105℃で18~36時間乾燥し、その重量を当初の製品乾物10g当たりに換算して求めた。製品から沈殿物量を差し引いた残りが冷水可溶性の沈殿量となる。

### (7) 表面色の測定

製品の褐変度合いを調べるため、粉碎物の色彩を色彩色差計(ミノルタ製CR-200)で測定し、ハンタ表色系(L, a, b値)で表示した。

## 3. ペースト化実験

### 3.1 二軸エクストルーダ処理条件

スクリュバターンは膨化実験の組合わせと基本的に同じであるが、先端の逆ねじを1/4ピッチの順方向台形ねじとした。実験はバレルを加熱(100~110℃)し、 $\alpha$ 化したもち状製品と常温で処理した麺を作るための生地製品の製造を行った。もち状製品はスクリュ回転数100~250rpm、原料供給量8.7kg/h、加水量0.6~2.4l/hの条件で、生地製品はスクリュ回転数150~350rpm、原料供給量9.7kg/h、加水量3.8l/hの条件で行った。また、市販の製麺機(さぬきM-305)で生地製品を作り、品質の比較に用いた。

### 3.2 物性の測定

#### (1) 応力測定

製品のこしの強さを比較するため、もち状製品から切り出したサンプル(5×5×8mm)を用いて、レオメータで一定歪を与えたときの応力測定を行った。エクストルーダ処理製品は含水率が異なるため、前処理として30分間サンプルを蒸し器で蒸した後、測定を行った。

#### (2) 切断力、応力緩和測定

生地製品を立方体(10mm)に成形し、レオメータにピアノ線アダプタを取り付けて、切断力の測定を行った。応力緩和測定は円筒形アダプタにより侵入、停止、引き離しを行い、サンプルの弾力性、粘着性および塑性の度合いなどを調べた。

#### (3) 表面色の測定

測定は膨化実験に準じて行った。

## 実験結果と考察

### 1. 膨化実験

#### 1.1 製品品質に及ぼすスクリュ回転数の影響

スクリュ回転数が製品の理工学的性質に及ぼす影響をソバ粉、玄ソバについて調べ、Table 1に示した。原料供給量を一定にしたとき、スクリュ回転数を増加しても、押出される製品量はほとんど変化せず、膨化率はスクリュ回転数の増加にともなって減少した。これは押出し量がほとんど不変であり、先端圧力がスクリュ回転数とともに減少していることから、スクリュ回転数が増加すると膨化は進むが、製品の直径は小さくなる。さらに、膨化率は断面積比であることから、吐出の線速度が増していることになる。粉碎体積はスクリュ回転数とともに増加することより、膨化は均一になっていることを示している。しかし、比容積ではスクリュ回転数が250rpmまでは増加傾向にあるが、それ以上では減少している。これは玄ソバについて見るとその傾向が明らか

Table 1. Effect of screw rotating speed of extruder on the physical properties of puffing products.

Material	Conditions of extruder				Physical properties					
	Screw speed (rpm)	Feed rate (kg/h)	Product rate (kg/h)	Die press. (kg/cm <sup>2</sup> )	Puffing ratio	Specific volume (ml/g)	Hardness (kg)	Crushed volume (ml/10g)	Swelling power (g/g)	Precipitated weight (g/10g)
Buckwheat flour	150	14.9	15.0	60	13.41	12.5	1.25	44.1	5.55	8.0
	200	"	14.8	36	12.16	11.1	1.11	49.1	4.85	8.0
	250	"	15.1	31	5.88	13.9	1.36	89.5	3.70	6.5
	300	"	14.9	20	2.10	10.5	2.40	84.0	3.65	7.0
Buckwheat	150	16.7	16.5	67	3.85	6.4	5.30	31.6	4.25	6.5
	200	"	17.0	58	5.64	6.7	3.25	41.1	3.65	7.0
	250	"	16.9	23	3.06	7.1	2.64	55.9	3.40	7.5
	300	"	16.8	17	1.82	3.6	6.39	61.0	2.95	4.5

Adding water : 0.5 l/h

であり、膨化製品の体積膨張率は一旦増加した後減少し、あるスクリュ回転数以上では膨化しにくくなることを示している。沈殿物量についても同様な傾向があり、冷水可溶性澱粉量は一旦増加した後減少する。また、エクストルーダ処理は温度、圧力の他にせん断力が加わるので、膨潤度はスクリュ回転数の増加につれて減少し、澱粉質は膨潤、 $\alpha$ 化が進み、澱粉粒が崩壊していることがわかる。硬さはスクリュ回転数の増加とともに減少傾向にあるが、300rpm以上では逆に増大している。この回転数では膨化率、比容積、沈殿物量は極端に小さく、粉碎体積は自然な増加を示すことにより、見掛けの膨化は密にかなり均一になっているが、澱粉粒がせん断破壊された後再び結合し、膨化状態の性質が変わったものと

考えられる。

次に原料の違いについてみると、玄ソバはかなり硬いソバ殻を含んでいるため、直接の処理は難しいと思われたが、エクストルーダ処理では容易に膨化が行われた。ソバ粉と比較すると、膨化率は小さく、硬さも硬くなった。また、スクリュのせん断力が強いので、硬いソバ殻を含んでいるにもかかわらず、比較的粉碎体積も多く、目視による判断では、ソバ殻はほとんど製品中には見られなかった。しかし、官能試験ではスクリュ回転数の少ないものほど舌にソバ殻がざらつくのが感じられた。

## 1.2 製品品質に及ぼす加水量の影響

加水量が製品の理工学的性質に及ぼす影響をソバ粉、玄ソバについて調べ、Table 2に示した。スク

Table 2. Effect of adding water on the physical properties of puffing products.

Material	Conditions of extruder		Puffing ratio	Specific volume (ml/g)	Physical properties			
	Feed rate (kg/h)	Adding water (l/h)			Hardness (kg)	Crushed volume (ml/10g)	Swelling power (g/g)	Precipitated weight (g/10g)
Buckwheat flour	14.9	0	12.51	16.0	1.49	58.5	4.15	7.0
	"	0.5	12.16	11.1	1.11	49.1	4.85	8.0
Buckwheat	16.7	0	1.44	5.7	2.42	67.0	2.95	7.5
	"	0.5	5.64	6.7	3.25	41.1	3.65	7.0

Screw speed : 200 rpm

リュ回転数、原料供給量を一定にしたとき、加水量を増大していくと次第にもち状の製品となり、最後には糊となって間欠的に噴出する。実験の安全性を考慮して加水量は0.5 l/hまでとした。ソバ粉、玄ソバとも加水量の変化の差が少ないため、明らかな違いはみられないが、加水により硬さは減少し、粉碎体積、膨潤度は増加の傾向にある。これは加水によって膨化が不均一になっていることを示している。水

が加わり、これに熱が加わることによって澱粉粒が膨潤し、 $\alpha$ 化したものがダイから吐出されるとき、内蔵する水分の気化によって膨化したものと考えられる。目視により膨化製品の肉相を観察すると、加水によって相が不均一になり、気泡も大きくなっていた。したがって、加水すれば膨化製品の吐出は容易になるが、製品は軟らかくなり、著しく品質が低下していくことになる。

### 1.3 膨化製品の色の变化

エクストルーダ処理条件が膨化製品の色に及ぼす影響を調べ、Table 3に示した、スクリュ回転数 $\omega$

が増加するにつれ、ソバ粉、玄ソバともL, a, b値は増加することより、明度は増すが、同時に褐色度も強くなる傾向にある。また、加水量を増加すると

Table 3. Effect of conditions of extruder on the color of puffing products.

Material	Conditions of extruder		Color (Hunter)		
	Screw speed (rpm)	Adding water ( $\ell/h$ )	L	a	b
Buckwheat flour	150	0.5	55.72	3.07	19.49
	200	"	54.00	4.84	23.40
	250	"	57.83	4.08	23.78
	300	"	60.69	5.13	24.09
Buckwheat	250	0	59.61	6.07	25.52
	150	0.5	42.17	2.52	12.94
	200	"	39.69	3.26	14.51
	250	"	44.09	3.96	17.29
	300	"	46.86	3.49	17.18
	250	0	41.44	4.79	17.69

Feed rate : 14.9 kg/h (Buckwheat flour), 16.7kg/h (Buckwheat)

ソバ粉のL, a, b値は減少し、玄ソバのL値は増加、a, b値は減少している。これは加水によりソバ粉は褐変が減少し、玄ソバは白くなる傾向を示す。すなわち、色の面のみからみれば、スクリュ回転数はあまり速くなく、加水したものが好ましい結果となる。

以上の結果をまとめると、二軸エクストルーダを使用してソバ粉、玄ソバの膨化は容易に行えるが、スクリュ回転数、加水量など処理条件が製品品質に大きな影響を及ぼしていることが判明した。品質的にはスクリュ回転数は200~250rpmが適当であり、加水はできる限りしないことが望ましい。また、今回の試験では検討できなかったが、スクリュパターンの違いによる影響、処理温度すなわち最適バレル温度がいくらであるかを明らかにする必要がある。最後に、エクストルーダ処理では高温高圧下で大きなせん断力が原料に加わり、澱粉の $\alpha$ 化作用を超越

した熱を受け、澱粉粒が崩壊し、冷水可溶化するものと考えられる。この可溶性の澱粉量を測定して、せん断力を受けた程度を推定し、最適処理条件を求めることが必要であり、この量と品質評価の関係をさらに詳しく検討する必要があるであろう。

## 2. ペースト化実験

### 2.1 もち状製品の物性

一般にソバ粉は澱粉に含まれるグルテンが少ないため、結着力が小さい。しかし、エクストルーダ処理した製品はゴム状になり、圧延機を通してほとんど塑性変形しなくなる。これは100℃付近の温度、5 kg/cm<sup>2</sup>前後の圧力と通常の食品加工では得られない条件下で処理するためである。そこで、エクストルーダ処理条件と製品の物性および表面色の関係を調べ、Table 4に示した。Table 4で加水量0.6  $\ell/h$ はダイ出口で製品内側から膨化が始まる限界域で、もち

Table 4. Effect of conditions of extruder on the physical property and color of pasty products.

Conditions of extruder		Physical property Compressive stress (kg/cm <sup>2</sup> )	Color (Hunter)		
Screw speed (rpm)	Adding water ( $\ell/h$ )		L	a	b
100	0.6	22.88	24.08	0.31	3.63
150	"	23.40	31.39	1.38	6.15
250	"	11.56	30.84	1.57	5.48
100	2.4	27.96	35.30	1.36	10.21
150	"	14.16	27.38	1.46	6.32
250	"	6.80	21.46	0.28	3.89
250	0.6	11.56	30.84	1.57	5.48
"	1.2	11.36	25.35	1.22	4.87
"	1.8	8.32	26.21	0.87	5.46
"	2.4	6.80	21.46	0.28	3.89

Feed rate : 8.7kg/h

状製品を作る最低値である。スクリュ回転数が増すにつれ、圧縮応力は加水量0.6 l/h, 2.4 l/hとも減少している。しかし、表面色では加水量0.6 l/hでL値は減少, a, b値は増加, 2.4 l/hでL, a, b値は減少した。すなわち、スクリュ回転数が増すと水との混合、混練性は良くなり、均一な品質の製品となるが、せん断力も強く働くため、組織は軟化し、弾力性が弱くなる。表面色は加水量0.6 l/hで明度が高くなり、褐色が強くなり、加水量2.4 l/hでは明度は低くなるが、逆に褐色の度合いは弱くなる傾向を示した。また、スクリュ回転数を一定にしたときの加水量の影響については、加水にともない圧縮応力は小さくなり、製品は軟化し、表面色は淡く色があせる傾向を示す。このようにエクストルーダ処理条件の違いにより、品質が変化するのは、バレル内で水とソバ粉が短時間に混練、加熱され、圧力下で練り出されるため、微妙に水分が影響するものと考えられる。実際の連続的な加工においては、安定した品質を得るため、処理条件をかなり厳密に設定し、それを維持することが必要である。また、加工面では、このような性質を持つ製品を通常の加工技術で作りに出すことは難しく、食品素材としての利用を考えた場合、乾燥した後、焼成機による煎餅の製造あるいはフライによるチップス加工などへの応用が可能と考えられる。

## 2.2 生地製品の物性

現在市販されているソバ麺のほとんどは、小麦

粉との混合製品で60%以上が小麦粉である。この理由として、原料の価格差もあるが、一般にソバ粉の結着性が薄いためであると言われている。そこでエクストルーダ処理により麵製造に用いる生地を作成し、従来の製造法による製品の品質を比較した。エクストルーダ処理は原料供給量を9.7kg/h, 加水量を3.8 l/hの一定条件下でスクリュ回転数を変えて行った。このとき、押し出し量は約12.5kg/h前後、圧力は5 kg/cm<sup>2</sup>以下、バレル温度は常温(30℃以下)であった。この処理条件下での生地製品の物性の違いを比較するため、Fig. 4示す応力緩和曲線から以下の項目を定義し、それぞれについて検討した。Table 5はスクリュ回転にともなう侵入距離、弾力性、粘着性、硬さの度合い、塑性の度合いおよび切断力の変

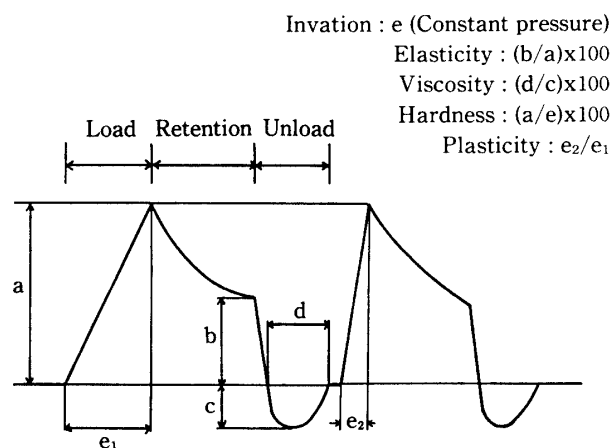


Fig. 4. Schematic diagram of the creep test by rheometer.

Table 5. Effect of screw rotating speed of extruder on the rheological properties of pasty products.

Material	Conditions of extruder		Rheological properties				Cutting force (kg)
	Screw speed (rpm)	Invasion (mm)	Elasticity index	Viscosity index	Hardness index	Plasticity index	
Buckwheat flour 100%	150	3.5	35.0	12.5	22.9	0.50	64.3
	250	3.2	38.8	13.3	25.0	0.50	83.7
	350	2.0	47.5	18.0	40.0	0.65	84.7
Mixed flour 50%	150	6.7	41.3	13.3	11.9	0.31	34.0
Buckwheat flour 100%	Ordinary method	3.6	31.3	11.3	22.2	0.31	154.7

Feed rate : 9.7kg/h, Adding water : 3.6 l/h

化について示したものである。すなわち、スクリュ回転数の増加にともない、侵入距離は減少、弾力性、粘着性、硬さの度合い、塑性の度合いおよび切断力は増加した。このことより、製品の弾力性は増すが、

べたつき易く、硬く切れにくくなっていくことがわかる。ソバ粉に小麦粉を50%混合したものをスクリュ回転数150rpmで比較すると、製品は軟らかくなるが、切れ易くなり、通常、結着剤となる小麦粉が逆の効

果となった。また、含水率をエクストルーダ処理製品とほぼ同じ38~40%w.b.として、従来の製造法により作成した生地製品と比較すると、スクリュ回転数150rpmの物性値が最も近い値を示した。しかし、切断力は半分以下で圧倒的にエクストルーダ処理製品が切れ易くなっている。手ざわりなど感覚的にはほとんど変わらないが、圧延機にかけるとエクストルーダ処理製品は圧延ロールに付着したまま、ぼろぼろに切れた状態になる。これはスクリュ回転によりせん断力が強く働き、澱粉粒を破壊してしまうためである。このため、小麦粉の結着剤としての効果も全く期待できなくなる。以上のように、エクストルーダ処理は従来法につく、こねるなどの操作とは異なり、せん断力の影響がかなり大きいため、結着性を良くするには圧力とともに、やはり澱粉の熱変性を引き起こす糊化温度以上が必要となる。結局、生地素材としては、エクストルーダ製品は粒子レベルまで均一性の高いものとなるが、麺加工目的には好ましくないものとなるので、この特性を生かした他の加工製品への適用を考える必要がある。

### 要 約

ソバ粉および玄ソバのエクストルーダ処理を行い、処理条件と製品の理工学的性質の関係を調べ、以下の知見を得た。

1. エクストルーダ処理によりソバ粉および玄ソバの膨化が容易に可能となった。しかし、処理条件が製品品質に及ぼす影響は大きく、理工学的性質から見てスクリュ回転数は200~250rpm、加水量はできる限り少なくするのが適当であると判断された。

2. 高温、圧力下でエクストルーダ処理したもち状製品は、塑性変形しにくい性質になった。スクリュ回転数が増加するにつれ、水との混合、混練性は良くなり、均一な品質となるが、せん断力も強く働くため、圧縮応力は減少し、弾力性の弱い軟化した組織になった。

3. 常温、圧力下でエクストルーダ処理した生地製品はスクリュ回転数の増加にともない、べたつき易く、硬く切れにくくなる傾向を示した。また、小麦粉を混合すると組織は軟化していくが、結着剤としての効果は全く見られなかった。従来からの製造法と比較すると、スクリュ回転数150rpmの低速回転での製品が最も近い物性を示したが、切断力は半分

以下となり、圧延した状態から判断しても、結着性は弱くなることが判明した。これはスクリュ回転による強いせん断作用が澱粉粒を破壊するために起こるものと推定される。

4. ソバの食品加工への利用は麺製品がほとんどで、その加工用途は少ない。しかし、エクストルーダ処理により膨化物はスナック、クルトンなど、ペースト化物はせんべい、フライドチップなどへの利用が可能となり、その食品素材としての加工適性は高くなった。

**謝辞** 本研究は食品科学振興財団奨学研究費の助成を得て行った。また、御校閲を頂いた本学農学部小島新助教授、取りまとめに際し、協力を得た山地宏、西功至、富永泰輔君に深く謝意を表します。

### 文 献

- 1) 安倍章蔵ら：食品素材の二軸エクストルーダ処理による新食品の開発に関する研究。通産省技術開発研究事業報告書，II，1~22 (1987)
- 2) Gomez M.H. and Aguilera J.M. : Changes in the starch fraction during extrusion-cooking of corn. *J. Food Sci.*, **48**, 378~382 (1983)
- 3) Harper J.M. and Harmann D.V. : Research needs in extrusion cooking and forming. *Trans. A. S. A. E.*, **16**, 941~945 (1973)
- 4) Harper J.M. : Extruder not a prerequisite for texture formation. *J. Food Sci.*, **44** (3), 245~250 (1979)
- 5) Harper J.M. : Extrusion Texturization of Foods. *Food Technology*, **40** (3), 70~76 (1986)
- 6) 早川功：植物蛋白のエクストルージョンクッキング。ケミカル・エンジニアリング，**30** (8)，30~34 (1985)
- 7) 保坂秀明：エクストルージョンクッキングの問題点。フードケミカル，**5**, 45~50 (1987)
- 8) Launay B. and Lisch J.M. : Twin-screw extrusion cooking of starches. *J. Food Eng.*, **2**, 158~163 (1983)
- 9) 野口明德：エクストルーダの食品工業への利用。食品と科学，**26** (3)，81~89 (1984)
- 10) Rossen J.L. and Miller R.C. : Food extrusion. *Food Technology*, **27** (8)，46~52 (1973)
- 11) 佐々木孔一：二軸エクストルーダ利用による新しい食品加工技術。食品加工技術，**5** (1)，3~10 (1985)
- 12) 外山忠雄ほか：澱粉化学ハンドブック，244, 朝倉書院，東京 (1977)
- 13) 土井悦四郎／二軸エクストルーダによる植物たん白の利用。食品と科学，**27** (10)，69~73 (1985)

## Summary

Buckwheat and its flour were extruded under various conditions using twin-screw extruder. The relationship between extruding conditions and physical properties of the extruded products were investigated in detail. The results are summarized as follows :

1. Buckwheat and its flour could be easily puffed by twin-screw extruder under the following conditions, namely barrel temperature (100~160°C), screw rotating speed (100~300rpm), feed rate (14.9~16.7kg/h), water addition (0~0.5 l/h). After examining various puffing conditions, the optimum extruding condition consisting of 200~250rpm of screw rotating speed and no water addition was fixed to be the best choice, with the other factors remaining constant.

2. The pasty product processed by extrusion-cooking under the following condition, namely temperature (100~110°C) and pressure (5 kg/cm<sup>2</sup>) was characterized as elasticity. The physical characteristics of extruded products were considerably affected by the extruding conditions. The quality of pasty product became uniform with the increase of screw rotating speed but its structure became weakened because of the shearing force of the screw rotations.

3. The pasty product processed by extrusion-cooking under the conditions of temperature (30°C) and pressure (5 kg/cm<sup>2</sup>) became sticky and hardened with the increase of screw rotating speed. The mixed wheat flour pasty product processed by extrusion-cooking was softer as compared with the previously made buckwheat, but the effect of the wheat flour as bonding agent was lost. Excluding the cutting force value, the physical properties of the extruded product under screw rotating speed condition of 150rpm, were nearly equal to those of the paste made by the usual manufacturing method. The quality difference between the extruded paste and the usually manufactured paste could be estimated to be a cause for destroying of the starch structure due to the shearing force of screw rotations.

4. The usefulness of buckwheat flour which has been limited within that of the raw noodles is to be multiplied and utilized for various other purposes by making use of the extrusion-cooking in food processing technology. Therefore, the puffing products may possibly be used for the snacks and the pasty products for food materials, such as fried chips and crackers.