

## 遠赤外線のサキイカ製造工程への応用

内山 智幸, 尾谷 賢, 沢谷 拓治\*

## Application of Far Infrared Radiation for Sakiika Manufacturing Process

Tomoyuki UCHIYAMA Masaru OTANI Takuji SAWAYA

## 抄 録

近年, 様々な分野において放射乾燥の1つである遠赤外線乾燥の利用が普及し始めているが, その適正な利用法については, まだまだ検討の余地がある。そこで今回サキイカ製造工程への適用について基礎実験を行った。従来サキイカの乾燥にはシュバングバーナーを用いた焙焼, 熱風を用いた乾燥が行われており, これら2つの工程について検討を行なった。

だるまいカの焙焼試験では, 放射板表面温度 200℃, 距離 7.5cm, 処理時間 5~6分が適正条件であることが分かった。また, 2次調味後のサキイカの乾燥では両面放射が色ムラ, 乾燥ムラも少なく仕上がり, 更に熱風乾燥に比べて, 20~30%の乾燥時間の短縮が認められた。

## 1. はじめに

食品の乾燥は天日, 冷風(低温, 低湿)など自然条件を容易に利用できる事から, 食品の保蔵等を目的として古くから活用されてきた。その後各種の乾燥法が開発され, 食品の保存性や輸送性の向上を賦与することや, 乾燥工程のスピードアップ, 製品の高品質化などが図られてきた。

近年では, 水やお湯で戻すと元の状態になるなどの新しい性質を持った加工乾燥食品の開発に加え, 貯蔵, 輸送ばかりでなく食生活の高度化, 合理化の面からも高品質でかつ簡便性に富んだ乾燥法が強く望まれている。いずれの乾燥技術にしても, より低コストでかつ品質の良い製品を作ることが要求されている。

最近, 遠赤外線の食品加工への利用が各分野において検討されており, 遠赤外線による緑葉の乾燥効果<sup>1)</sup>, 遠赤外線を用いた食品類の加熱, 加工について(麺線への遠赤外線照射に関する基礎的検討)<sup>2)</sup>, 総論として遠赤外線

の食品工業への利用<sup>3)</sup>等がある。現在, サキイカ製造工程には, シュバングバーナーを利用した焙焼, 熱風を利用した乾燥が行なわれている。本試験ではソフトサキイカの製造工程における遠赤外線の適応性を検討したものである。

## 2. 試料および試験方法

## 2.1 試料

現在, 行なわれているソフトサキイカの製造工程を図1に示す。今回, 試験に用いた原料は真イカであり, 検

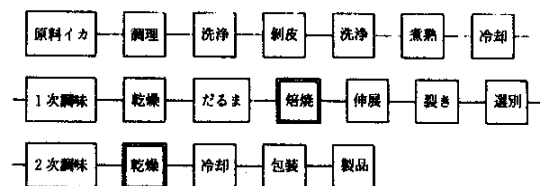


図1 ソフトサキイカ製造工程

\*北海道立工業技術センター

討した工程は、通称“だるま”と呼ばれる焙焼前のイカ（以下、だるまいカ）と、サキイカ状にされた後、2次調味されたイカ（以下、サキイカ）による焙焼、乾燥についてである。

### 2.2 試料の水分率

各試料の水分率を表1に示す。試料の水分率(湿量基準%)は105℃の乾燥恒量値より算出した。

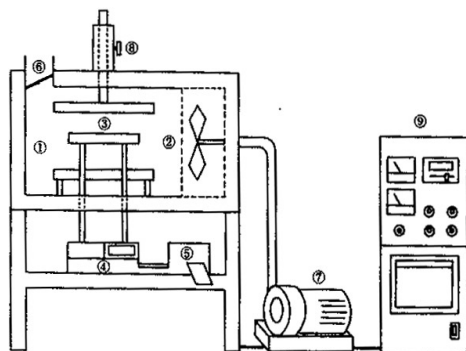
だるまいカについては、各サイズごとに検討したが、Sサイズ39.4%、Mサイズ41.4%、Lサイズ43.0%であり、サイズにより水分率が異なる事が分かった。又2次調味後の試料は、42.0%であった。

表1 試料の水分率

試料	水分率 (%)	含水率 (%)
だるまいカ S	39.4	65.0
M	41.4	70.7
L	43.0	75.4
2次調味後	42.2	73.0
製品	28.2	39.2

### 2.3 試験方法

遠赤外線、熱風乾燥に用いた試験機を図2に示す。今回遠赤外線乾燥試験に用いた放射板は高効率の遠赤外線放射体で、その全放射率は0.93である。この2枚の放射板がチャンバー内に上下に設置されており、その間隔を



①チャンバー (内寸600×500×500mm) ②放射体 (1 Kw200V)  
 ③試料台 ④電子天びん ⑤プリンター ⑥排気口ダンパー  
 ⑦送風ファンモーター ⑧放射体上下移動ハンドル  
 ⑨コントローラー及びレコーダーボックス

図2 遠赤外線、熱風乾燥試験機

任意に変えることができる。その放射板表面温度と雰囲気温度、及び放射エネルギー量の関係は前報に示す通りである<sup>4)</sup>。熱風乾燥試験は放射板をAL板で覆い熱風発生用ヒータにより外気を加熱することにより行った。送風は遠赤外線、熱風乾燥いずれも外部ファンを用い0.01 m/sに制御、乾燥特性への風速の影響が極力少ない条件で試験を行った。重量変化は試料ホルダーを電子天秤と連動させることにより連続測定した。又各種試料の水分率は、ISUZU社製の恒温槽にて105℃の恒量値にて評価し、水分活性はNovasina社RTD-33H-2型を用い測定した。又、被乾燥物の色調はミノルタ製色彩色差計CR-200を用いてLab値にて評価した。

### 3. 結果と考察

#### 3.1 水分活性

食品の保存性は、水分活性により評価することができる<sup>5)</sup>。図3は、イカの水分活性である。サキイカ製品の水分活性は0.71であり、これに相当する水分率は約28%であった。

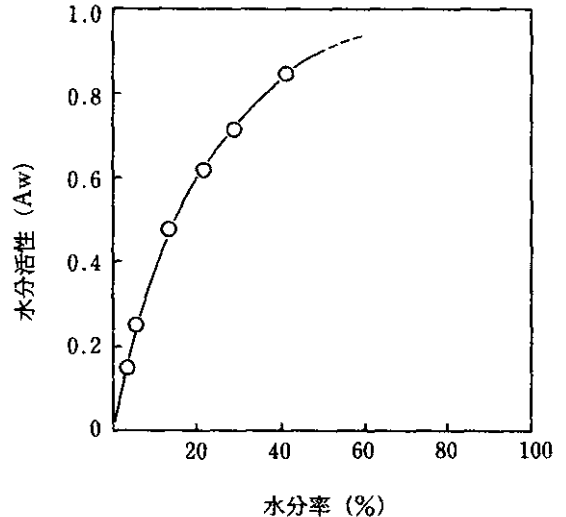


図3 サキイカ水分活性

#### 3.2 だるまいカの焙焼試験

##### 3.2.1 焙焼速度に及ぼす放射板温度、距離の影響

図4は、だるまいカ乾燥速度に及ぼす放射板の温度の影響を両面放射にて検討したものである。縦軸は水分量、横軸は焙焼時間を示してある。焙焼速度は、放射板温度に大きく依存し、特に乾燥度の進行に伴い差は顕著と

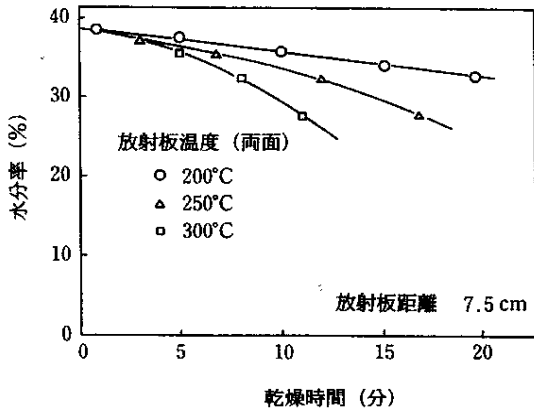


図4 焙焼速度に及ぼす放射板温度の影響

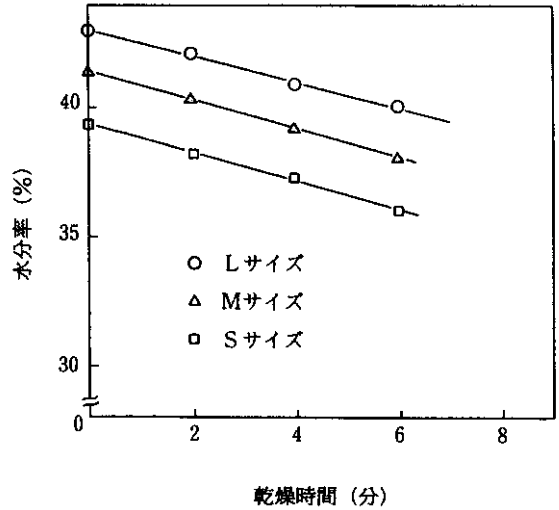


図6 サイズ別による焙焼速度の比較

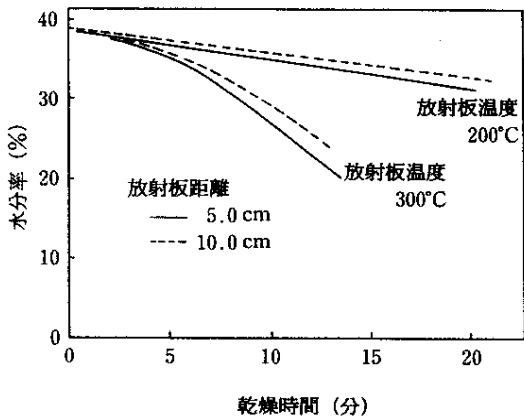


図5 焙焼速度に及ぼす放射板距離の影響

なった。

図5は、乾燥速度に及ぼす放射板距離の影響を表わしたものである。放射板距離を10cmから5cmにする事により乾燥時間は約20%短縮された。これは、面放射における距離の依存性はないが、放射板周辺の対流の影響によるものと思われる。

### 3.2.2 焙焼に及ぼすサイズの影響

本実験に用いた試料は、肉厚約7mmの、S、M、L、のサイズ別のもの、実際の焙焼工程で期待される38%までの乾燥について検討を行った。又、乾燥条件は、放射板温度250°C、放射板距離7.5cm、両面放射にて行った。

図6より、各サイズ共に乾燥速度は同一である事が分かった。しかし、サイズの違いにより、初期水分率が違うため焙焼時間を考慮する必要があった。

### 3.2.3 焙焼による品温変化

だるまいカの内部温度は、1.0mmφのシースカップルをサンプル内部に埋め込み測定した。図7は、だるまいカ焙焼時の品温の昇温曲線である、縦軸は中心湿度、横軸は焙焼時間を示している。各焙焼条件下で品温が平衡に達するまでの時間を比較すると、放射板距離7.5cmとしたとき200°Cで約20分、300°Cで約5分となる、また品温が平衡に達するまでの初期昇温速度を比較すると200,250,300°Cで、それぞれ7.4,11.0,14.3°C/minであった。平衡温度については図には示さないが、放射板距離の影響は殆ど認められず、又、放射板温度200°Cと300°Cにおいて僅か15°Cの差であった。

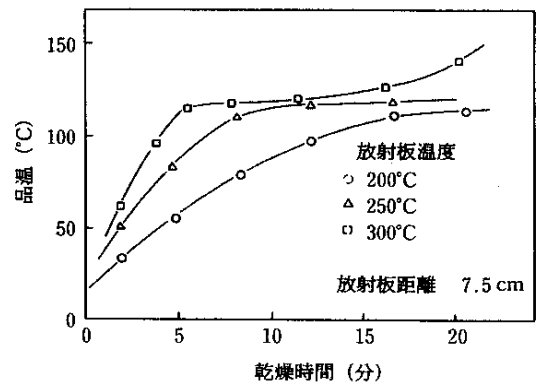


図7 焙焼による品温変化

### 3.2.4 変色状態

現在流通しているサキイカ製品は、褐変のない白色度

表2 だるまいカ焙焼による色調変化

焙焼時間(分)	L値	a値	b値	ΔE
2	55.18	13.65	41.28	—
4	54.22	15.14	41.48	1.53
6	52.16	19.71	41.37	5.43
8	43.85	28.40	33.10	18.13
12	42.14	30.71	31.65	21.89

の高いもの(ホワイトサキイカ)が消費者に好まれる。このホワイトサキイカを製造するには、焙焼、乾燥工程が最も大きな影響を与えている。そこでこれらの改善を図るべく遠赤外線を用いて、だるまいカ焙焼時の変色状態について検討を行った。今回、調製した試料は放射板温度200℃、放射板距離7.5cm、両面放射にて2~12分焙焼したものである。色調の変化は、表2に示す通りである。焙焼時間8分以上の試料については、a値の増加、b値の減少が顕著に認められ、変色(褐変)状態を数値にて評価する事ができた。これは目視による観察とも相関が認められた。

以上の結果から、Mサイズ以下のものであれば5~6分で38%程度の水分率にする事ができることから、変色もなく焙焼ができる事が分かった。しかし、Lサイズについては初期水分率が高いことから、同一条件では褐変は避けられず、適正条件の検討が必要である。

これらの試料をメーカーのだるまいカ裂き機で実際に裂いてみたが、裂き口の状態(ケバだち)も非常に良好であった。

### 3.3 サキイカの乾燥試験

#### 3.3.1 両面放射、片面放射における乾燥速度の比較

図8は、2次調味後の試料を用い、両面、片面放射に

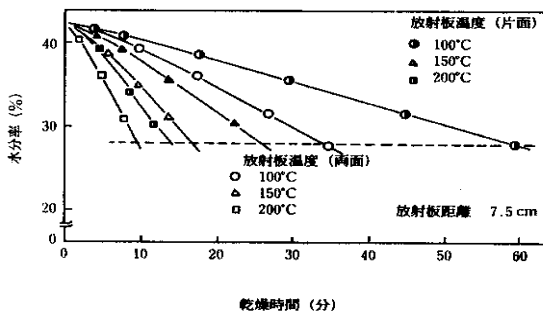


図8 両面、片面放射における乾燥速度の比較

て放射板距離7.5cmとし、製品水分率(28.2%)に到達するまでの乾燥時間を比較したものである。

両面放射においては、放射板温度を高温にするほど乾燥速度は速くなり、放射板温度100℃乾燥における製品水分率までの乾燥時間を基準にすると、150℃で2.3倍、200℃で4倍であった。これはStefan-Boltzmannの法則より、放射体から試料に与えられる放射エネルギーを100℃を基準として計算すると、150℃で2.0倍、200℃で3.5倍となる事から良い相関が認められた。しかし、理論値より高い値を示した原因は放射板周辺の対流が関与している為と考えられる。

又、両面放射は片面放射と比較し同一放射板温度においては、約3割乾燥時間を短縮できる事が分かった。以上の結果より遠赤外線乾燥においては、乾燥速度は放射板の温度と放射面積に大きく依存する事が分かった。

又、遠赤外線乾燥後のサンプルの状態は、同一温度において両面放射は片面放射より乾燥ムラ、変色も少ないことが分かった。

#### 3.3.2 遠赤外線乾燥、熱風乾燥における

##### 乾燥速度の比較

図9は、遠赤外線乾燥と熱風乾燥の乾燥速度を比較したものである。熱風乾燥は槽内の温度を、50、75、100℃とし、遠赤外線乾燥は両面放射、放射板温度100、150、200℃とする事により、試料周辺の温度を50、75、100℃に制御し行なった。各温度において製品水分率に到達する時間を比較すると、遠赤外線乾燥は熱風乾燥に比べ、50℃で約2割、75℃で約3割、100℃で約2割短縮される事が認められた。

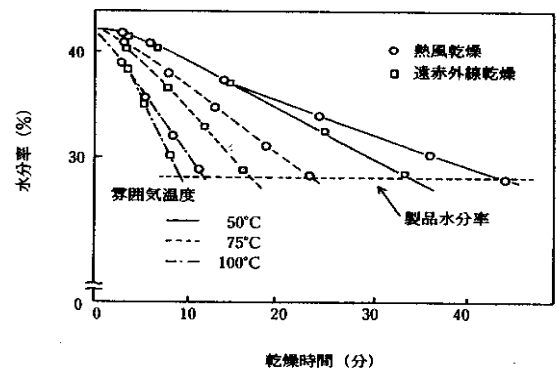


図9 遠赤外線、熱風乾燥における乾燥速度の比較

### 3.3.3 遠赤外線乾燥と熱風乾燥の乾燥特性の比較

図10は、遠赤外線乾燥と熱風乾燥の乾燥速度特性曲線であり、縦軸は乾燥速度、横軸は水分率を示している。遠赤外線乾燥は熱風乾燥に比べ恒率乾燥期は長く、又低水分率に至るまで乾燥速度は高い値を示した。この原因は熱風乾燥と遠赤外線乾燥の伝熱形態の差と考えられ、遠赤外線乾燥の方が試料の深部まで熱を速く伝達するためと考えられる。

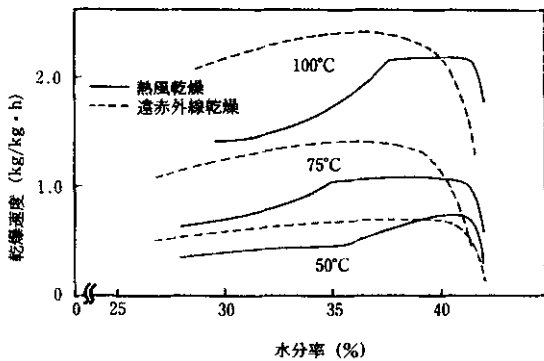


図10 遠赤外線，熱風乾燥における乾燥特性の比較

## 4. まとめ

サキイカ製造工程における、だるまいカの焙焼，サキイカの乾燥について遠赤外線乾燥の適応性を検討した。その結果、遠赤外線乾燥による、だるまいカの焙焼工程はMサイズ以下の試料においては、放射体の表面温度200℃、放射板距離7.5cm、処理時間5～6分で行えることが分かった。又、試料の色調（変色）、及び裂き状態も良好であった。

2次調味後のサキイカの乾燥では両面放射が色ムラ、乾燥ムラを少なく仕上げる事ができ、更に熱風乾燥より、20～30%乾燥時間の短縮が認められた。

又、乾燥速度の特性曲線にて遠赤外線乾燥と熱風乾燥を比較すると、遠赤外線乾燥は恒率乾燥期が長く、低水分率に至るまで乾燥速度は速い事が分かった。

以上、今回の実験より遠赤外線乾燥における、だるまいカ、サキイカの乾燥特性は、共に放射板の温度及び距離に大きく依存する事が分かった。

以上、サキイカ製造工程では、遠赤外線による焙焼及び乾燥への有効性が認められ、今後連続乾燥の可能なテストプラントを用い実用化に向けての試験を行う予定で

ある。

## 謝 辞

本研究を進めるにあたり、中水食品工業株式会社、隈崎史彦部長をはじめ「遠赤外線利用研究会」参加企業の皆様に試料の御提供、乾燥物の評価に関して御指導、御協力戴きました。ここに記し謝辞を表します。

## 引用文献

- 1) 島田幸洋：(九州歯科大学研究紀要) 10, P.19 - 23 (1979)
- 2) 中野幸夫、宮永俊之：(照明学会研究資料AR-89-24), P.19 (1989)
- 3) 清水賢他：食品工業, 光琳P.20-43(1986-5下)
- 4) 尾谷賢他：北海道立工業試験場報告(91-290)
- 5) 日本包装技術協会編：食品包装便覧, P.50