味噌製造とエクストルーダー

2軸型エクストルーダーの食品加工機能は広汎かつユニークなものがあり、広く食品工業に導入されつつあるが、今回は、味噌の原料の処理と味噌の加熱・殺菌への応用について解説願っていただいた。

大澤 好 明

1. はじめに

食品製造における加工技術の果たす役割は大きく、その技術的進歩は日々早まっている。機械化による技術開発は量的な生産面から質的な品質面へと変わり、さらに健康嗜好面へと発展しつつある。

伝統的醸造食品である味噌の製造においても機械化は目ざましく、原料処理、製麹、発酵、製品調整など各工程で複合化、省力化、連続化が進められている。また近年、需要拡大に対応すべき新商品、新製品が求められるなか、機械化による加工技術の開発は味噌業界内でも年々関心が高まっている。

その中においてエクストルージョン・クッキングは新しい食品加工技術¹⁾として、食品産業界で早くから関心が集められ注目されていた。この技術は熱交換が可能な押し出し混練機を用いて、連続的に食品を加工処理する方法で、同一設備で多様な特性を持つ製品を作れること、製品形態を自由に变化させ得ること、各種の材料を用いて品質の高い安定した製品が得られること、製造能力が高いこと、ランニングコスト、設置スペースが小さいことなどの特徴を持ち、加えて内部で発生する諸現象が食品加工に必要な単位操作の多くをカバーできるなどの特徴を持っている。これらエクストルーダーの機能を味噌製造に応用できれば各種処理工程での省力化、時間短縮化になり、多様化志向に対応した新規製品の開発に寄与できるものと考ええる。

そこで本稿では、エクストルーダーの構造や機能、用途開発、味噌を含めた醸造物における利用状況や将来性、また味噌の処理など最近の研究成果について紹介する。

2. 構造と機能

エクストルーダーの構造は第1図に示すフィーダー、スクリーン、加熱・冷却バレルおよびダイから構成され

ている。このうち機能を大きく左右するのがスクリーンとバレルである。スクリーンは種々の形状、長さ、配列様式で無数の組み合わせができ、バレルについてもその構造と加熱冷却部の有無により多くの種類があり、この両者の組み合わせ方でエクストルーダーの特徴が決まると言っても過言ではない。

機能の大きな特徴は温度処理と機械処理とが同時に行えるところにある。第2図に示すとおり移送、混合、粉碎、圧縮、混練、剪断、加熱、殺菌、膨化、成型などの各機能の強調、複合、制御によってほとんどの単位操作をカバーすることが可能である。しかもこれらの工程を短時間に連続的に進行させ、また製品のテクスチャーや食感をコントロールする能力を併せ持っている。

食品加工操作には加熱（炊く、蒸す、焼く、炒める、煎じる、油で揚げる）、混合（混ぜる、練る、叩く）、粉碎（砕く、すりつぶす）、脱水（絞る、漉す）、乾燥などがある。従来はこれらの各操作を、その手順に従って単機能の装置を使って処理することが多く、味噌製造においてもバッチ式の操作がほとんどであり、大豆処理工程以外は一般的に温度 100℃ 以下、大気圧下で処理される。しかし、エクストルーダーでは各操作をスクリーンの組み合わせや原料の水分、加熱温度を調整することにより1台で行うことができる。このように製造ラインの合理化、連続化、時間短縮のみならず、高温（300℃ 程

第1図 エクストルーダーの構造

Application of an Extruder to Miso Manufacturing
Yoshiaki OSAWA (The Shinshu Miso Research Institute)

第2図 2軸エクストルーダーの機能

度), 高圧 (100 kg/cm²) 条件など一般的な調理加工とは異なった処理が行えることにより, 従来にはない新しい食材生産や未利用資源の活用が期待できる。

エクストルーダーの1軸型と2軸型の比較については野口²⁾がバレル内での物質移動について説明している。

1軸型では原料の水分, 油分が高いとスクリーと共まわりを起しやすく原料搬送は不可能となる。そこでスクリーの搬送性を高めるべくスクリーを増したり, 原料内で潤滑として作用する水分や油分をできるだけ低くし, 原料の粒度分布をある範囲にとどめるなどの対策を講じなければならない。それに反し2軸型の構造は1軸型と大差ないがスクリーが完全噛合型であり, 原料はスクリーの山と谷の間隙を通して他の溝に移り, 8の字状に運動しながら運ばれる。これが1軸と2軸の決定的な違いである。つまり1軸型は運転の安定性にやや乏しく, 原料に対し広い対応能力に欠け1軸型でカバーできる原料は厳しい管理が要求されるが, 構造は単純であり, 原料組成の一定した製品の製造には適している。それに対し, 2軸型は1軸型よりバレル内壁面の面積, スクリーの表面は非常に大きく加熱, 冷却に適している。また, 回転方向やスクリーの形状も多彩であり, 用途に応じた組み合わせにより種々の原料の使用と必要な機能を実現することが可能となる。

3. 用途開発

食品加工に押し出し機が用いられた歴史は古く, 19世紀にスクリー型がスパゲッティやソーセージの加工に利用され, その後20世紀に入りプラスチックの成型分野で1軸型として著しい技術の開発が進んだ。続いて食品加工分野でも, 欧米を中心に1930年代より広く利用され, 1970年に2軸型が使用されて以来, 日本でも食品用が製造され, ハード, ソフト両面で急速な開発が進められた。

2軸エクストルーダー内部で起こる様々な現象, あるいはバレルやスクリー構造から期待し得る現象をそれぞれ単独あるいは複合で利用することにより次のような

広範囲な処理³⁾が可能となる。

- ①圧縮: 脱水 (おから), 搾汁 (果実とその皮, 醬油粕, 酒粕), 油糧種子の圧搾 (ゴマ, ヒマワリ, ナタネ, 大豆), 粉碎 (骨片, 木材チップの飼料化, コーヒー, カカオ) など
- ②混合, 混練: チョコレート, すり身, 麺生地, 餅生地など
- ③剪断: 酵母の細胞壁損傷, 殺菌, 酵素失活, 澱粉分子切断, 蛋白変性など
- ④加熱, 溶解: 酵素失活 (ホスファターゼ, リパーゼ, ウレアーゼ, リボキシゲナーゼ, パーオキシダーゼ, アミラーゼ, プロテアーゼ), 殺菌, 反応, 組織化, 無毒化, 生理活性物質の抑制 (トリプシンインヒビター, ヘマグルチニン) など
- ⑤成型: ブロック化, 一定形状 (ソーセージ, 複合スナック) など
- ⑥膨化: スナック, オートミールなど

であり, いずれの応用例も食品製造と密接な関係がある。

食品加工機として利用⁴⁾される可能性は

(1) 穀類加工

スナック類 (膨化製品, 未膨化製品 (フライ用))
 麺類 (マカロニ, スパゲッティ, フラットブレッド, ビスケット, クラッカー, クルトン類, パン粉, シリアル)

(2) 大豆加工

組織状植物性蛋白 (人造肉)
 全脂大豆粉末変性 (酵素, 栄養阻害物質の失活)
 おから処理物 (ダイエット食品, 飼料)
 搾油 (大豆, ゴマ)

(3) 水産, 畜肉加工

多獲収漁 (練り製品, ハム, ソーセージ)
 フィッシュミール, 骨, 内臓 (可食化, 飼料化)

(4) 乳製品加工

チーズ, バター, マーガリン, キャンデー, チョコレートなどの改良

(5) その他

ベビーフード、ペットフード、飼料、養魚飼料、
発酵工業原料処理、殺菌加工、連続反応、未利用
資源有効利用、新食品素材加工

このようにエクストルーダーの応用展開は各方面で進められており、食品や飼料の製造のみならず、食品素材の処理、産業廃棄物の処理、化学またはバイオリアクターとしてなど原料の前処理装置としての利用も考えられる。「食品産業エクストルージョンクッキング技術研究組合」⁵⁾でも研究活動がなされて多くの知見を得ており、以後も数多くの研究報告が提出され、特許が公開、公告されている。

また近年では、特に大豆蛋白を利用した新素材の開発、応用、新製品の開発がなされ、積極的なマーケティング活動が行われている。その結果、健康性と経済性を土台として大豆食品の展開が本格的となり、今日ではそれらの製品が市場にみられるまでに至っている。飼料、ペットフードへの大型機の導入や高齢者用食品についても機械メーカーや各研究機関で研究が行われ、機械の内部現象に関する基礎知識を集積して安定的な制御法の開発が進められている。

4. 醸造原料の処理

エクストルーダーの醸造産業への利用や有用性、問題点については飯野⁶⁾が、応用について五十部⁷⁾が紹介している。

目的としては原料処理における省力、省エネルギー並びに原料選択の多様化にあると考えられ、特に原材料の膨化と澱粉の α 化に絞られる。エクストルーダーによって処理された原料で醸造した製品が従来法による製品と同等の品質であればその目的は十分に達せられたものとみるべきであり、それ以上の品質であれば望外の効用とすべきである。

清酒では原料米の蒸きょうに代わる方法であり、大森⁸⁾は1軸型により膨化米を掛け米として利用し、蒸きょうに比べ30%のエネルギー節約ができたとしている。また、中山⁹⁾も玄米と70%精白米を膨化し、麴米として試醸し、蒸きょうよりも生成酒ではアミノ酸度が低く、着色はややみられるものの、こうばしい香りで特徴ある風味の差別化製品としての可能性を示唆している。酒税法の改正により麦、あわ、とうもろこしなどの穀類などが使用できることになり、高橋¹⁰⁾は従来の蒸きょうでは粉状で均一な散水がしにくく作業が困難とされているコーンスターチを2軸型を用いて α 化し、清酒を試醸して興味深い結果を得ている。また河野¹¹⁾も、コーンスターチを用いた清酒原料の製造を行っており、他

にも多くの報告がみられるが、これらの中には製品の色調(着色)に影響のある鉄分が問題となり、エクストルーダー自体の材質や操作法に改善が必要である。しかし従来用いられなかった原料の処理が可能であり、今までの酒質にとらわれない清酒の製造も可能である。

焼酎においても本多¹²⁾は差別化を目指し、消化の悪いひえをエクストルーダー処理し消化率を高めて掛け用として利用し、河野¹³⁾も二次原料処理の有利性を明らかにしている。

ビール醸造ではMEUSER¹⁴⁾は焙焼麦芽の代わりにエクストルーダー処理麦芽を併用してコストダウンを図ったり、HUDSON¹⁵⁾は麦芽に代わるエキス分として膨化処理した大麦、小麦、とうもろこし、米などを代替してビールを醸造し、その有効性を報告している。

醤油は醸造物の中では早くからエクストルーダーを利用し、大豆の蒸きょうと小麦の焙焼割砕に代わる原料処理が行われている。岸¹⁶⁾は小麦粉とふすまを用いて高圧、湿熱、膨化処理を行い高 α 化原料を調整しこうじむぎの製品化を行い、さらに松本¹⁷⁾、清水¹⁸⁾は脱脂大豆、小麦粉を混合後処理を行ったこうじむぎEXの開発を、竹田¹⁹⁾はそれを用いた製麴、醤油の試醸を行い作業性、高酵素活性、糖溶出率などの効果を確認している。また、藤田²⁰⁾は大豆、小麦の同時処理の可能性と蛋白質、澱粉の利用率の向上を図るため、脱脂大豆と小麦粉、ふすまを混合、加水後エクストルーダーで粒状の新しい製麴原料を作り醤油原料としての適性を検討し良好な結果を得ている。さらに脱脂大豆、小麦の混合物を膨化と造粒を同時に行い、その製麴の作業性の良好さや高プロテアーゼ活性麴を得ることができ、従来法に比べ窒素、糖の溶出量が大幅に増大し、原料蛋白、澱粉の利用率の向上が認められたとしている²¹⁾。本井^{22,23)}はこうじむぎEXを利用し、大幅な減麴醤油の醸造の可能性を明らかにしている。松本²⁴⁾は色の淡い白醤油の製造法について、大野²⁵⁾は粉粒状の大豆、脱脂大豆、大豆ミール、小麦、米、とうもろこしを単独または混合して膨化と α 化処理を行い、目的によっては圧扁も行っている。他にも醤油原料に関しては藤田²⁶⁾はじめ多くの特許がみられる。

味噌に関しては醤油原料処理を味噌に展開するのが始まりで、味噌製造工程中の大豆の蒸煮、米の蒸きょうの代替としてエクストルーダーが利用されている。南沢²⁷⁾は米粉と脱脂大豆粉を混合、膨化処理後乾燥することにより調整した味噌用加工原料の製麴適性を検討した。この α 化度は90%以上、N性は陰性(ー)で製麴適性は米粉、脱脂大豆粉の等量付近で、米麴に比較してpH6.0のプロテアーゼは約5倍、アミラーゼで約4倍

の活性を得ている。また、60℃以下の温風乾燥で麴の酵素活性への影響や、麴水分10%以下では30℃、180日間貯蔵しても一般成分、官能性状にほとんど変化のないことを明らかにした。さらに、南沢ら²⁸⁾はこの味噌用加工原料で製麴、乾燥、粉碎した高力価味噌用粉末麴（ハイコージ）を用いて麦味噌を試醸し、麦麴とハイコージを併用すると官能的に優れ、単独ではハイコージの方が硬度、粘性が低くなるが照り、冴えが良くなりハイコージが麦麴に十分匹敵するものであることを強調した。また、ハイコージの麦味噌への応用を検討²⁹⁾し、蛋白分解率、溶解率、グルタミン酸生成量等にその添加効果を認め、酵素剂的に使用した時にはグルタミン酸の生成量が非常に多く、従来の酵素剤にない特性がみられることを明らかにした。他にも六川ら³⁰⁾の米味噌への利用や補添効果³¹⁾、低食塩化味噌への併用³²⁾などの報告がみられる。原山ら^{33,34)}もベレット状、 α -顆粒タイプのこうじむぎを用い、高酵素活性の麴を製造し、この麴を用いて味噌を試醸し、中間色系から赤色系において味の濃厚な旨味のある、良好な結果を得ている。

味噌用麴としては望月ら^{35,36)}、安平ら³⁷⁾、藤田ら^{38,39)}ら、南澤ら⁴⁰⁾の多くの特許がみられ、岸ら⁴¹⁾の常法で仕込んだ後乳酸発酵経過中の適当な時期に膨化原料を再仕込みする製造法の開発もみられる。

筆者ら⁴²⁾は粉末の生大豆と米粉を用い、食品素材としての適性や味噌用麴原料、副原料としての利用を目的としてエクストルーダー処理を行っている。同方向回転噛合型ツインスクリーでスクリー径67.6mm、L/D=8、パレル設定温度170℃、回転数100rpmで処理を行ったところ大豆比率が0~70%で膨化を認めた。第1表に示すとおり膨化率は136~354%となり、膨化率の上昇に従って硬度は低下し、吸水率は増加した。またN性は陰性、NSIの減少率は86~92%に達し、トリプシンインヒビターは95%以上失活した。過酸化物質は膨化率の上昇とともに増加したが、保存中の変化は未膨化のものに比べ非常に小さかった。また、食味試験では米粉100%に比べ大豆比率30%以上では歯への付着はな

第1表 押出物の分析結果

大豆 (%)	水分 (%)	膨化率 (%)	硬度 (kg)	吸水率 (%)	N性	NSI (%)	T.I (mg/g)
0	9.3	354	0.59	455	—	5.24	
10	9.8	344	1.67	416	—	4.33	0.09
30	10.2	216	2.62	320	—	5.79	0.12
50	10.6	173	2.48	240	—	6.44	0.20
70	11.4	136	2.80	212	—	6.55	0.59
90	12.7	101	0.33	237	+	11.74	6.36
100	10.2				+	92.10	39.96

NSI: WSN/TN×100 T.I: トリプシンインヒビター

く、風味は10~30%が炒り大豆香があり、旨味も増して最も好まれた。

桜井ら⁴³⁾は同方向回転噛合型ツインスクリーでスクリー径42mm、L/D=9.5で米粉、コーングリッツの処理を行った。その結果、米粉では処理温度115℃で原料水分22.6%以下、コーングリッツでは処理温度90℃で原料水分21.8%以下でそれぞれ完全膨化を認め、処理時の圧力は13~34kg/cm²で圧力が高い方が膨化率は高く、押し出しも安定していた。原料水分が少なく高温処理ほど膨化率が上昇し、硬度は米粉では膨化率300~350%の間で急激な減少が認められ、コーングリッツでは米粉の5倍以上高い値であったとしている。また、ベーキングパウダーを添加することにより気泡は密となり組織が均一化されたため膨化率は低下し、硬度は高くなった。これらの α 化度はほぼ100%に達しており、食味性は膨化率が高く高温処理ほど好まれ、ベーキングパウダーを添加するとさらに良くなったとしている。このように大豆や米粉などを単独あるいは混合してエクストルーダー処理すると条件次第で良好な膨化処理物を得ることができ、保存性の高い味噌用原料や麴原料、あるいは二次加工により他の食品素材や複合原料として有望と考えられる。

田口ら⁴⁴⁾の特許によれば脱皮丸大豆を2軸型を用い、ダイ直前の温度を120~170℃、10~50kg/cm²にて押し

第2表 処理大豆の分析結果

条 件	水分 (%)	N性	NSI (%)	T.I (mg/g)
一夜 浸漬大豆	64.4	+	41.6	24.80
0.7 kg/cm ² 25分	62.3	—	9.6	0.00
150℃ 1回処理*	58.6	—	10.1	4.55
3回	55.8	—	7.8	1.22
180℃ 1回	57.4	—	6.0	3.28
3回	52.6	—	5.4	0.87
60分 浸漬大豆	52.8	+	72.7	25.20
160℃ 1回処理*	48.8	+	20.3	8.29
3回	44.0	—	8.4	2.53
190℃ 1回	47.5	—	8.5	2.80
3回	41.3	—	7.0	1.73
20% 加水大豆	19.5	+	68.0	25.00
160℃ 1回処理*	15.9	+	14.8	7.87
2回	13.7	+	6.2	4.16
200℃ 1回	9.6	+	18.4	6.14
40% 加水大豆	39.9	+	69.0	25.00
145℃ 1回処理*	33.1	—	5.8	0.92
2回	29.0	—	5.9	0.00
190℃ 1回	24.5	—	7.1	0.75

*: エクストルーダーパレル温度, 処理回数

NSI: WSN/TN×100 T.I: トリプシンインヒビター

第3表 味噌の分析結果 (60日目)

No.	水分 (%)	食塩 (%)	pH	酸度 I (ml)	エノール (%)	全糖 (%)①	直糖 (%)②	②/① ×100	全窒素 (%)③	ホルモール窒素 (%)④	水溶性窒素 (%)⑤	④/③ ×100	⑤/③ ×100	測 色 値		
														Y (%)	x	y
C	45.5	12.4	5.02	10.8	0.77	16.0	14.0	87.5	1.98	0.50	1.30	25.2	65.7	13.1	0.462	0.401
1	43.7	12.8	5.09	10.0	1.22	14.0	12.0	85.7	2.16	0.47	1.28	21.8	59.0	13.9	0.452	0.399
2	43.9	12.6	5.15	9.8	0.73	13.5	11.8	87.4	2.21	0.46	1.25	20.8	56.6	14.1	0.456	0.404
3	43.5	12.6	5.24	9.5	0.70	13.1	11.1	84.7	2.47	0.37	1.10	15.0	45.5	16.0	0.443	0.406

C：一夜浸漬，0.7 kg/cm²，25分 1：一夜浸漬，エクストルーダー，180℃，3回 2：60分浸漬，エクストルーダー，190℃，3回 3：23% 加水，エクストルーダー，160℃，3回

出し，急冷，粉碎して得られる 100 メッシュ以下的大豆粉と米麴を 20：13 に混合して味噌を熟成すると風味良好なものができるとしている。

筆者ら⁴⁵⁾も味噌へのエクストルーダー処理大豆利用を目的とし，脱皮大豆を浸漬したり加水を行ったりして直接 2 軸型で処理を行った。バレル設定温度 150～250℃，回転数 60 rpm，ダイ径 4.5 mm のもとに同一試料を最大 3 回まで繰り返し処理を行ったが，バレル温度は高水分において設定より最高 90℃ の低下を示し，いずれの場合も蛋白質原料のみであり膨化は認められなかった。しかし浸漬，加水により搾油現象はみられず，通常の蒸し処理にみられる蒸煮液（排液）も発生せず短時間に処理できた。また，浸漬大豆では高温処理ほど，処理回数が増すほど蒸し大豆の性状に近づいた。加水大豆では 20% の低水分は黄緑色の円柱状のそれぞれ油菓子様に仕上がり，水分 40% は高温処理により茶黄色や褐色で繊維質のフレック状に処理できた。これらの処理結果は第 2 表のとおり一夜浸漬では N 性はすべて陰性，短時間浸漬でも高温，繰り返し処理により陰性となり，加水すると水分の多いものほど容易に陰性となった。NSI も高水分，高温処理ほど値は低下し，トリプシンインヒビターは浸漬，加水とも高水分ほど失活しやすく，加水の 40% では蒸し大豆同様完全失活が認められた。処理大豆の過酸化価は浸漬で蒸し大豆の 60%，加水で 15～77% 程度であり，保存後の増加率も蒸し大豆の 2.49 倍に対し浸漬は 1.29～1.88 倍，加水では 1.08～1.43 倍といずれも小さかった。このように生大豆をエクストルーダー処理すると短時間に蛋白質が効果的に変性し，搾油現象や通常の蒸煮処理にみられる蒸煮液の発生もなく処理された。

これらの処理大豆を用いて味噌を試醸⁴⁶⁾したところ第 3 表のとおり蛋白分解率，溶解率は蒸し処理を 100 とした場合のそれぞれ 60～87%，69～90% であり，遊離アミノ酸も同様であった。糖の分解率は 60 日目で全区分とも 85% 前後まで増加したが加水区は初発において他区分より 20% も高かった。味噌の色はエクストルーダー処理の方が蒸し処理より Y (%) は高かったが，く

すみが目立ち，照りや冴えに乏しかった。香りも異臭，原料臭が感じられ，味のバランスが悪く，異味や後味が悪い⁴⁷⁾ため評価は低かった。また物性では硬く，粘りが少なくパサパサし，特にザラツキが強く感じられた。

そこで大豆処理回数を増したところ水分の減少が多く，トリプシンインヒビターも残存していたが N 性，NSI は蒸し処理と同等であり，蒸し処理と同様大豆蛋白質が顕著に変性することを再確認した。また，当研究所で開発した高酵素活性米麴と市販の味噌用酵素剤を用いて味噌を試醸⁴⁷⁾したところ蛋白分解率，溶解率は酵素活性の上昇とともに増加し，熟成中のトリプシンインヒビターの減少率も蛋白分解率の上昇と有意な正相関関係にあった。色は高活性ほど着色が速く，照りや冴えが増し，香味も通常の麴の 2～10 倍の酵素活性にすると蒸し処理区と同等，あるいはそれ以上の好結果を得た。物性も酵素活性の上昇とともにザラツキは解消され，硬度の低下が認められた。

5. 味噌の処理

近年，無添加味噌や低食塩味噌，インスタント生味噌汁，その他の加工品など食生活の多様化に対応すべく新製品，新商品の開発が進められている。それらの防湧，殺菌には主としてアルコールが添加されているが，その他保存料添加やパッチ式連続式加熱殺菌法，湯漬殺菌法なども行われている。しかし，コスト高や不均一な殺菌，品質の劣化などの問題もあり，添加物などを使用しないより効果的な殺菌法が望まれている。

著者らは今までに 2 軸エクストルーダーを利用して各種原料の処理を行い，その工程中で高い熱効率，優れた剪断作用，均一な混練など多機能で広範囲な特性を把握した。また，処理報告の多くは原料の膨化や組織化が主な目的で，味噌を直接処理した例は高橋ら⁴⁸⁾の報告があるに過ぎない。著者ら⁴⁹⁾も味噌の処理を試みた結果，以下のように適正な処理条件を設定すれば，漉し工程や殺菌処理が同時に，しかも短時間に連続して行える可能性のあることが判明した⁵⁰⁾。そこで桜井ら⁴³⁾と同機種のエクストルーダーを用い，淡色系米味噌（粒）を処理し

第3図 酵母，耐塩性生酸菌の変化

第4図 ホスファターゼ活性の変化

た。味噌はモノポンプで 5 kg/hr を供給し，運転条件はスクリーパーはオールフォワード，回転数100, 200 rpm として，バレル温度を非加熱 (20°C)，50, 70, 85, 105°C の5区分とした。加熱処理後はクーリングダイを用いて 5°C の冷却水で連続冷却した。

処理時間は 100 rpm で 110 秒，200 rpm では 90 秒，クーリングダイを装着するとそれぞれ 220, 190 秒を要した。この時の圧力はダイプレート出口では無圧，クーリングダイ装着時では 1~2 kg/cm² であった。また，バレル加熱温度と処理味噌の品温の関係は 70°C までは同一であり，85°C で 83°C，105°C で 102°C と高温時にやや品温の低下が認められた。

酵母，耐塩性生酸菌の菌数変化を第3図に示した。酵母は初発 10⁶ のものが 50°C では 10² 付近まで激減し，70°C では 10¹ まで低下した。実際に工場で行われている加熱処理でも，10⁵ のものが 10¹ 台に低下していた。生酸菌では 50°C ではほとんど変化は認められないが 70°C では 10⁷ のものが 10² まで激減した。

第5図 測色 Y (%) の変化

味噌の加熱処理は殺菌目的の他に，だし入り味噌などに使用される核酸系調味料の分解を防ぐため，ホスファターゼ活性を失活させる目的もある。ホスファターゼ活性の変化を第4図に示した。50°C 以上での失活が激しく，70°C では 90%，83°C 以上では完全失活した。また，pH 6.0 のプロテアーゼ活性についてもホスファターゼ活性同様の失活傾向で 70°C で 80%，83°C ではほぼ完全に失活が認められ，これらは工場での加熱処理でも同様であった。

このように酵母，生酸菌の死滅は顕著であり，しかも味噌の品温が 50~70°C の比較的低温でも菌数低下が認められた。また，ホスファターゼやプロテアーゼなどの酵素の失活も顕著に認められ，工場での加熱処理と同等の結果が得られた。これはバレルとスクリーパーの間隔が狭く，外部からの熱の伝導が予想以上に高効率であることを示し，エクストルーダーは効果的な味噌の殺菌装置として期待できると考えられた。しかし，一般生菌数は初発 10⁵ のものが 10³ 台にとどまり，一定レベル以下の菌数低下は困難であった。死滅した菌叢はほとんどが *Micrococcus* であり，生存したのは *Bacillus* が主体であった。圧力変化など処理条件を検討することによりこれらの菌叢の死滅も可能と考えられた。

色の変化は味噌の製品調整上で非常に重要である。そこで着色の程度を測色 Y (%) として第5図に示した。エクストルーダーの 20°C 処理では通常の味噌漉し機 (チョッパー) よりやや高い値であったが，処理品温の上昇とともに Y (%) は徐々に低下し，最高品温の 102°C では 20°C に比べ 2~2.5% と，工場での加熱処理と同程度の低下が認められた。また，低回転処理の方が常に低い値を示し，菌数変化，酵素失活からも明らかのように回転数の違いによる滞留時間の影響が認められた。加熱に伴う Y (%) の低下は避けがたいが，赤色系味噌のエクストルーダー処理では品温 70°C でも着色は非常に少なく，元味噌の色調の濃淡により色への影響が小さくなる可能性もあった。また，回転数を高めること

第6図 硬度、粘性の変化

により Y (%) の低下は少なくなり、着色の少ない処理法も可能と考えられた。

エクストルーダー、工場加熱処理とも密閉状態で処理が行われるため、加熱によるアルコール、水分の飛散は僅かであった。また、糖や蛋白の質・量など一般成分に差は認められなかった。

物性の変化は第6図に示した。硬度はチョッパー処理に比べ、20°C では 20~30 g 低下し、温度の上昇とともにさらにやや低下した。また、高回転処理の方が常に 5~10 g 低い値であった。粘性はチョッパー処理に比べてやや高く、処理温度とともに上昇傾向にあり、高回転の方が粘性は高く粘りは増加した。工場加熱処理では硬度は低く、粘性は加熱前に比べ加熱後では 1.5 倍以上高く粘りは増加した。

味噌の品質変化はチョッパー処理とエクストルーダー処理味噌を嗜好法で比較検討し、第4表に示した。色では 70°C においてくすみが生じたため、全員がチョッパー処理を好み、他の加熱区でもくすみはみられたものの

第4表 官能検査結果

		C : 1	C : 2	C : 3	C : 4	C : 5
色	嗜好	2 7	7 2	9** 0	5 4	6 3
	尺度	1.021	1.250	3.182*	0.250	0.664
物性	嗜好	6 3	2 7	2 7	3 6	2 7
	尺度	0.457	1.347	1.347	0.612	1.106

C : チョッパー処理 1 : エクストルーダー処理 100rpm (非加熱 20°C) 2 : 50°C 3 : 70°C
4 : 83°C 5 : 102°C

n=9 嗜好: $\alpha=0.05$ 8* 尺度: $\alpha/2=0.025$ 2.306*
 $\alpha=0.01$ 9** $\alpha/2=0.005$ 3.355**

有意な差は認められなかった。物性ではチョッパー処理はザラツキが認められたため、エクストルーダー処理区は多少粘りが生じたものの、20°C を除き良い評価を得た。このようにエクストルーダーとチョッパーによる処理とでは味噌の品質に大きな変化は認められなかった。

処理したものを小袋に充填後、30°C で保存性を調べたところ、チョッパー、20°C処理は2~3日目に再発酵による袋の膨張が認められたが、50°C以上の加熱処理では酵母数が 10^2 台まで低下しており、30 日以上膨張は認められなかった。

6. おわりに

エクストルーダーは原料の処理から製品の成形までの各操作をカバーでき、従来の加工機器にはない多機能性を有している。この機能を充分活用するなら醸造食品の製造に大きく貢献するものと考ええる。特に、味噌製造で現在行われている大豆処理で排出される高 BOD 負荷蒸着液、高エネルギー消費などの問題を解決し、省力化も達成できると期待される。現にエクストルーダーで生大豆を処理すると、条件次第では通常の蒸着大豆の性状、成分に近づき米の処理ではその有効性が数多く認められている。これらの処理原料を用いて従来の味噌と同等の品質を得ることが判明し、その他従来にはない大豆加工食品や素材となる可能性も十分に考えられる。また、味噌そのものを処理した場合、その品質を損なうことなく殺菌や酵素の失活が短時間に効率的に行われる。しかもこの殺菌と同時に添加物の添加、混合、漉しなどの工程が行われるため作業効率をはるかに良く、今後のソフト面におけるより一層の開発が期待される。

終わりに臨み、文献を引用させていただいた多くの研究者の皆様に感謝の意を表します。また、本稿をまとめるにあたり御指導、御校閲を賜った中央味噌研究所海老根英雄所長、(株)スエヒロ EPM 河野省一研究開発室長ならびに信州味噌研究所安平仁美所長に深謝致します。

(信州味噌研究所)

文 献

- 1) 野口明德：食品工業，27，37 (1984)
- 2) 野口明德：化学と生物，24，342 (1986)
- 3) 野口明德：食品と容器，27，184 (1986)
- 4) 伊東祐英：化学装置，29，81 (1987)
- 5) 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，光琳 (1987)
- 6) 飯野久栄：醸協，83，(5) 288 (1988)
- 7) 五十部誠一郎，植村邦彦：食品と科学，30，52 (1988)
- 8) 大森勝雄，中山繁喜，本多昭太郎，桜井 広，大

- 沢純也：岩手醸食試報，19，133 (1985)
- 9) 中山繁喜，大森勝雄，本多昭太郎，桜井 広，大沢純也：岩手醸食試報，20，56 (1986)
- 10) 高橋康次郎，吉永和彦，宮崎洋史，坊垣嘉寿也，吉沢 淑：醸協，80，(3) 189 (1985)
- 11) 河野省一：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.366 光琳 (1987)
- 12) 本多昭太郎，大沢純也，桜井 広，中山繁喜，大森勝雄：岩手醸食試報，20，103 (1986)
- 13) 河野省一：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.371 光琳 (1987)
- 14) F. MUSER, E. KRÜGER, B. VAN LENERICH and E. GRONEICK : *Thermal Pressing Quality of Foods*, p.127 Elsevier Applied Science Publishers (1987)
- 15) J. F. HUDSON : *Brew. Guand.*, 114, 18 (1985)
- 16) 岸 圭一：特公，昭 52-45800
- 17) 松本譲治，岸 圭一，藤田明男：特公，昭 57-56353
- 18) 清水 毅，熊倉吉之助：特公，昭 53-19680
- 19) 竹田良作，谷川善弘，土屋徹秋：醬研，5，215 (1979)
- 20) 藤田明男，渡辺康久，岸 圭一，小川玄吾，吉崎朋三：日食工大会講演要旨集，p.18 (1979)
- 21) 藤田明男，渡辺康久，岸 圭一，小川玄吾，吉崎朋三：日食工誌，27，483 (1980)
- 22) 本井博文，渡辺康久，岸 圭一，小川玄吾：醬研，8，68 (1982)
- 23) 本井博文，渡辺康久，岸 圭一，小川玄吾：醬研，8，254 (1982)
- 24) 松本譲治，岸 圭一，藤田明男：特公，昭 60-40824
- 25) 大野徳尹，原田春土，伏屋義彦，田崎龍一：特開，昭 56-42562
- 26) 藤田明男，岸 圭一：特公，昭 60-16224
- 27) 南沢陽一，藤田明男，岸 圭一，小川玄吾，吉崎朋三：味噌の科学と技術，No.325，18 (1981)
- 28) 南沢陽一，本井博文，岸 圭一，小川玄吾，吉崎朋三：味噌の科学と技術，No.326，18 (1981)
- 29) 南沢陽一，本井博文，岸 圭一，小川玄吾，吉崎朋三，九州醤油醸造協同組合：味噌の科学と技術，No.327，17 (1981)
- 30) 六川功一，原山文徳，望月 務：味噌の科学と技術 No.316，9 (1980)
- 31) 栃木県食工指導所報，昭和 55 年度 p.21 (1981)
- 32) 高橋光一，吉田かおる：秋田県醸試報，15，39 (1983)
- 33) 原山文徳，佐藤 正，安平仁美，望月 務：信味研報告，23，1 (1982)
- 34) 原山文徳，安平仁美：信味研報告，24，1 (1983)
- 35) 望月 務，六川功一，本井博文，南澤陽一，小川玄吾，岸 圭一：特公，昭 63-22791
- 36) 望月 務，六川功一，本井博文，南澤陽一，小川玄吾，岸 圭一：特公，昭 63-22792
- 37) 安平仁美，六川功一，南澤陽一，岸 圭一：特公，平 3-65147
- 38) 藤田明男，南澤陽一，渡辺康久，小川玄吾，岸圭一：特公，昭 61-32954
- 39) 藤田明男，小川玄吾，岸 圭一：特公，昭 62-12982
- 40) 南澤陽一，長田貞男，森山 修，松田健吉：特公，平 5-17826
- 41) 岸 圭一，藤田明男：特公，昭 61-4501
- 42) 大澤好明，石澤広明，安平仁美：信味研報告，29，1 (1988)
- 43) 桜井令子，大澤好明，安平仁美：信味研報告，34，1 (1993)
- 44) 田口業太，平野富久：特公，昭 64-4743
- 45) 大澤好明，石澤広明，安平仁美：信味研報告，28，1 (1987)
- 46) 大澤好明，石澤広明，安平仁美：信味研報告，28，9 (1987)
- 47) 大澤好明，石澤広明，安平仁美：信味研報告，29，7 (1988)
- 48) 高橋順子，小林有一，岡本竹己，小野章夫：栃木県食工指導所報，3，34 (1989)
- 49) 大澤好明，河野省一，安平仁美：信味研報告，33，30 (1992)
- 50) 大澤好明，桜井令子，安平仁美，河野省一：日食工大会講演要旨集，p.122 (1993)