

# 亜熱帯生物資源の殺菌条件に関する研究

鎌田靖弘、大石千明、西川一好、宮城健<sup>1</sup>、嶺井政秀<sup>2</sup>、新垣拓也<sup>3</sup>

加圧蒸気式殺菌機を用いて、亜熱帯生物資源の殺菌条件に関する研究を県内企業3社と共同で行った。その結果、大腸菌群数は、全ての素材のいずれの殺菌条件でも陰性となった。一般生菌数は、素材、ロットおよび殺菌条件によって異なったが、300cfu/g以下になる条件を見いだした。ウコンの中には、初発の一般生菌数が少なくても高い殺菌条件（0.30MPa、10秒以上）を必要とするロットと、初発生菌数が多くても、低い殺菌条件（0.10MPa、5秒）で容易に殺菌されるロットがあった。このことから、菌数のみならず、菌相も殺菌条件には影響することが分かった。

## 1 はじめに

近年、食品の安全性に関する問題が社会的に大きくクローズアップされる中、製品の品質管理体制の強化が求められている。健康食品加工では原料加工工程が製品品質に大きく影響を及ぼすものの1つである。殺菌工程は、県内企業の多くが県外へ委託製造しており、殺菌条件とそれに伴う品質に関し、技術的知見の不足によって、委託側からの製造指示に限界があった。そのため、県内健康食品業界の共通課題として、殺菌技術に関する基礎的研究の必要性が存在した。食品製造における殺菌法はほとんどが加熱殺菌であるが、委託製造で主流に用いられている殺菌法は、湿熱殺菌の一つである加圧蒸気殺菌であった。

そこで本研究では、委託製造を含めた殺菌工程の技術力向上を目的に、県内企業3社（(株)金秀バイオ、(有)水耕八重岳および(有)沖縄健菜）と共同で、殺菌効率の良いと報告されている加圧飽和蒸気<sup>1)</sup>を用いて、亜熱帯生物資源の殺菌条件と、それに伴って変化する品質の1つである色に関する基礎研究を行った。

## 2 実験方法

### 2-1 素材の選択と一次処理

素材の選択は、表1に示すように、県内企業が課題としている素材や現在委託製造している素材より選択した。全ての素材の一次処理は、素材を選択した各社にて、素材毎の製造手順に従って、洗浄・切断（スライス）・乾燥・粉碎の手順で行った。ウコンスライス(SU)は宮古島産、ボタンボウフウ(090213-S)は与那国産、ヘチマ(051018-H)は冷凍保存品、その他のロットは全て沖縄県北部産であった。

### 2-2 殺菌装置

本研究では、加圧飽和蒸気式の湿熱殺菌原理を利用した小型バッチ式殺菌機（HTST-B60：カワサキ機工（株）社製）を用いた。同時に殺菌時に上昇した素材の水分を1~2分で乾燥させるために、付帯設備として乾燥冷却回収装置を使用した。

### 2-3 殺菌条件

本研究では、表1に示すような殺菌条件を検討した。殺菌工程の影響を明確化するために、置換工程と乾燥工程は全試験で一定とした。胴回転数は、殺菌後の形態に関する検討を行ったニガウリスライス乾燥物（Lot. 080627）以外は全て50rpmと一定にした。仕込量は素材

表1 選択素材の名称、部位、形態および各ロット毎の素材の殺菌条件

素材名	部位	形態	Lot.No	殺菌機側					乾燥冷却回収機側				
				置換工程 MPa(秒)	殺菌工程 MPa(秒)	乾燥工程 MPa(回)	胴回転数 rpm	仕込量 L	振動ふるい Hz	乾燥温度 ℃	乾燥風量 Hz	冷却風量 Hz	
ウコン	根茎	粉体	2060713-2	0.01(10)	0.15-0.30(10)	0.2(2)	50	1.5	25(1/1)	90	30	25	
		スライス	2060713-3	〃	0.15(10)	〃	〃	〃	25(1/0.5)	95	30	35	
			T2080219(SL)	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃
			SU	〃	0.10-0.30(5-20)	〃	〃	2.0	25(1/0.5)	100	30	35	
キョウオウ	根茎	スライス	K	〃	0.15-0.20(10-20)	〃	〃	1.5	25(1/0.5)	100	30	23	
ガジュツ	根茎	スライス	GA	〃	0.03-0.15(1-20)	〃	〃	〃	25(1/0.5)	100	30	23	
ヘチマ	実	スライス	051018-H	〃	0.05-0.20(10-20)	〃	〃	2.0	25(1/0.5)	110	30	23	
ボタンボウフウ	葉	スライス	090213-S	〃	0.03-0.15(10-20)	〃	〃	〃	25(1/0.5)	95	27	20	
ニガウリ	実	チップ	-	〃	0.03-0.20(3-15)	〃	〃	〃	25(1/0.5)	110	33	20	
		スライス	-	〃	0.03-0.10(3-15)	〃	40	〃	25(1/2.0)	110	33	20	
			2080531(NSL)	〃	0.10-0.20(10-30)	〃	〃	〃	27(1/0.5)	95	30	35	

\*1 金秀バイオ株式会社、\*2 有限会社水耕八重岳、\*3 有限会社沖縄健菜

の菌数やかさ密度に応じて1.5Lか2.0Lにした。乾燥冷却回収機の条件設定は、素材の流動性、かさ密度、吸湿性および大きさ等により、適度な条件にその都度定めた。

## 2-4 評価法

### 2-4-1 菌数測定

#### ①前処理

ストマッカー袋にサンプル5gと緩衝液45mlを入れ、ストマッカーで2分間押し出し抽出し10<sup>1</sup>液とした。抽出液1mlを9mlの緩衝液にて10倍希釈し、それを7回繰り返して希釈液（10<sup>1</sup>液～10<sup>8</sup>液）を調製した。

#### ②大腸菌群の測定

ペトリフィルム（3M社製）を用いた簡易測定法で行った。ペトリフィルムにサンプル1mlを添加し、軽く押さえた後、10分間静置した。その後、37℃、24時間培養後、コロニーが形成され、気泡が生じた場合を大腸菌群陽性、コロニーが形成されない、またはコロニーが形成されても気泡が生じなかった場合を大腸菌群陰性とした。

#### ③一般生菌数測定

食品衛生検査指針<sup>2)</sup>に準拠して菌数測定を行った。標準寒天培地（E-MB65：栄研化学（株））23.5gを、精製水1,000ml加えて加温溶解後、121℃、20分間のオートクレーブ滅菌を行った。滅菌シャーレにサンプル1mlを入れた後、45-50℃に保温した滅菌培地15-20mlを加えて振とう混釈した。培地が固化するまで静置後、シャーレを裏返して37℃、48時間の培養し、形成したコロニー数をカウントした。

### 2-4-2 色差測定

試料の色彩（L\*a\*b\*）は、色彩色差計（CR-300；コニカミノルタ）を用いて試料10点を測定して平均値を求め、殺菌前（コントロール）との色差（Δ\*a\*b\*）を求めた<sup>3)</sup>。また表2に示した各色差に対応するNBS単位（米国標準局）で評価を行った。結果は日本語表現で示した。

表2 色差とNBS単位の関係

Δ*a*b*	色差の感覚	日本語表現
0～0.5	Trace	かすかな色差
0.5～1.5	Slight	わずかな色差
1.5～3.0	Noticeable	感知しうる色差
3.0～6.0	Appreceable	目だつほどの色差
6.0～12.0	Much	大きな色差
12以上	Very Much	多大な色差

### 2-4-3 水分測定

水分の測定は、加熱乾燥式水分計（ML-50：（株）A&D）を用いて行った。測定条件は、試料重量5g、温度設定105℃に設定し、0.2%/分の重量低下速度になった時点を恒量とし、その際の減量分を水分として求めた。

## 3 実験結果と考察

### 3-1 ウコン粉末（Lot.2060713-2）を用いた場合の加圧蒸気殺菌条件の検討

殺菌工程の圧力を0.15MPa、時間を10秒とし、試料投入量1.5L/回、4回の連続運転で殺菌を行った。その結果、表3に示すように、ウコン粉末の生菌数は減少し、乾燥状態も良好であった。しかし、図1に示すように、殺菌機の回転ドラム、内蓋及び温度センサー部位へウコン粉末が付着し、更に乾燥冷却回収機の風量と排気バランスが悪いため、ウコン粉末のキャリーオーバーが認められた。そのため、投入粉末 2.44kg（4回の合計）に対し、回収量が 1.23kg（50%）とかなり悪い状況であった。排気量の制御が必要となったが、センター側のユーテリティである排気風量が制御できないため、今回は改善が困難であると判断し、これ以上の条件検討はしなかった。なお、この粉末のかさ比重は358g/Lであった。

表3 ウコン粉末（Lot.2060713-2）の生菌数および水分変化

2060713-2	殺菌前	殺菌後(0.15MPa、10秒)
一般生菌数	1.0 × 10 <sup>5</sup>	50
大腸菌群	陰性	陰性
水分	8.95	7.7



内蓋の粉体付着



殺菌後の回収機の状態



乾燥冷却回収後の状態



集塵機のフィルター状態

図1 ウコン粉末を用いた殺菌後の乾燥冷却回収機の状態

殺菌後の品質の1つである色彩は、目視による官能検査で差が認められ、色差 ( $\Delta^*ab$ ) は4.82 (NBS単位：目だつほどの色差) であった。

### 3-2 ウコンスライス (Lot. 2060713-3) を用いた場合の加圧蒸気殺菌条件の検討

殺菌工程の圧力と時間を0.15MPa、10秒および0.30MPa、10秒とし、試料投入量1.5L/回、7回の連続運転で殺菌処理を行い、菌数変化及び色差を測定した。図3に示すようにスライス形状が大きく、殺菌後、乾燥冷却回収機へ輸送させる吸引ノズルに詰まるため、手で乾燥冷却回収機へ輸送した。

表4に示すように、いずれの条件でも一般生菌数の減少は認められなかった。殺菌後の乾燥状態は良好であり、かさ比重は234g/Lであった。

色彩は、図2に示すように殺菌圧力が0.15MPaでは目視による官能検査ではあまり差が認められず、0.30MPaでやや差があるように感じた。NBS単位での評価では、各々「感知しうる色差」、「目だつほどの色差」となった。



殺菌前 殺菌後 (0.15MPa) 殺菌後 (0.30MPa)

図2 ウコンスライスを用いた殺菌前後での色の变化

表4 ウコンスライス (Lot.2060713-3) の生菌数および水分変化

2060713-3	殺菌前	殺菌後 (0.15MPa, 10秒)	殺菌後 (0.30MPa, 10秒)
一般生菌数	$2.7 \times 10^3$	$3.9 \times 10^3$	$1.4 \times 10^3$
大腸菌群	陰性	陰性	陰性
水分	8.00	9.20	8.68

### 3-3 ウコンスライス (Lot. T2080219 (SL)) を用いた場合の加圧蒸気殺菌条件の検討

殺菌工程の圧力と時間を0.15MPa、20秒、0.15MPa、30秒、0.20MPa、20秒、0.20MPa、30秒、0.30MPa、20秒および0.30MPa、30秒とし、試料投入量1.5L/回、4回の連続運転で殺菌処理を行い、菌数変化及び色差を測定した。その結果、ウコンスライスの初発菌数は一般生菌数が $1.8 \times 10^4$ cfu/g、大腸菌群が陰性であるのに対し、表5に示す

ように、殺菌後の一般生菌数は、何れの条件でも300cfu/g以下、大腸菌群陰性であった。

水分含量は殺菌前6.16%と比較して、表5に示すように、殺菌後ではいずれも1.8~2.3ポイント高い値で、乾燥状態はやや不良となった。かさ比重は200g/Lであった。

色彩は図3に示すように、殺菌圧力が0.15MPa、20秒でも目視による官能検査では差が認められ、その差は殺菌時間と殺菌圧力の値が高いほど大きいように感じた。色差も表6に示すように、その傾向を示した。

表5 ウコンスライス殺菌後の生菌数と水分値

殺菌圧力 (MPa)	殺菌時間(秒)			
	20		30	
	一般生菌数(cfu/g)	水分値(%)	一般生菌数(cfu/g)	水分値(%)
0.15	<300	8.46	<300	8.2
0.20			<300	7.98
0.30	<300	8.09	<300	8.27



殺菌前 殺菌後 (0.15MPa, 20秒) 殺菌前 殺菌後 (0.30MPa, 30秒)

図3 ウコンスライスを用いた殺菌前後での色の比較

表6 ウコンスライスでの殺菌後の色の变化 (色差 (NBS単位))

殺菌圧力(MPa)	殺菌時間(秒)	
	20	30
0.15	5.37(目だつほどの色差)	7.75(大きな色差)
0.20		5.78(目だつほどの色差)
0.30	9.7(大きな色差)	8.15(大きな色差)

### 3-4 ウコンスライス (Lot. SU) を用いた場合の加圧蒸気殺菌条件の検討

殺菌工程の圧力と時間を0.10MPa、5秒、0.15MPa、5秒、0.15MPa、10秒、0.15MPa、15秒、0.15MPa、20秒、0.10MPa、20秒、0.15MPa、20秒、0.20MPa、20秒、0.25MPa、20秒、および0.30MPa、20秒とし、試料投入量2.0L/回、単回の殺菌処理を行い、菌数変化及び水分を測定した。その結果、ウコンスライスの初発菌数は一般生菌数が $6.5 \times$

10<sup>4</sup>cfu/g、大腸菌群が陽性であるのに対し、表7に示すように、殺菌後の一般生菌数は、何れの条件でも300cfu/g以下、大腸菌群陰性であった。一方、水分含量は殺菌前12.1%と高く、殺菌後では全て低い値であったことから、殺菌後の乾燥状態は良好であった。しかし、殺菌前の水分含量が高いことは、保存時の品質劣化のリスクが高いことを示唆しており、本原料の乾燥条件の検討が必要であると推察された。かさ比重は200g/Lであった。

また色彩はこの条件下では、殺菌前と比較してやや暗くなるものの、ほとんど変わらないと判断した。粉碎後の粉末でもあまり大きな変化は無かったが、表8に示すように、殺菌時間および殺菌圧力と色差の関係性が推察された。

以上、3-1～3-4の結果より、ウコン粉末の殺菌は殺菌自体は良好であったが、乾燥時の風量バランスの改善が必要であることが分かった。一方、ウコンスライス乾燥物の殺菌では、初発の一般生菌数が少なくとも高い殺菌条件を必要とするロットと、初発生菌数が多くても、低い殺菌条件で容易に殺菌されるロットがあった。このことから、菌数のみならず、菌相も殺菌条件には影響することが分かった。今後、殺菌工程の最適条件を求めるためには、原料の菌数幅・菌相を把握し、安全係数を算出する必要がある。

### 3-5 キョウオウスライス (Lot. K) を用いた場合の加圧蒸気殺菌条件の検討

殺菌工程の圧力と時間を0.15MPa, 10秒、0.15MPa, 15秒、0.15MPa, 20秒、0.20MPa, 10秒、0.20MPa, 15秒および0.20MPa, 20秒とし、試料投入量1.5L/回、単回の殺菌処理を行い、菌数変化及び水分を測定した。その結果、キョウオウスライスの初発菌数は一般生菌数が1.4×10<sup>5</sup>cfu/g、大腸菌群が陽性であるのに対し、表9に示すように、殺菌後の一般生菌数は、いずれの条件でも300cfu/g以下、大腸菌群陰性であった。また、水分含量は殺菌前5.5%であるのに対し、殺菌後では最大でも0.7ポイントの増加に留まったため、殺菌後の乾燥状態は良好と判断した。かさ比重は133g/Lであった。

色彩は、殺菌前と比較して0.15MPa、10秒でも官能的にははっきりと差が認められ、殺菌圧力の増加及び殺菌時間が長くなるに従って変化が大きくなるが、殺菌圧力の影響が大きいと感じた。

官能評価と同様にスライスの色差値でも、表10に示すように、殺菌圧力と殺菌時間の影響が示唆された。一方、殺菌後粉碎した試料の色差は、表11に示すように、スライスと同様な傾向を示したが、粉末化した試料が緩やか(低値)であった。このことから、殺菌による品質劣化(色の変化)は、表面のみに及ぼしていることが推察された。

表7 ウコンスライス殺菌後の生菌数と水分値

殺菌圧力 (MPa)	殺菌時間(秒)							
	5		10		15		20	
	一般生菌数(cfu/g)	水分値(%)	一般生菌数(cfu/g)	水分値(%)	一般生菌数(cfu/g)	水分値(%)	一般生菌数(cfu/g)	水分値(%)
0.10	<300	10.7					<300	11.1
0.15	<300	10.6	<300	10.3	<300	10.8	<300	9.9
0.20							<300	10.6
0.25							<300	9.8
0.30							<300	10.4

表8 ウコンスライス殺菌後の粉末試料の色差 (NBS単位)

殺菌圧力(MPa)	殺菌時間(秒)			
	5	10	15	20
0.10	1.53(感知しうる色差)			2.37(感知しうる色差)
0.15	1.37(わずかな色差)	1.86(感知しうる色差)	1.65(感知しうる色差)	2.92(感知しうる色差)
0.20				2.16(感知しうる色差)
0.25				3.60(目だつほどの色差)
0.30				3.99(目だつほどの色差)

表9 キョウオウスライス殺菌後の生菌数と水分値

殺菌圧力 (MPa)	殺菌時間(秒)					
	10		15		20	
	一般生菌数(cfu/g)	水分値(%)	一般生菌数(cfu/g)	水分値(%)	一般生菌数(cfu/g)	水分値(%)
0.15	<300	6.2	<300	5.7	<300	5.7
0.20	<300	5.6	<300	5.9	<300	5.6

表10 キョウオウスライス殺菌後の色差 (NBS単位)

殺菌圧力(MPa)	殺菌時間(秒)		
	10	15	20
0.15	6.66(大きな色差)	8.44(大きな色差)	13.07(多大な色差)
0.20	8.80(大きな色差)	12.44(多大な色差)	12.01(多大な色差)

表11 キョウオウスライス殺菌後の粉末試料の色差 (NBS単位)

殺菌圧力(MPa)	殺菌時間(秒)		
	10	15	20
0.15	1.03(わずかな色差)	1.54(感知しうる色差)	3.14(目だつほどの色差)
0.20	2.80(感知しうる色差)	1.94(感知しうる色差)	1.56(感知しうる色差)

以上の結果より、このロットのキョウオウスライス乾燥物は、殺菌圧力0.15MPa、殺菌時間10秒の条件で殺菌することにより、菌数制御ができ、かつ粉末にした場合の品質(色)も、始めの原料と比較して「わずかな色差」に留まり、後工程の菌数制御ができていれば適した条件と言える。

### 3-6 ガジュツスライス (Lot. GA) を用いた場合の加圧蒸気殺菌条件の検討

殺菌工程の圧力と時間を0.03MPa、1秒、0.05MPa、10秒、0.05MPa、15秒、0.05MPa、20秒、0.15MPa、10秒、0.15MPa、15秒および0.15MPa、20秒とし、試料投入量1.5L/回、単回の殺菌処理を行い、菌数変化及び水分を測定した。その結果、ガジュツスライスの初発菌数は一般生菌数が $5.4 \times 10^3$ cfu/g、大腸菌群が陽性であるのに対し、表12に示すように、殺菌後の一般生菌数は、何れの条件でも300cfu/g以下、大腸菌群陰性であった。また、水分含量は殺菌前5.2%であるのに対し、殺菌後では0.5~1.4ポイント増加したため、殺菌後の乾燥条件の検討が必要であった。かさ比重は110g/Lであった。

色彩は、表13に示すように、殺菌前と比較して0.03MPa、1秒でも官能的に差は認められた。粉末では表14に示すように、あまり大きな差は認められなかった。

以上の結果より、このロットのガジュツスライス乾燥物は、殺菌圧力0.05MPa、殺菌時間10秒および15秒の条件で殺菌することにより、菌数制御ができ、かつ粉末にした場合の品質(色)も、始めの原料と比較して「感知しうる色差」に留まった事から、後工程の菌数制御ができていれば適した条件と言える。

表12 ガジュツスライス殺菌後の生菌数と水分値

殺菌圧力(MPa)	殺菌時間(秒)							
	1		10		15		20	
	一般生菌数(cfu/g)	水分値(%)	一般生菌数(cfu/g)	水分値(%)	一般生菌数(cfu/g)	水分値(%)	一般生菌数(cfu/g)	水分値(%)
0.03	<300	6.2						
0.05			<300	5.7	<300	5.7	<300	6.2
0.15			<300	6.2	<300	6.6	<300	6.2

表13 ガジュツスライス殺菌後の色差 (NBS単位)

殺菌圧力(MPa)	殺菌時間(秒)			
	1	10	15	20
0.03	3.46(目だつほどの色差)			
0.05		5.81(目だつほどの色差)	5.88(目だつほどの色差)	5.62(目だつほどの色差)
0.15		5.33(目だつほどの色差)	5.64(目だつほどの色差)	6.68(大きな色差)

表14 ガジュツスライス殺菌後の粉末試料の色差 (NBS単位)

殺菌圧力(MPa)	殺菌時間(秒)			
	1	10	15	20
0.03	1.71(感知しうる色差)			
0.05		2.34(感知しうる色差)	1.10(わずかな色差)	
0.15		2.06(感知しうる色差)	3.29(目だつほどの色差)	2.86(感知しうる色差)



3-7 ヘチマスライス (Lot. 051018-H) を用いた場合の加圧蒸気殺菌条件の検討

殺菌工程の圧力を0.05,0.10および0.20MPa, 時間を10秒および20秒とする6条件とし、試料投入量2.0L/回、単回の殺菌処理を行い、菌数変化及び水分を測定した。その結果、ヘチマスライスの初発菌数は一般生菌数が  $1.1 \times 10^3$  cfu/g、大腸菌群が陰性であるのに対し、表15に示すように、殺菌後の一般生菌数は、何れの条件でも300cfu/g以下、大腸菌群陰性であった。水分含量は殺菌前9.3%と比較して、殺菌後ではいずれも低い値を示した事から乾燥条件は良好で、またかさ比重は112g/Lであった。

表15 ヘチマスライス殺菌後の生菌数と水分値

殺菌圧力 (MPa)	殺菌時間(秒)			
	10		20	
	一般生菌数(cfu/g)	水分値(%)	一般生菌数(cfu/g)	水分値(%)
0.05	<300	9.1	<300	8.7
0.10	<300	9.1	<300	8.4
0.20	<300	7.9	<300	8.4

以上の結果より、このロットのヘチマスライス乾燥物は、殺菌圧力0.05MPa、殺菌時間10秒で菌数制御ができる事から、後工程の菌数制御ができていれば適した条件と言える。なお、このヘチマスライス乾燥物の品質に、色は影響しないことから色の評価はしていない。

3-8 ボタンボウフウ (Lot. 090213-S) の加圧蒸気殺菌条件の検討

殺菌工程の圧力と時間を0.03MPa, 5秒、0.05MPa, 10秒、0.05MPa, 20秒、0.10MPa, 10秒、0.10MPa, 20秒、0.15MPa, 10秒および0.15MPa, 20秒とし、試料投入量2.0L/回、単回の殺菌処理を行い、菌数変化及び水分を測定した。原料が軽い(かさ比重33g/L)ため、殺菌用のエアークラウドや蒸気の噴出圧により原料のロスが認められ(図4)、原料回収率は88%と悪く、今後の検討課題となった。

一般生菌数変化は、ボタンボウフウの初発菌数は一般生菌数が  $1.3 \times 10^3$  cfu/g、大腸菌群が陽性であるのに対し、表16に示すように、殺菌後の一般生菌数は、何れの条件でも300cfu/g以下、大腸菌群陰性であった。水分含量は殺菌前9.8%と比較して、殺菌後ではいずれも低い値となった事から、乾燥状態は良好であった。



図4 ボタンボウフウ殺菌直後の状況

表16 ボタンボウフウ殺菌後の生菌数と水分値

殺菌圧力 (MPa)	殺菌時間(秒)					
	5		10		20	
	一般生菌数(cfu/g)	水分値(%)	一般生菌数(cfu/g)	水分値(%)	一般生菌数(cfu/g)	水分値(%)
0.03	<300	8.1				
0.05			<300	8.2	<300	8.6
0.10			<300	8.0	<300	9.4
0.15			<300	7.9	<300	8.3

以上の結果より、このロットのボタンボウフウ乾燥物は、殺菌圧力0.05MPa、殺菌時間10秒で菌数制御ができる事から、後工程の菌数制御ができていれば適した条件と言える。なお、このロットのボタンボウフウ乾燥物でも、品質に色は影響しないことから色の評価はしていない。

3-9 ニガウリチップを用いた場合の加圧蒸気殺菌条件の検討

殺菌工程の圧力を0.03,0.05および0.10MPa, 時間を3,5,10および15秒とする12条件に、0.15MPaの3,5および10秒と0.20MPa, 10秒の計16条件とし、試料投入量2.0L/回、単回の殺菌処理を行い、菌数変化及び水分を測定した。その結果、ニガウリチップの初発菌数は大腸菌群が陽性、一般生菌数が  $5.2 \times 10^6$  cfu/gであるのに対し、表17に示すように、殺菌後の大腸菌群は全て陰性となり、一般生菌数は殺菌圧力0.03および0.05MPaでは15秒で<300cfu/gとなったが、0.10MPa以上の殺菌圧力では3秒でも<300cfu/g以下となった。この事から、殺菌圧力を高めれば殺菌時間は短縮できることが示唆された。一方、水分含量は殺菌前4.7%と比較して、殺菌後では0.1~2.5ポイント増加した事から、殺菌圧力と殺菌時間に適した乾燥条件の検討が必要であった。かさ比重は230g/Lであった。

色彩は殺菌することによって、原料より濃い緑(暗い緑)になるように感じ、0.05MPa、3秒以降は明確

な色の変化が認められ、官能評価ではこの変化が劣化の判断基準であると推測した。色差値を測定した結果、表18に示すように0.05MPa、3秒と5秒は「感知しうる色差」であることが確認された。表19に示すように粉末化した試料の色差値は、殺菌時間と殺菌圧力に対して大きな変化は認められなかった。

以上の結果より、このロットのニガウリチップ乾燥物は、殺菌圧力0.10MPa、殺菌時間10秒で菌数制御ができ、かつ粉末にした場合の品質（色）も、始めの原料と比較して「感知しうる色差」に留まったことから、後工程の菌数制御ができていれば最適条件と言える。

### 3-10 ニガウリスライス (Lot. 080627) を用いた場合の加圧蒸気殺菌条件の検討

本素材は殺菌前後で形状を保持する必要があるため、殺菌中に物理的な形状破壊に影響を及ぼす胴回転数の影響を検討した。試料2.0Lを投入し、10,15,20,30,40および50rpmと徐々に回転数を手動で上げながら、流動性と形状崩壊を目視で確認した。その結果、40rpm以下であれば素材の形状は維持できると判断した。

殺菌工程の圧力を0.03,0.05および0.10MPa、時間を

3,5,10および15秒とする12条件とし、試料投入量2.0L/回、単回の殺菌処理を行い、菌数変化及び水分を測定した。その結果、ニガウリスライスの初発菌数は一般生菌数が $5.4 \times 10^4$ cfu/g、大腸菌群が陽性であるのに対し、表20に示すように、0.03MPa、3秒の条件以外、殺菌後の一般生菌数は、300cfu/g以下、大腸菌群陰性であった。また水分含量は殺菌前5.5%と比較して、殺菌後では最大でも0.5ポイントしか増加しなかったことから、乾燥状態は良好であった。かさ比重は50g/Lであった。

色彩は殺菌することによって、原料より濃い緑（暗い緑）になるように感じた。0.03MPa、10秒以下の条件では殺菌前とほとんど変わらないが、0.03MPa、15秒以降では明確な色の変化が認められた。また表21に示した色差値と官能評価を比較すると、「感知しうる色差」の中でも官能的にはランク付けが必要であることが推察された。

以上の結果より、このロットのニガウリスライス乾燥物は、胴回転数40rpm、殺菌圧力0.03MPa、殺菌時間10秒で、品質（色）も妥協できうる条件であることが推察された。

表17 ニガウリチップ殺菌後の生菌数と水分値

殺菌圧力(MPa)	殺菌時間(秒)							
	3		5		10		15	
	一般生菌数(cfu/g)	水分値(%)	一般生菌数(cfu/g)	水分値(%)	一般生菌数(cfu/g)	水分値(%)	一般生菌数(cfu/g)	水分値(%)
0.03	$4.1 \times 10^2$	5.1	<300	4.8	$3.9 \times 10^3$	7.2	<300	5.5
0.05	$3.4 \times 10^2$	4.8	$3.2 \times 10^2$	5.6	$4.5 \times 10^2$	6.7	<300	6.4
0.10	<300	6.2	<300	6.9	<300	7.0	<300	5.8
0.15	<300	5.2	<300	5.4	<300	7.0		
0.20					<300	6.3		

表18 ニガウリチップ殺菌後の色差（NBS単位）

殺菌圧力(MPa)	殺菌時間(秒)			
	3	5	10	15
	0.03	1.58(感知しうる色差)	2.97(感知しうる色差)	5.81(目だつほどの色差)
0.05	1.37(わずかな色差)	6.55(大きな色差)	6.38(大きな色差)	6.16(大きな色差)
0.10	5.99(目だつほどの色差)	5.82(目だつほどの色差)	9.51(大きな色差)	3.24(目だつほどの色差)
0.15	4.41(目だつほどの色差)	2.48(目だつほどの色差)	3.62(目だつほどの色差)	
0.20			7.01(大きな色差)	

表19 ニガウリチップ殺菌後の粉末試料の色差（NBS単位）

殺菌圧力(MPa)	殺菌時間(秒)			
	3	5	10	15
	0.03	2.89(感知しうる色差)	3.06(目だつほどの色差)	
0.05	2.72(感知しうる色差)	1.39(わずかな色差)	2.26(感知しうる色差)	
0.10		2.64(感知しうる色差)	2.52(感知しうる色差)	3.66(目だつほどの色差)
0.15	3.67(目だつほどの色差)	3.45(目だつほどの色差)		

表20 ニガウリスライス殺菌後の生菌数と水分値

殺菌圧力(MPa)	殺菌時間(秒)							
	3		5		10		15	
	一般生菌数(cfu/g)	水分値(%)	一般生菌数(cfu/g)	水分値(%)	一般生菌数(cfu/g)	水分値(%)	一般生菌数(cfu/g)	水分値(%)
0.03	4.8×10 <sup>2</sup>	6.1	<300	5.8	<300	4.4	<300	4.6
0.05	<300	4.9	<300	4.8	<300	4.0	<300	5.0
0.10	<300	5.3	<300	5.0	<300	6.0	<300	5.7

表21 ニガウリスライス殺菌後の色差 (NBS単位)

殺菌圧力(MPa)	殺菌時間(秒)	
	10	15
0.03	1.71(感知しうる色差)	1.28(わずかな色差)
0.05	2.38(感知しうる色差)	2.74(感知しうる色差)
0.10	2.92(感知しうる色差)	3.12(目だつほどの色差)

表23 ニガウリスライスでの殺菌後の色の变化 (色差 (Δ\*ab)、(NBS単位))

殺菌圧力(MPa)	殺菌時間(秒)		
	10	20	30
0.10	3.13(目だつほどの色差)	8.14(大きな色差)	4.83(目だつほどの色差)
0.20	6.38(大きな色差)	6.38(大きな色差)	9.47(大きな色差)

3-11 ニガウリスライス (Lot. 2080531(NSL)) を用いた場合の加圧蒸気殺菌条件の検討

殺菌工程の圧力を0.10および0.20MPa、時間を10,20および30秒とする6条件とし、試料投入量2.0L/回、単回の殺菌処理を行い、菌数変化及び水分を測定した。また、色差は殺菌乾燥後のスライス及びブスライスを粉砕した粉末試料について測定を行った。その結果、ニガウリスライスの初発菌数は一般生菌数が4.5×10<sup>7</sup>cfu/g、大腸菌群が陽性であるのに対し、表22に示すように、殺菌後の一般生菌数は、何れの条件でも300cfu/g以下、大腸菌群陰性であった。また、水分値は殺菌前4.4%と比較して、殺菌後ではいずれも0.2~1.0ポイント高い値となり、吸湿性を有する傾向があった。かさ比重は50g/Lであった。

色彩は殺菌圧力が0.10MPa、10秒以外は目視による官能検査でも差がはっきり認められ、殺菌時間と殺菌圧力の値が高いほど大きいように感じた。色差およびNBS単位も表23に示すように、その傾向を示した。一方で、粉末化した試料の色彩は、官能検査、表24にした色差およびNBS単位、共に殺菌時間と殺菌圧力に対する変化の傾向はスライス試料と同じであったが、その程度(値)はスライス物よりも粉末化した試料が緩やか(低値)であった。このことから、殺菌による品質劣化(色の变化)は、表面のみに働いていることが推察された。

表22 ニガウリスライス殺菌後の生菌数と水分値

殺菌圧力(MPa)	殺菌時間(秒)					
	10		20		30	
	一般生菌数(cfu/g)	水分値(%)	一般生菌数(cfu/g)	水分値(%)	一般生菌数(cfu/g)	水分値(%)
0.10	<300	5.0	<300	5.0	<300	5.4
0.20	<300	5.4	<300	4.7	<300	5.5

表24 ニガウリスライスでの殺菌後の粉末での色の变化 (色差 (Δ\*ab)、(NBS単位))

殺菌圧力(MPa)	殺菌時間(秒)		
	10	20	30
0.10	0.93(わずかな色差)	0.86(わずかな色差)	3.70(目だつほどの色差)
0.20	2.03(感知しうる色差)	4.82(目だつほどの色差)	4.37(目だつほどの色差)

以上の結果より、このロットのニガウリスライス乾燥物の殺菌は、殺菌圧力0.1MPa、殺菌時間20秒で菌数制御ができ、かつ粉末にした場合の品質(色)も、始めの原料と比較して「わずかな色差」に留まった事から、後工程の菌数制御ができていれば適した条件と言える。

以上、3-1~3-11の結果より、どのロットでも対応できる殺菌工程の最適条件を求めるためには、菌数制御の面から各企業の規格基準と原料の菌数幅・菌相を把握し、安全係数を算出する必要があることが明らかとなった。そのためには、更なるロット毎の原料管理(産地、時期、洗浄や乾燥条件)を行う必要がある。更に殺菌に伴う品質(味・香り・成分など)劣化も考慮し品質規格を定めた製造条件が重要である。

今回は品質として熱の影響を受けやすく、変化が表れ易い「色」に注目して研究を行った。その結果、粉末から殺菌をするよりも、チップやスライスで殺菌した後に粉末化の方が、熱の影響による品質(色)劣化は受けにくいことが示唆できた。後工程の菌数制御がこれからの課題の一つである。

蒸気等を用いた湿熱殺菌は、熱風等を利用した乾熱殺菌よりも効果が高い。その理由として水の化学反応性が大きいことと、熱伝達速度が速いことであるとの報告がある<sup>9)</sup>。また、過熱蒸気を用いた乾熱殺菌として気流式殺菌が分類されている。今回は、殺菌効率の良い加圧飽



和蒸気<sup>1)</sup>を用いたが、今後は乾熱殺菌に分類されている過熱殺菌<sup>2)</sup>も視野に入れた研究が必要である。

#### 4 まとめ

食品の安全性に関する問題が社会的に大きくクローズアップされてきており、そのことによる製造の品質管理体制の強化が問われるようになった。そこで、委託製造を含めた殺菌工程の技術力向上を目的として、加圧蒸気式殺菌機を用いて、ロット別で11種類の乾燥スライス物（一部は粉体）の殺菌条件に関する基礎研究を県内企業3社と共同で行った。結果は以下の通りである。

①大腸菌群数は、全ての素材のいずれの殺菌条件でも陰性となった。一般生菌数は、素材、ロットおよび殺菌条件によって異なったが、300cfu/g以下になる条件を見いだした。

②ニガウリの中には、殺菌圧力も低くかつ短時間で一般生菌数を300cfu/g以下にすることができた。

③ウコンの中には、初発の一般生菌数が少なくても高い殺菌条件（0.30MPa、10秒以上）を必要とするロットと、初発生菌数が多くても、低い殺菌条件（0.10MPa、5秒）で容易に殺菌されるロットがあった。この事から、菌数のみならず、菌相も殺菌条件には影響することが示唆された。

#### 謝辞

本研究を遂行するに当たり、小型バッチ式殺菌機と乾燥冷却回収装置の技術サポートをして頂きましたカワサキ機工株式会社に深くお礼申し上げます。

#### 参考文献

- 1) 石井泰造監修、微生物制御実用事典、(株)フジ・テクノシステム、PP.147-150(1996)
- 2) 厚生労働省監修、食品衛生検査指針 微生物編2004、社団法人日本食品衛生協会、PP.116-123(2004)
- 3) 大田登、色彩工学第2版、東京電機大学出版局、PP.164-165 (2001)
- 4) Arnold L. Demin& Nadline A. Solomon, Manual of Industrial Microbiology and Biotechnology. American Society for Microbiology, PP351-362 (1986)
- 5) 石井泰造監修、微生物制御実用事典、(株)フジ・テクノシステム PP.506(1996)

編 集 沖縄県工業技術センター

発 行 沖縄県工業技術センター

〒904-2234 沖縄県うるま市字州崎 12 番 2

T E L (098)929-0111

F A X (098)929-0115

U R L <https://www.pref.okinawa.lg.jp/site/shoko/kogyo/>

著作物の一部および全部を転載・翻訳される場合は、当センターに

ご連絡ください。