

## 蒸しとうふ竹輪の貯蔵性に関する研究

誌名	鳥取県食品加工研究所研究報告 = Bulletin of the Food Industrial Research Institute, Tottori Prefecture
ISSN	09138021
著者	小谷, 幸敏 景山, 拓一
巻/号	30号
掲載ページ	p. 51-65
発行年月	1989年3月

# 蒸しとうふ竹輪の貯蔵性に関する研究

小谷幸敏・景山拓一

Yukitoshi KODANI・Takuichi KAGEYAMA

## 緒 言

鳥取県特産品のとうふ竹輪は、脱水した豆腐をベースに魚肉、澱粉、調味料などを加え、蒸煮または焙焼して製造される全国的にも珍しい魚肉練り製品であり、独特の食感、風味を有し、地元では根強い人気がある。しかし、貯蔵性が悪く、土産品あるいは県外への販路拡大の際、大きな障害になっている。そこで、とうふ竹輪のうちでも特に貯蔵性が悪いと言われる蒸しとうふ竹輪について、市販品の貯蔵性ならびに製造条件が貯蔵性に及ぼす影響について調査を行ったのでその概要について報告する。

## 実験方法

### 1. 市販蒸しとうふ竹輪の貯蔵性

(供試試料ならびに貯蔵方法)

鳥取県内で製造された蒸しとうふ竹輪6点(6社より製造直後のものを入手)を+5℃の恒温器に貯蔵し、定期的に取り出して下記の項目について調査を行った。また、上記試料のうち1点(No.6)については、別に-1℃、+5℃、+10℃、+15℃、+20℃の温度別貯蔵試験と-20℃、-40℃の凍結貯蔵試験を行った。

(調査項目ならびに方法)

貯蔵前試料については、一般成分、澱粉、食塩、ソルビン酸、水分活性、PH、一般生菌数、硬さについて調査を行い、貯蔵試料については官能、一般生菌数、PH、硬さを調査した。

一般成分

水分：105℃常圧乾燥法。

粗蛋白質：セミ・マイクロケルダール法。

粗脂肪：ソックスレー・エーテル抽出法。

粗灰分：550℃直接灰化法。

炭水化物：差引計算。

澱粉：JASの方法に準じて行った。

ソルビン酸：吸光度測定法<sup>1)</sup>により測定。

食塩：湿式法によるホルハルト法<sup>2)</sup>により測定。

水分活性：横関・渡辺らのコンウェイユニットを用いる方法<sup>3)</sup>で測定。

PH：試料に10倍量の水を加え、PHメーター(東亜電波HM-15A)で測定。

一般生菌数：標準寒天培地 35℃48時間培養。

硬さ：ゼネラルフーズ社のテクスチュロメーターを使用。

試料の厚さ 12 mm, プランジャー  $\phi$  3 mm ニードル, クリアランス 2 mm, 電圧 15 V,  
測定温度 22.5 °C

官能：袋を開封したときの臭いならびにコロニー等の外観を観察。

## 2. 製造条件(蒸煮温度, 蒸煮時間)と製品の品質ならびに貯蔵性

(蒸しとうふ竹輪の作成方法)

図1に蒸しとうふ竹輪の作成方法の概要を示した。本試験では特に蒸煮条件と物性ならびに貯蔵性を検討するため、摺り上がった肉のりを滅菌済みのシャーレにいれ、80 °C, 90 °C, 95 °C, 100 °Cの各温度に予め加熱しておいた蒸し器(恒温水槽に蓋をして上部の蒸気部分の温度を調整)にいれ、蒸煮中の肉のりの中心温度の変化をサーミスタ温度計(タカラ SPD-1D)で測定しながら、5~60分間蒸煮し、蒸煮終了後滅菌済みシャーレの蓋をして1 °Cの冷蔵庫内で冷却、微生物による二次汚染のないように注意してポリ袋にいれ、シールをして貯蔵試料とした。なお、95 °C蒸煮区については、中心温度測定、蒸煮後の品質調査のみを行い、貯蔵試験は行わなかった。

(蒸煮後の品質調査)

蒸煮後の製品について官能検査、硬さ、圧出水分を測定した。

官能検査：食べた時の未凝固感ならびにスポンジ化の有無を調査。

硬さ：テクスチュロメーターにより測定。

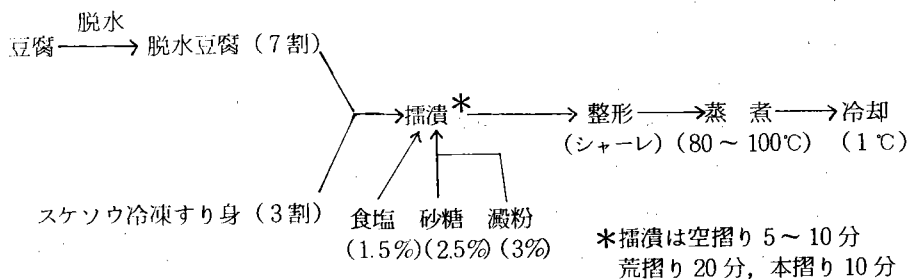
試料の厚さ 12 mm, プランジャー  $\phi$  13 mm アルミ, クリアランス 2 mm, 電圧 2.5 V, 測定温度 22.5 °C

圧出水分：圧力 5 kg/cm<sup>2</sup> 20秒, 濾紙 No.4, No.2各2枚, 試料直径 2cm, 厚さ3mm, 重さ1g, 試料重量に対する百分率で表示。

(貯蔵方法ならびに貯蔵中の品質調査)

各温度で一定時間蒸煮された製品について10 °Cの恒温器に貯蔵し、貯蔵中の外観(コロニー, カビ等)の観察ならびに開封時の臭い, ネットの有無, 一般生菌数について調査を行った。

図1. 蒸しとうふ竹輪製造工程



## 結果及び考察

### 1. 市販とうふ竹輪の貯蔵性

#### 1) 市販とうふ竹輪の原料配合割合、一般成分等

各製品の貯蔵試験に先立ち各メーカーから原料配合割合等の聞き取り調査を行うとともに製品の一般成分等について測定した。調査測定結果は表1, 2に示した。

魚肉と脱水豆腐の配合割合については、2:8~5:5の範囲で各社様々であるが3:7のところは6社中3社あり一番多かった。原料魚はスケソウタラ冷凍すり身を主体に使用しているところが多いが、時期によっては飛魚、その他雑魚も使用することであった。澱粉については、小麦澱粉、ばれいしょ澱粉が多いようだが中には小麦粉を使用しているところもあり、添加割合は2~5%程度(測定値2.0~4.4%)であった。一般成分については四訂食品成分表の蒸しかまぼこに比して、全般的に水分、炭水化物が少なく、蛋白質、脂肪が多い傾向が見られた。食塩は1.3~1.9%(平均1.7%)で、一般のかまぼこ等の多くが2~3%程度である<sup>4)</sup>のに対しやや少ない傾向が見られた。水分活性はいずれも0.97~0.99の範囲で試料による差はあまりなく、この程度の水分活性であれば、微生物を抑制する効果はあまりないと思われた。PHは6.11~6.70(平均6.38)、一般生菌数は $3.1 \times 10^2 \sim 4.5 \times 10^4$ 個/gでいずれも製品によりやや差が見られた。硬さも試料によりやや差が見られたが、いずれの試料においても同じ方法で測定したのやく竹輪、白竹輪がそれぞれ0.26, 0.24 kg/Vであったのに比し平均0.12 kg/Vと値が低く軟らかい傾向が見られた。包装形態は、プラスチック加工紙含気包装が3点、紙による簡易被覆包装が2点、プラスチックフィルム含気包装が1点であった。

各製品の特徴をあげると次のようであった。

- No.1:豆腐の配合割合が多く、澱粉の添加量が少ない製品で水分が多く軟らかい製品である。  
ソルビン酸の添加が他の製品より多い。
- No.2:澱粉添加量はそれほど多くないが、炭水化物が他よりも多い。水分活性は他より低いが、一般生菌数がやや多く、ソルビン酸は6試料中唯一無添加。
- No.3:魚肉の添加割合が高く、食感がカマボコタイプで、他に比べ脂肪、ソルビン酸、一般生菌数が少なく、PHが比較的高い。
- No.4:食塩、PHが他に比べやや低く、一般生菌数が多い。水分活性がやや高い。
- No.5:やや魚肉の添加割合が高く、蛋白質が少ない。澱粉の添加が一番多く、炭水化物も多い。  
他に比べて硬く、一般生菌数は比較的少ない。
- No.6:脂肪がやや多く、PHが他に比べて低い。一般生菌数がやや多い。

表1 市販蒸しとうふ竹輪の原料配合割合

試料No.	魚：脱水豆腐	原 料 魚	澱 粉	合成保存料
1	2 : 8	スケソウ冷凍すり身	小麦と馬澱3%	添 加
2	3 : 7	スケソウ冷凍すり身 グチのすり身	小麦 約2%	無添加
3	5 : 5	スケソウ冷凍すり身	5%以下	添 加
4	3 : 7	赤ハタ，スケソウ冷凍すり身	小麦と馬澱 約3%	添 加
5	4 : 6	スケソウ冷凍すり身	サンワMS 3~5%	添 加
6	3 : 7	とび魚，スケソウ冷凍すり身	小麦粉 3%	添 加

表2 市販蒸しとうふ竹輪の各種成分含量，水分活性，PH，生菌数，硬さ

試料 NO.	一般成分 (%)					澱粉 (%)	食塩 (%)	加糖 (%)	水分 活性	PH	一般生菌数 (個/g)	硬さ (kg/V)	包 装 形 態
	水分	灰分	蛋白質	脂肪	疎雑								
1	74.0	2.1	14.0	4.2	5.7	2.0	1.9	0.16	0.98	6.32	2.3x10 <sup>9</sup>	0.094	プラスチック加工紙含気包装
2	69.5	2.3	14.5	5.4	8.3	2.3	1.9	0	0.97	6.49	2.6x10 <sup>9</sup>	0.121	プラスチック加工紙含気包装
3	72.8	2.1	14.2	1.5	9.4	3.0	1.7	0.01	0.98	6.70	1.6x10 <sup>6</sup>	0.128	紙による簡易被覆包装
4	72.0	2.0	14.6	5.3	6.1	3.5	1.3	0.10	0.99	6.19	5.1x10 <sup>9</sup>	0.120	プラスチック加工紙含気包装
5	71.9	2.6	12.7	3.2	9.6	4.4	1.8	0.08	0.98	6.44	3.1x10 <sup>7</sup>	0.140	プラスチックフィルム含気包装
6	69.7	2.3	14.8	5.7	7.5	2.8	1.6	0.12	0.98	6.11	2.1x10 <sup>9</sup>	0.123	紙による簡易被覆包装
平均	71.7	2.2	14.1	4.2	7.8	3.0	1.7	0.08	0.98	6.38	-	0.121	
参考*	74.4	3.0	12.0	0.9	9.7								

\*は蒸しかまぼこ(四訂食品成分表より引用)

## 2) 市販製品の貯蔵性

各製品の+5℃に貯蔵中の外観，臭気等の官能検査の結果を表3に示し，その時の一般生菌数，PHの調査結果を表4，5に示した。

No.1は16日目，No.3，No.4は10日目にそれぞれ一般生菌数が $2.8 \times 10^7$ ， $1.6 \times 10^6$ ， $3.9 \times 10^7$ 個/gに達し，ネットおよび腐敗臭を発生した。No.2は7日目にネットはないが腐敗臭を発生し，その時の一般生菌数は $2.0 \times 10^7$ 個/gであった。No.6は，22日目に著しくカビが発生したが，一般生菌数は $1.1 \times 10^4$ 個/gでほとんど貯蔵前から上昇しなかった。No.5は22日後も腐敗，カビ等の異常は見られなかった。

PHは，No.1，No.2，No.3では腐敗とともに低下する傾向がみられたが，No.4では逆に腐敗とともに上昇する傾向が見られた。No.6はカビが発生したがPHは変化しなかった。

表3 市販蒸しとうふ竹輪の貯蔵中の官能（ネト、カビ、臭い）の変化

(貯蔵温度5℃)

試料 NO.	貯蔵日数 (日)	官能項目					
		0	3	7	10	16	22
1	ネト	-	-	-	-	+	
	カビ	-	-	-	-	-	
	腐敗臭・カビ臭	-	-	-	-	+	
2	ネト	-	-	-	++		
	カビ	-	-	-	-		
	腐敗臭・カビ臭	-	-	+	++		
3	ネト	-	-	-	+	++	
	カビ	-	-	-	-	-	
	腐敗臭・カビ臭	-	-	-	+	++	
4	ネト	-	-	-	+	++	
	カビ	-	-	-	-	-	
	腐敗臭・カビ臭	-	-	-	+	++	
5	ネト	-	-	-	-	-	-
	カビ	-	-	-	-	-	-
	腐敗臭・カビ臭	-	-	-	-	-	-
6	ネト	-	-	-	-	-	-
	カビ	-	-	-	-	-	++
	腐敗臭・カビ臭	-	-	-	-	-	+

-なし +あり ++著しくあり

表4 市販蒸しとうふ竹輪の貯蔵中の一般生菌数の変化

(5℃貯蔵, 生菌数/g)

試料 NO.	貯蔵日数					
	0日	3日	7日	10日	16日	22日
1	$2.3 \times 10^3$	$1.5 \times 10^3$	$1.8 \times 10^3$	$5.1 \times 10^4$	$2.8 \times 10^7$	
2	$2.6 \times 10^4$	$9.5 \times 10^4$	$2.0 \times 10^7$			
3	$1.6 \times 10^2$	$3.6 \times 10^2$	$1.2 \times 10^4$	$1.6 \times 10^6$	$7.8 \times 10^8$	
4	$5.1 \times 10^4$	$1.8 \times 10^5$	$1.6 \times 10^6$	$3.9 \times 10^7$	$5.0 \times 10^8$	
5	$3.1 \times 10^2$	$4.0 \times 10^3$	$5.0 \times 10^4$	-	$3.0 \times 10^2$	$2.1 \times 10^2$
6	$2.4 \times 10^4$	$1.9 \times 10^2$	$6.0 \times 10^3$	$9.5 \times 10^2$	$3.4 \times 10^3$	$1.1 \times 10^4$

表5 市販蒸しとうふ竹輪の貯蔵中のPHの変化

(5℃貯蔵)

試料 NO.	貯蔵日数					
	0日	3日	7日	10日	16日	22日
1	6.32	6.31	6.28	6.28	6.07	
2	6.49	6.49	6.25			
3	6.70	6.70	6.70	6.64	6.28	
4	6.19	6.29	6.23	6.33	6.44	
5	6.44	6.45	6.45	-	6.43	6.42
6	6.11	6.08	6.09	6.07	6.07	6.08

以上、官能検査、一般生菌、PHの測定結果より、今回供試した試料の保存可能日数は、5℃貯蔵で3～22日程度であり製品によりかなり差があることがわかった。この原因としては様々なことが考えられるが、日持ちに何らかの影響があると推察される初発一般生菌数、食塩含量、水分活性、PH、包装方法等は、今回の試験では必ずしも日持ちとの相関は見いだせなかった。また、ソルビン酸含量については、無添加のNo.2、添加量の少ないNo.3が比較的日持ちが悪かったことから、やや日持ちに関係していることも考えられたが、必ずしも添加量との関係は明確ではなかった。一方、製品により腐敗の様子、腐敗時のPHの変化等がやや異なっていたことから、貯蔵前の製品中の微生物相がやや異なっていたのではないかと推察される。一般的にグラム陰性菌は低温でも腐敗性の強いものが多く、反対にグラム陽性菌では5℃以下の低温で発育するものは少ない<sup>5)</sup>と言われることから、このことが各製品の腐敗性の違いに影響を与えた可能性は十分にあるのではないかと考えられる。グラム陰性菌は比較的高温には弱いことから、グラム陰性菌が腐敗の主体であったとするならば、その原因は製造工程中の蒸煮不足か、二次汚染によるのではないかと推察される。

### 3) 温度別貯蔵試験

各製品の貯蔵試験と並行して行ったNo.6の蒸しとうふ竹輪の温度別貯蔵試験の結果を表6～8、図2に示した。この結果、前述の貯蔵試験では+5℃で16日の日持ちを示したNo.6の蒸しとうふ竹輪も、+20℃貯蔵では3日目に腐敗臭(酸敗臭)およびネトが発生し、+15℃貯蔵では7日め、+10℃貯蔵では10日め、+5℃貯蔵では21日めにそれぞれネトおよびカビのコロニーが発生した。このときの一般生菌数は順に $1.3 \times 10^8$ 、 $1.2 \times 10^6$ 、 $4.9 \times 10^7$ 、 $4.9 \times 10^6$ 個/gであった。一方、-1℃貯蔵では1カ月でも異常は認められず、2カ月めになってようやくカビのコロニーが発生した。PHについては、+20℃3日めと5日めに低下が見られたが、他はほとんど変化がなかった。これらのことから、No.6の蒸しとうふ竹輪の日持ちは、+20℃で1日、+15℃で3日、+10℃で7日、+5℃で14～16日、-1℃で1カ月程度であり、低温に保存すればかなりの期間貯蔵は可能であるが、温度が高いと速やかに腐敗が起ることが判明した。前述のとおり、No.6は比較的低温での貯蔵性がよい製品であったことから、他の製品はいずれの温度においてもこれよりさらに日持ちは悪いことが推察される。商品の温度が上昇しやすい販売形態である土産品などの場合、特に夏場等には腐敗に対する厳重な注意が必要であると思われる。また、低温で保存すれば長期間腐敗は起こりにくいことがわかったが、低温でも貯蔵とともに硬さの増加が起こることから、品質的にはあまり長期の貯蔵は好ましくないとされた。

一方、微生物的には安定していると思われる。凍結貯蔵について調査したところ、-40℃では2カ月間の貯蔵でも解凍後の品質は、凍結前とほとんど変化が見られなかったが、-20℃貯蔵では一般生菌数は減少傾向を示したものの、貯蔵1週間めですでに組織のスポンジ化および硬さの著しい増加がみられ、商品性はなくなってしまうことが判明した。

表6 各温度に貯蔵中の蒸しとうふ竹輪の官能（ネト、カビ、臭い）の変化

貯蔵温度	貯蔵日数 (日)	官能項目										
		0	1	3	5	7	10	14	21	28	2ヵ月	3ヵ月
+20℃	ネト	-	-	+	++							
	カビ	-	-	-	-							
	腐敗臭・カビ臭	-	-	+	++							
+15℃	ネト	-				+						
	カビ	-				++						
	腐敗臭・カビ臭	-				++						
+10℃	ネト	-				-	+					
	カビ	-				-	+					
	腐敗臭・カビ臭	-				-	+					
+5℃	ネト	-	-	-	-	-	-	-	±			
	カビ	-	-	-	-	-	-	-	++			
	腐敗臭・カビ臭	-	-	-	-	-	-	-	+			
-1℃	ネト	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	カビ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	++
	腐敗臭・カビ臭	-	-	-	-	-	-	-	-	-	±	+

-なし ±わずかにあり +あり ++著しくあり

表7 各温度に貯蔵中の蒸しとうふ竹輪の一般生菌数の変化

(一般生菌数/g)

貯蔵温度	貯蔵日数 (日)										
	0	1	3	5	7	10	14	21	28	2ヵ月	3ヵ月
+20℃	$1.4 \times 10^4$	$9.4 \times 10^2$	$1.3 \times 10^3$	$1.6 \times 10^3$							
+15℃	$2.4 \times 10^4$	-	$4.7 \times 10^3$	-	$1.2 \times 10^4$						
+10℃	$2.4 \times 10^4$	-	-	-	$1.5 \times 10^4$	$4.9 \times 10^7$					
+5℃	$1.4 \times 10^4$	$2.9 \times 10^4$	$1.9 \times 10^2$	$3.6 \times 10^3$	$5.3 \times 10^3$	$9.5 \times 10^2$	$3.5 \times 10^3$	$4.9 \times 10^6$			
-1℃	$1.4 \times 10^4$	$6.8 \times 10^2$	$2.4 \times 10^3$	$5.6 \times 10^2$	$3.8 \times 10^2$	$2.0 \times 10^2$	$3.2 \times 10^3$	$2.1 \times 10^2$	$2.0 \times 10^2$	$6.7 \times 10^2$	$1.1 \times 10^2$
-20℃	$1.4 \times 10^4$	-	-	-	$5.1 \times 10^3$	-	$1.1 \times 10^3$	-	$4.1 \times 10^2$	-	-

表8 各温度に貯蔵中の蒸しとうふ竹輪のPHの変化

貯蔵温度	貯蔵日数 (日)										
	0	1	3	5	7	10	14	21	28	2ヵ月	3ヵ月
+20℃	6.06	6.05	5.95	5.33							
+15℃	6.11	-	6.07	-	6.01						
+10℃	6.11	-	-	-	6.07	6.08					
+5℃	6.06	6.06	6.08	6.05	6.07	-	6.02	6.02			
-1℃	6.06	6.06	6.09	6.08	6.07	-	-	6.02	6.07	6.05	6.02
-20℃	6.06	-	-	-	6.07	-	-	-	-	-	-



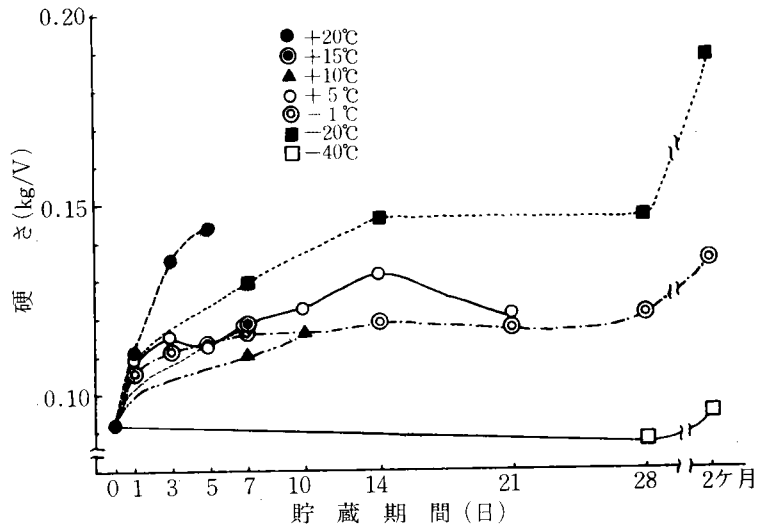


図2 各温度に貯蔵中の蒸しとうふ竹輪の硬さの変化

## 2. 製造条件（蒸煮温度，蒸煮時間）と製品の品質ならびに貯蔵性

前述の貯蔵試験の結果、製品によってかなり貯蔵性に差があることがわかった。この原因の一つとして製造の際の加熱（蒸煮）条件の相違が考えられたので、蒸煮温度，蒸煮時間と製品の貯蔵性について調査を行った。

### 1) 蒸煮温度，蒸煮時間と製品の品質

各温度で蒸煮中の品温の変化ならびに未凝固感，スポンジ化の関係を表9に，蒸煮温度，蒸煮時間と製品の硬さならびに圧出水分の変化を図3，4に示した。なお，ここで言うスポンジ化とは試料中に気泡が発生し，食べたときにぼそつき，味の分離感等があるような状態になることを言う。

これによると，試料の中心温度が食品衛生法で定める75℃以上の温度に達するには，100℃では約9分，95℃では約11分，90℃では約14分，80℃では約25分を要した。100℃蒸煮では，蒸煮10分（中心温度80℃）で未凝固感はほぼなくなり，蒸煮15分（中心温度93℃）で完全になくなった。しかし，蒸煮15分ではすでにややスポンジ化がみられた。95℃蒸煮では，蒸煮15分（中心温度85℃）で未凝固感がなくなり，蒸煮30分（中心温度95℃）以降にスポンジ化が発生した。90℃蒸煮では未凝固感がほぼなくなるのに15分（中心温度78℃），完全になくなるのに30分（中心温度90℃）を要した。著しいスポンジ化は60分蒸煮後でもみられなかったが，30分以降にややスポンジ化が発生した。80℃蒸煮では，30分（中心温度79℃）以降は未凝固感はなくなったが，60分蒸煮でも完全にはなくならなかった。スポンジ化は60分蒸煮後も発生しなかった。これらの結果を中心温度と製品の品質ということからみると，中心温度が約73℃以下では未凝固感が残り，約78℃以上ではほぼ未凝固感がなくなり

約 86℃以上で完全になくなるのではないかと思われた。スポンジ化については、90℃以上になると発生しやすくなり、95℃以上になると著しく発生することが推察された。

表9 蒸煮温度・時間と製品の中心温度ならびに品質（官能）

蒸 煮 温 度	蒸煮時間 (分) 調査項目	(中心温度の単位は℃)						
		5	10	15	20	30	40	60
100℃	中心温度	48	80	93	99	100	100	100
	未凝固感	+	±	-	-	-	-	-
	スポンジ化	-	-	±~+	+	++	++	++
95℃	中心温度	42	73	86	92.5	95	95	95
	未凝固感	+	+	-	-	-	-	-
	スポンジ化	-	-	-	-	+	+	+
90℃	中心温度	38	65	78	86	90	90	90
	未凝固感	+	+	±	±	-	-	-
	スポンジ化	-	-	-	-	±	±	±
80℃	中心温度	29	50	63	71	79	80	80
	未凝固感	+	+	+	+	±	±	±
	スポンジ化	-	-	-	-	-	-	-

-なし ±ややある +ある ++著しくある

蒸煮温度、蒸煮時間と製品の硬さの変化については、10分までは急速に増加がみられたが、15分以降になると急速に減少した。95℃蒸煮では、10分までは100℃蒸煮とほとんど同じであったが、その後は100℃蒸煮でみられたような急速な減少はみられず10~20分を頂点として緩やかな減少傾向を示した。90℃蒸煮では、20分まで増加傾向を示し、その後わずかに減少した。80℃蒸煮では、40分まで徐々に増加し、その後はほとんど変化しなかった。

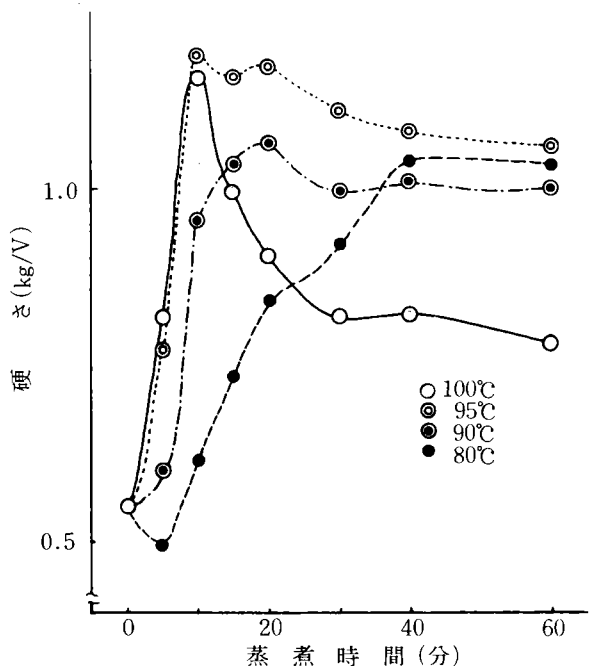


図-3 蒸煮温度・時間と製品の硬さ

蒸煮温度、蒸煮時間と製品の圧出水分の変化については、100℃蒸煮および95℃蒸煮は、5分で急速に増加し、いずれもその後急速に減少したが、100℃の場合は10～15分を最低として20分以降は再び急に増加し、95℃の場合は増加し始める時期が100℃より遅れ、20分を最低としてその後増加した。90℃蒸煮では、5～10分は値が高いがその後は急速に減少し、20分以降は低いままで推移した。80℃蒸煮は、15分までは急速に増加し、15分を最大としてその後は蒸煮時間とともに減少した。

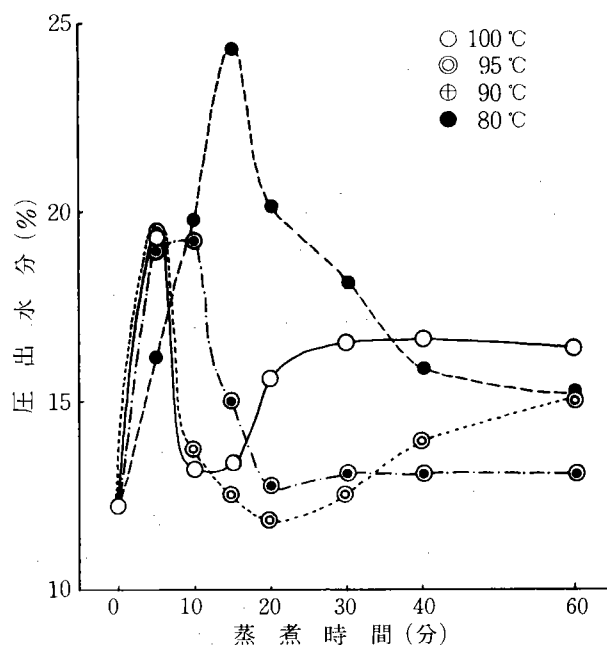


図4 蒸煮温度・時間と製品の圧出水分

官能と硬さならびに圧出水分の関係は、硬さがほぼ最高点に達する頃（100℃10分、95℃10～20分、90℃15～20分、80℃40分）には、ほぼ未凝固感はなくなり、圧出水分が最下点に達する頃（100℃15分、95℃15～20分、90℃20分）まではスポンジ化が起こらないが、それを過ぎるとスポンジ化が始まり、硬さの減少も起こることがわかった。

これらのことから、品質面からみた蒸煮温度別の最適蒸煮時間は、100℃蒸煮では約10分程度、90～95℃蒸煮では約15～20分程度、80℃蒸煮では約30～60分程度であると推定された。

## 2) 蒸煮温度、蒸煮時間と製品の貯蔵性

蒸煮温度、蒸煮時間と製品の残存生菌数の関係を図5に示した。

これによると加熱前  $1.2 \times 10^6$  個/gであった一般生菌数は100℃蒸煮では10分、90℃蒸煮では20分、80℃蒸煮では40分で  $10^1$  オダーにまで減少し、その時の製品の中心温度は80

で、86℃、80℃であった。その後、80℃、90℃蒸煮では、蒸煮を続けても一般生菌数は減少しなかったが、100℃蒸煮では時間とともに一般生菌数の減少がみられ、30分後には0になった。このことから、加熱前の試料に90℃以下では死滅しない耐熱性の芽胞が存在していたことが推察され、この芽胞と思われる微生物も100℃で30分（中心温度100℃）蒸煮すれば死滅することがわかった。

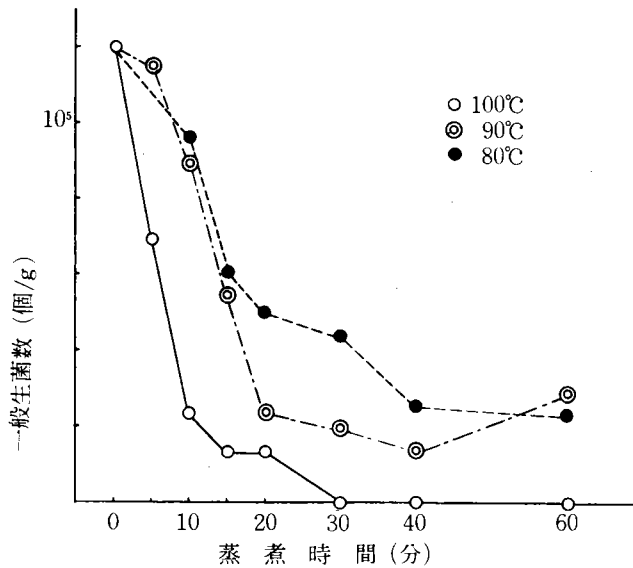


図5 蒸煮温度・時間と残存生菌数

各温度で5～60分間蒸煮した試料の10℃に貯蔵中の製品の官能の変化を表10に、一般生菌数の変化を表11に、これらをもとに推定した蒸煮温度、蒸煮時間別貯蔵可能期間を表12に示した。

100℃蒸煮では、蒸煮時間の増加とともに貯蔵性がよくなり、蒸煮5分では3日、10分では7日、15分では10日間異常なく貯蔵可能であった。蒸煮20分は、1カ月貯蔵後でも官能的には異常はみられなかったが、14、17、21日間貯蔵した試料のように一般生菌数が $10^4$ ～ $10^5$ オーダーまで増加したものもあり、値のばらつきが大きかった。このことは、蒸煮殺菌に個体によるばらつきがあったためではないかと考えられる。この個体によるばらつきも蒸煮30分以降になるとかなり減少し、一部を除いて貯蔵期間中の一般生菌数は0であり、官能的にも異常は見られなかった。90℃、80℃蒸煮は、いずれも蒸煮15分以降は、蒸煮時間が長くなってもあまり貯蔵性は良くなり、わずかに90℃40分以降の貯蔵性が10日になる程度で、その他は7日程度の貯蔵性でほとんど差がなかった。このことは、90℃、80℃で蒸煮しても一般生菌数を0にできなかったことと対応しており、この耐熱性の芽胞と思われる微生物を完全に殺菌するには、100℃で30分以上の蒸煮が必要であることが、貯蔵試験の結果からも裏付

られた。

また、腐敗の状況は、内部より半透明なネットが発生するものと、表面に微生物のコロニーが発生するものに大別された。内部のネットは、蒸煮時間の短いもの（無加熱，100℃5分，90℃5分，10分，80℃10分，15分）で発生し、100℃10分（中心温度80℃），90℃15分（78℃），80℃20分（71℃）では発生しなかったことから、ほぼ70℃位の温度でこの内部にネットを作る微生物は死滅するのではないかと推察された。この内部にネットの発生するグループの貯蔵性は10℃貯蔵で1～3日間であった。一方、表面にコロニーを作るもののほとんどの微生物は、グラム陽性、カタラーゼ陽性の細菌で標準寒天培地での増殖が非常に旺盛であった。この表面にコロニーを作るグループの貯蔵期間は10℃貯蔵で7～10日間であった。

表10 各温度で蒸煮したとうふ竹輪貯蔵中の品質の変化（官能）

蒸 煮 度	蒸 煮 時 間 (分)	貯 蔵 期 間 (日)								
		1	3	7	10	14	17	21	28	
100℃	0	○	×	+						
	5	○	○	△						
	10	○	○	○	+	+				
	15	○	○	○	○	+				
	20	○	○	○	○	○	○	-	-	-
	30	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	40	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	60	○	○	○	○	○	○	○	○	○
90℃	5	○	×	+						
	10	○	△	+						
	15	○	○	○	+	+				
	20	○	○	○	△	+	+			
	30	○	○	○	△	+	+			
	40	○	○	○	△	+	+			
80℃	10	○	△	+						
	15	○	○	○	+	+				
	20	○	○	○	△	+	+			
	30	○	○	○	+	+	+			
	40	○	○	○	+	+	+			
	60	○	○	○	○	+	+			

+ - 微生物のコロニーの有無

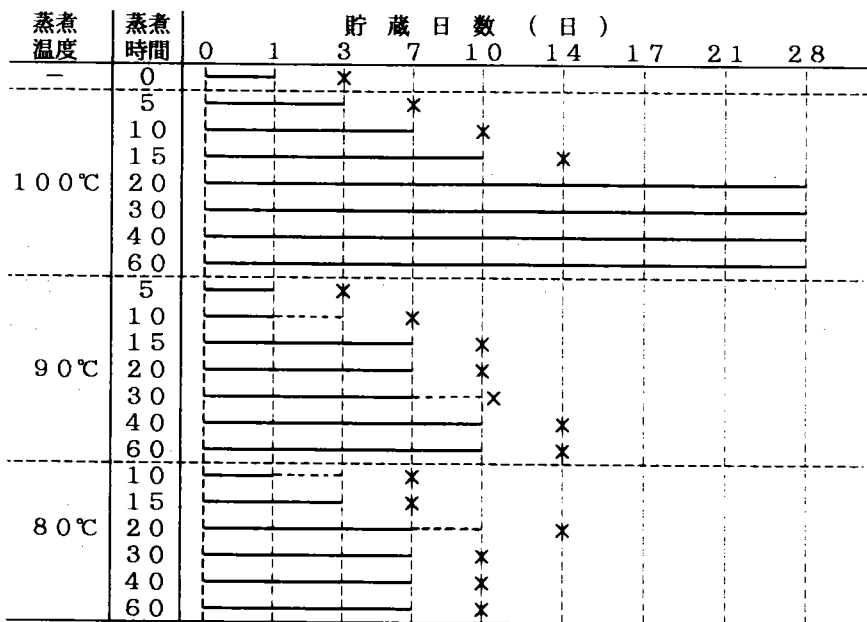
○ △ × 腐敗臭の有無

表 11 各温度で蒸煮したとうふ竹輪貯蔵中の一般生菌数の変化

(貯蔵温度 10℃, 一般生菌数/g)

蒸 煮 温 度	蒸 煮 時 間 (分)	貯 蔵 期 間 ( 日 )									
		0	1	3	7	10	14	17	21	28	
100℃	0	1.2×10 <sup>6</sup>	1.4×10 <sup>6</sup>	5.3×10 <sup>6</sup>	2.4×10 <sup>7</sup>						
	5	3.4×10 <sup>7</sup>	—	1.5×10 <sup>8</sup>	8.2×10 <sup>7</sup>						
	10	1.5×10 <sup>8</sup>	—	1.5×10 <sup>8</sup>	5.0×10 <sup>8</sup>	4.3×10 <sup>7</sup>	1.4×10 <sup>7</sup>				
	15	0.5×10 <sup>8</sup>	—	0	2.4×10 <sup>8</sup>	7.5×10 <sup>8</sup>	4.2×10 <sup>7</sup>	8.6×10 <sup>7</sup>			
	20	0.5×10 <sup>8</sup>	—	1.0×10 <sup>8</sup>	0	0	8.2×10 <sup>8</sup>	1.0×10 <sup>8</sup>	3.6×10 <sup>8</sup>	1.0×10 <sup>8</sup>	
	30	0	—	0	0	0	1.0×10 <sup>8</sup>	0	0	0	0
	40	0	—	5.5×10 <sup>8</sup>	0	0	0	0	0	0	0
60	0	—	0	2.3×10 <sup>8</sup>	0	0	0	0	0	0	
90℃	5	6.7×10 <sup>5</sup>	—	8.2×10 <sup>5</sup>	2.4×10 <sup>6</sup>						
	10	3.1×10 <sup>6</sup>	—	2.3×10 <sup>7</sup>	2.3×10 <sup>7</sup>						
	15	6.0×10 <sup>6</sup>	—	1.3×10 <sup>8</sup>	4.7×10 <sup>8</sup>	9.5×10 <sup>6</sup>	4.5×10 <sup>6</sup>				
	20	1.5×10 <sup>7</sup>	—	1.0×10 <sup>8</sup>	6.3×10 <sup>8</sup>	6.8×10 <sup>6</sup>	3.8×10 <sup>7</sup>				
	30	1.0×10 <sup>7</sup>	—	0.5×10 <sup>8</sup>	2.4×10 <sup>8</sup>	6.4×10 <sup>6</sup>	4.4×10 <sup>6</sup>				
	40	0.5×10 <sup>7</sup>	—	1.0×10 <sup>8</sup>	2.1×10 <sup>8</sup>	4.7×10 <sup>6</sup>	1.9×10 <sup>7</sup>				
	60	2.5×10 <sup>7</sup>	—	4.5×10 <sup>8</sup>	1.3×10 <sup>9</sup>	3.0×10 <sup>8</sup>	2.2×10 <sup>7</sup>	2.3×10 <sup>7</sup>			
80℃	10	7.5×10 <sup>8</sup>	—	1.5×10 <sup>9</sup>	1.2×10 <sup>9</sup>						
	15	1.1×10 <sup>9</sup>	—	3.5×10 <sup>9</sup>	1.4×10 <sup>9</sup>	1.5×10 <sup>8</sup>					
	20	3.7×10 <sup>8</sup>	—	1.3×10 <sup>9</sup>	1.9×10 <sup>9</sup>	6.4×10 <sup>8</sup>	5.1×10 <sup>8</sup>				
	30	1.6×10 <sup>8</sup>	—	2.0×10 <sup>9</sup>	3.2×10 <sup>9</sup>	7.7×10 <sup>8</sup>	6.7×10 <sup>7</sup>				
	40	2.0×10 <sup>8</sup>	—	1.2×10 <sup>9</sup>	3.1×10 <sup>9</sup>	5.5×10 <sup>8</sup>	4.7×10 <sup>7</sup>				
	60	1.5×10 <sup>8</sup>	—	0	3.1×10 <sup>9</sup>	8.2×10 <sup>8</sup>	1.1×10 <sup>9</sup>	1.5×10 <sup>7</sup>			

表 12 各温度で蒸煮したとうふ竹輪の貯蔵可能期間 (貯蔵温度 10℃)



— 貯蔵可能期間    - - - - やや品質変化が起こっているが食べられる期間    \* 腐敗

以上のように、100℃で30分以上の蒸煮を行えば長期の貯蔵が可能になることがわかったが、前述のとおりこの蒸煮条件では著しい品質の低下を起こしてしまい商品価値は全くなくなってしまう。一方、いずれの温度で蒸煮しても物性の劣化が起こらないうちに蒸煮を止めたものの貯蔵性は7～10日程度である。このことから、とうふ竹輪が貯蔵性がないと言われる原因の一つとしては、とうふ竹輪が他の魚肉ねり製品に比べて蒸煮温度、蒸煮時間の制約が大きく、十分な殺菌を行うまで加熱できないという特性があるからではないかと考えられる。さらに、原料として豆腐を使用し、脱水豆腐にするための圧搾工程等もあることから、芽胞形成菌に汚染されやすい環境にあることも考えられる。これらのことがあいまって蒸煮後も残存生菌数が多く、貯蔵性が劣っているのではないかと推察される。さらに、市販のとうふ竹輪の多くは、前述の貯蔵試験の結果、10℃貯蔵では7日未満の貯蔵性しかないことが推察され、今回、中心温度が75℃以上に加熱した蒸しとうふ竹輪の貯蔵性よりさらに劣っていることから、市販品の多くは、蒸煮不足かあるいは低温で腐敗性の強い微生物の二次汚染が起こっている可能性が強いと考えられる。物性が劣化しない程度にしっかりと蒸煮を行ない、二次汚染がなければ、10℃貯蔵で7～10日程度の貯蔵は可能だと思われることから、県外等への販路拡大には十分適応できるものと思われる。このためには、蒸煮温度、蒸煮時間の適切な管理と微生物の二次汚染を防ぐ作業環境、特に冷却、包装場所の整備が重要になると思われる。ただし、その際にも、芽胞形成菌は高温では急速に増殖するから、輸送・流通中に品温が高くないように注意する必要があると思われる。

## 要 約

1. 鳥取県内で生産された蒸しとうふ竹輪6点を+5℃に貯蔵し、貯蔵性を調査したところ、保存可能日数は3～22日と製品によりかなり差があり、腐敗の様子、腐敗時のPHの変化等も異なっていた。腐敗の速さは、試料の初発一般生菌数、食塩含量、水分活性、PH、包装方法等とはあまり関係はみられなかった。
2. 蒸しとうふ竹輪の温度別貯蔵性を調査したところ、貯蔵温度が高いとかなり腐敗が速いが、低温(-1℃)に貯蔵すれば、比較的長期の貯蔵が可能であった。また、凍結貯蔵するには温度を-40℃程度にまで下げる必要があり、-20℃では急速にスポンジ化ならびに硬化が起こり、商品価値がなくなることがわかった。
3. 蒸しとうふ竹輪の蒸煮温度、蒸煮時間と製品の品質について調査したところ、中心温度が約73℃以下では未凝固感が残り、この未凝固感が完全になるには、中心温度が約86℃以上になる必要があった。しかし、中心温度が90℃以上になるとスポンジ化が発生しやすくなり、95℃以上になると著しく発生する傾向が見られた。これらのことから、各温度における最適蒸煮時間は100℃で約10分、90～95℃で約15～20分、80℃で約30～60分程度であると思われた。
4. 蒸煮温度80、90、100℃で、0～60分間それぞれ蒸煮したとうふ竹輪の貯蔵性を+10℃で調査したところ、蒸煮後の残存生菌を0にし、長期の貯蔵性を持たせるには100℃30分以上の

蒸煮が必要であることがわかった。しかし、この条件で蒸煮を行った蒸しとうふ竹輪は物性面で著しく品質が劣った。最適蒸煮時間蒸煮された蒸しとうふ竹輪の貯蔵性は+10℃貯蔵で7～10日程度であった。このことから、蒸しとうふ竹輪は蒸煮温度、蒸煮時間の適切な管理と蒸煮後の微生物の二次汚染の防止ならびに低温流通を行えば、県外等への販路拡大には十分適応できるものと思われた。

## 参考文献

- 1) 小原哲二郎・鈴木隆雄・岩尾裕之監修：改訂食品分析ハンドブック 建帛社（1982），P 594～595
- 2) 日本食品工業学会・食品分析法編集委員会編：食品分析法 光琳（1982），P 378～380
- 3) 横関源延・渡辺忠美：水産加工品の水分活性．昭和45年度日本水産学会年会講演要旨（1970），P 82
- 4) 清水亘・竹林靖：水産製造会誌，3（1935），P 170
- 5) 清水亘：水産ねり製品 光琳書院（1966），P 233