精揉葉乾燥へのマイクロ波加熱の利用※

農林水産省野菜・茶業試験場

袴田勝弘[†], 中田典男¹⁾ 向井俊博[†],

山口 良²⁾, 橋山達二³⁾

新日本無線株式会社

伊東正晃

(平成2年9月3日受理)

Utilization of Microwave Heating to Drying Process in Crude Tea Manufacturing.

Katsuhiko HAKAMATA • Norio NAKADA • Toshihiro, MUKAI •

Tastuji HASHIYAMA, and Ryou, YAMAGUCHI

National Research Institute of Vegetables Ornamental Plants and Tea

Masaki ITO

New Japan Radio Co., Ltd.

1 緒 言

新しいエネルギーの伝達方式として注目されているマイクロ波は、食品工業界において加熱源としての有用性が認められ、食品の加工・殺菌・保存など多くの用途に利用されており、¹⁾小型の装置は、電子レンジとして広く普及している。

マイクロ波加熱は、内部加熱方式という加熱法の特徴の他、操作が簡単で熟練を要しない、昇降温に要する時間が短く、加熱温度の制御が容易等自動化が可能な要素を備えており、茶業界においても高周波発生装置を使用した茶葉の乾燥試験や緑茶の蒸熱工程・乾燥工程への電子レンジの適用試験²⁾が行われるなど古くから注目されてきた。しかし、装置の効率性・価格面・バッチ処理等の問題があり、当時、実用化は時期尚早とされていた。近年、小型電子レンジの普及に伴い、電子レンジを利用した緑茶製造法の研究、釜炒り製玉緑茶製造法の研究や、ベルトコンベア式マイクロ波加熱装置を利用した火入れ法の検討³⁾、荒茶の仕上げ前乾燥法⁴⁾、半発酵茶の萎凋・殺⁵⁾

青工程への適用等⁸⁾の研究が進められるなどマイクロ波加熱方式に対する関心が高まりつつある。また、実用化商品としてベルトコンベア式マイクロ波加熱装置が開発されるなど、その利用は広まりつつあるが、依然として設備費が高いのが難点である。

このため、マイクロ波加熱の特徴を生かし、酵素失活のための蒸熱工程や熱効率が低く効率も良くない精揉葉乾燥工程等へのマイクロ波加熱装置の多用途利用を図る必要がある。

そこで、本報では、マイクロ波加熱装置の多用途利用の一環として、ベルトコンベア式アブリケーターを有するマイクロ波加熱装置を供試し、精揉葉乾燥工程への適用の可能性について検討を加え、二、三の知見を得たので報告する。

2 実験方法

2.1 マイクロ波加熱装置の概要

実験に使用したマイクロ波加熱装置は、茶の火入れ乾燥機として市販されているベルトコンベア式アブリケーターを有する装置（新日本無線製 NJE-

※製茶工程におけるマイクロ波加熱の利用（第1報）

本報の概要は日本茶業技術研究発表会（1988年11月）において発表した。

† 野菜・茶業試験場（〒428 静岡県榛原郡金谷町金谷2769）

1) 現株式会社寺田製作所, 2) 農林水産省野菜・茶業試験場第28期農業技術研修修了生, 3) 同第29期農業技術研修修了生

†† 埼玉県茶業試験場（1987）：昭和61年度試験成績（加工流通部）P.56～58

図1 ベルトコンベア式マイクロ波加熱装置

6010 型) で、その外形図を図1に示した。

本装置は、幅 50 cm のテフロンコートガラス繊維製のベルトコンベア (ベルト速度 0.3~1.8 m/min. 可変) による連続処理が可能なオープンタイプである。マイクロ波発振器 (発振周波数, 2450 ± 30 MHz) としてマグネトロンを使用し、1.2 kW の可変出力型マイクロ波発生機 4 台からそれぞれ導波管でオープン内に給電されている。オープン入口の処理物検知センサでベルトコンベア上の茶葉が検知され、検知後、所定時間後 (コンベア速度により決る) に最初に位置する発生機が始動、葉の移動に応じて 4 台目まで順次出力が供給されていくシステムになっており、連続運転中は、4 台のユニットがすべて稼動した状態になっている。尚、開口部出入口に幅 65 cm の電波漏洩防止部が設けられている。

2. 2 供試材料

可搬式摘採機で摘採した當場「やぶきた」成木園の一、二番茶及び「さやまかおり」成木園の一番茶新芽各 50 kg を 60 kg 製茶機で標準製造した精揉葉を供試した。

2. 3 マイクロ波加熱法による精揉葉の乾燥

精揉葉各 2 kg をマイクロ波出力 4.8 kW、ベルト速度 0.45~1.76 m/min. (照射時間 180~35 秒) の組合せ条件下でアプリケーション内を通すことにより乾燥を行った。

マイクロ波加熱による乾燥は、マイクロ波出力・照射時間・被加熱物の単位時間あたり供給量に大きく左右される。本試験では、予備試験で得た情報か

ら、熟練者の目視による厚みと、精揉葉投入に要する時間を目安に手動供給で行った。乾燥荒茶は、品質評価や化学成分分析を行い、マイクロ波加熱による乾燥が茶の品質に及ぼす影響を従来法の熱風乾燥荒茶と比較検討した。

2. 4 温度測定

茶葉葉温測定は 65℃, 70℃, 75℃, 80℃で変色するサーモラベル及び 90℃, 95℃, 100℃, 105℃で変色する日油技研工業製のサーモラベルを茶葉表面に貼付してベルトコンベア上を流すことにより行った (茶葉表面最高温度)。また、赤外線放射温度計 (低温用放射温度計パイロスコープ L) の焦点をマイクロ波オープン内ベルトコンベア中央部表面にセットし、移動するベルト上の葉温の測定 (ベルト上温度とする) を行った。

2. 5 官能検査

試料の審査は、普通審査法に基いて外観 (色沢)、香気、水色、滋味の 4 項目についてそれぞれ 20 点満点として行った。

2. 6 化学成分の分析

各荒茶試料は、粉碎後、1 mm 篩を通過したものを以下の分析に供した。

①カフェイン: 高速液体クロマトグラフを用いた池ヶ谷の方法で行った。

②タンニン: 酒石酸鉄を用いる公定分析法により定量した。

③遊離アミノ酸組成: 高速液体クロマトグラフ法を用いた高柳等の方法で行った。

表1 マイクロ波加熱による精揉葉乾燥時の影響

品種	ベルト速度	マイクロ波 ¹⁾ 照射時間	精揉葉 ²⁾ 処理量	ベルト上 ³⁾ 葉表面温度	茶葉表面 ⁴⁾ 最高温度	荒茶水分	概 評
	m/min	秒	kg/hr	℃	℃	%	
やぶきた	1.76	35	52.6	50~60	70	9.5	乾燥不足
	1.34	47	36.4	60~68	95~100	7.9	やや乾燥不足
	1.11	61	29.6	60~77	"	6.3	良好
	0.89	75	24.7	70~95	"	5.0	"
	0.78	87	22.7	80~98	100℃以上	4.3	かすか火入れ香
	0.67	105	18.7	80~105	"	3.7	火入れ香
	0.45	180	11.2	80~130	105℃以上	2.2	火入れ香強, ほうじ風
さやまかおり	1.76	35	58.0	60~65	70	10.8	乾燥不足
	1.34	47	37.2	60~68	95~100	8.2	やや乾燥不足
	1.11	61	27.2	70~80	"	6.7	良好
	0.89	75	20.0	80~98	"	5.1	"
	0.78	87	19.2	80~100	100~105	4.4	かすか火入れ香
	0.67	105	17.1	80~100	105	4.0	火入れ香

[注] 1) マイクロ波出力 4.8 kW. 2) 1 時間連続処理した場合の推定値. 3) 放射温度計
4) サーモラベル. 品種はいずれも 1988 年一番茶.

④アスコルビン酸：高速液体クロマトグラフ法を用いた池ヶ谷等¹³⁾の方法で行った。

2. 7 香氣成分の分析

荒茶からのエーテル抽出物の調製は、茶葉に内標準物質としてエチルデカノエートを加え、連続蒸留法¹⁴⁾で抽出した。香氣成分分析は、FID 検出器を設置したヒューレットパッカード HP-5890A 型ガスクロマトグラフを使用し、J & W 社の内径 0.32 mm の 60 mDB-Wax カラムで、40~220℃、4℃/min. の昇温条件で行い、線速度 20cm/min で He をキャリアガスに用い、注入口温度 180℃、検出器温度 230℃、サンプル注入方法にスプリットレス法を用いた。分析結果は、島津クロマトパック C R-4A により、リテンションタイム及びピーク面積を求め、コバツインデックス¹⁵⁾と内標準エチルデカノエートに対する面積比を計算した。

3 実験結果

3. 1 精揉葉乾燥時の状況

マイクロ波出力を 4.8 kW に固定し、照射時間を変えた条件で精揉葉乾燥を行った時の状況を表 1 に

示した。

マイクロ波加熱による昇温はパワーユニットオン後極めて短時間に行われ、かつ温度制御が容易であることが確認された。

表 1 に示すとおり、‘さやまかおり’ ‘やぶきた’とも同様の傾向でマイクロ波出力が一定の場合、ベルト速度が速い（照射時間が短い）場合は、精揉葉処理量は多くなるがベルト上温度、茶葉表面最高温度とも上らず乾燥不足で、含水率の多い荒茶となり、品質低下の原因となった。逆にベルト速度が遅い（照射時間が長い）場合乾燥過度となり、0.45 m/min. (照射時間 180 秒) ではベルト上温度も 120℃ 以上となり、ほうじ風の香りを生じた。また、0.67~0.78 m/min. (105~87 秒) では、火入れ香が感じられた。一方、ベルト速度 0.89~1.10 m/min. (75~60 秒) での乾燥状態（触感）は良好であった。この時の精揉葉処理量は 20~30 kg/hr. と推定された。尚、二番茶の精揉葉乾燥試験でもほぼ同様の傾向が認められた。

乾燥直後の荒茶の状況（触感）から乾燥不足と判断されるものは 7% 以上の水分含有率を、また乾燥

茶 業 研 究 報 告

表2 官能検査結果

品種	ベルト速度	色 沢	香 気	水 色	滋 味	計	概 評
さ や ま か お り	対 照	14	13	13.5	14	54.5	
	1.76	13	13	12	14	52.0	
	1.34	13	13.5	13.5	14	54.0	
	1.11	13.5	13.5	14	14	55.0	
	0.89	13.5	13	13.5	14	54.0	
	0.78	13	12	13	14	52.0	かすか火入れ香
	0.67	13	12	13	14	52.0	やや火入れ香
や ぶ き た	対 照	11.5	12	12	12	47.5	
	1.76	11	11.5	12	12	46.5	やや青臭
	1.34	11.5	11.5	12	12	47.0	〃
	1.11	11.5	12.5	12.5	12	48.5	
	0.89	11.5	12.5	12.5	12.5	49.0	
	0.78	11	11.5	11.5	12.5	46.5	かすか火入れ香
	0.67	11	10	12.5	13	46.5	やや火入れ香
	0.45	9.5	9	10.5	10	39.0	ほうじ香, 火入れ味, 赤味強

[注] マイクロ波出力 4.8kW, ベルト速度 m/min
 対照は熱風乾燥 (従来法), ‘やぶきた’ は一番茶後期 (やや深蒸し)

表3 マイクロ波加熱による精揉葉乾燥が荒茶の化学成分に及ぼす影響

品種	ベルト速度 m/min	Tannin	Caffeine	Ascorbic acid	Thea.	Amino Acid		Gln.	Arg.
		%	%	mg%	mg%	Asp.A.	Glu.A.	mg%	mg%
や ぶ き た	1.76	12.7	2.36	390	1038	187	244	240	97
	1.34	12.7	2.32	461	—	—	—	—	—
	0.89	12.7	2.30	539	1001	170	229	218	90
	0.67	12.4	2.26	—	—	—	—	—	—
	0.45	12.7	2.38	484	685	141	160	100	70
	対照	12.9	2.37	480	1025	183	258	231	105
さ や ま か お り	1.76	14.5	2.57	431					
	1.34	14.3	2.53	488					
	0.89	13.9	2.58	545					
	0.78	14.0	2.49	—					
	0.67	14.2	2.62	590					
	対照	14.0	2.55	551					

[注] いずれも 1988 年一番茶を使用した。アミノ酸は 1989 年一番茶。対照は表 2 脚注参照

しすぎと判断されたものは 4.5 % 以下の水分含有率を示し, 良好と判断された 0.89~1.10 m/min. の乾燥条件では 5~6.5% の水分含有率を示した。

3. 2 荒茶品質

マイクロ波加熱により乾燥した精揉葉を普通審査法で評価した結果を表 2 に示した。

普通審査法による品質評価の結果は, 乾燥直後の茶葉を触感でチェックした結果 (表 1) とほぼ同様の傾向となり, ベルト速度 0.78 m/min より遅い区

では火香や火入れ味が認められた。とくに 0.45 m/min 区では葉色も褐色味を帯び, ほうじ風の香味となり, 水色も赤味を帯びたため品質評価が著しく低くなった。また, 乾燥不足の評価を受けたベルト速度の速い区では青臭が感じられ, 品質評価をやや下げる原因となった。ベルト速度 0.89~1.10 m/min. では, 外観・内質とも対照区 (熱風乾燥) と同等か上回る値を示した。

尚, ‘さやまかおり’ と ‘やぶきた’ の品種間に

大きな品質の開きがあるが、これは品種間差ではなく、摘採適期に摘まれた‘さやまかおり’と摘採期後期に摘まれた‘やぶきた’の製茶原料の違いによるものである。

3. 3 化学成分、香氣成分の分析

化学成分、香氣成分の分析結果をそれぞれ表3、表4に示した。

化学成分は、アスコルビン酸含量がベルト速度の速い区で、アミノ酸含量が逆にベルト速度の遅い(0.45m/min.)区で著しく少なかった他は、カフェイン、タンニン含量とも対照区とほとんど差は認められなかった。

香氣成分については、品質の良かったベルト速度0.89 m/min 区と対照区について調べたが、マイクロ波乾燥区でネロリドールが著しく多く、逆に対照区でリナロール、ゲラニオールがやや多くなっている他は、両者の間に差はあまり認められなかった。

4 考 察

精揉葉乾燥工程は、水分13%前後の精揉葉を5%前後まで熱風により乾燥するのが目的であるが、他の緑茶製造工程に比べ熱効率が低い上、能率も良くない。⁹⁾

一方、マイクロ波加熱による乾燥は、内部加熱方式のため、外部に逃げる余分な熱がほとんどないので一般に効率の良い加熱が可能で、短時間で乾燥できるという利点を持っており、特に低水分領域での乾燥に適していると考えられている。¹⁶⁾

これを利用した装置は茶においても仕上げ工程の乾燥機として実用化されており、その有利性が報告されているが、⁷⁾精揉葉乾燥工程に利用した報告はない。

本試験では、この装置の多用途利用の一環として精揉葉乾燥工程への適用の可能性について検討し、乾燥時の茶葉の状態、官能検査、化学成分分析の結果から、加熱条件さえ選べば従来法の熱風乾燥の製品と遜色ない荒茶が得られることを確認した。この最も良い品質の荒茶を得られるマイクロ波加熱条件は、出力4.8kWではベルト速度0.89~1.11 m/minの範囲にあり、またマイクロ波照射時間はわずか60~75秒で、従来の透気乾燥に比べ大幅な乾燥時間の短縮となった。この条件で乾燥した荒茶の水分は5~6.5%で、一般に目標とされている荒茶の水分含有率5%前後にはほぼ見合う数値を示した。また、表1、表2に示されるように乾燥直後の

表4 マイクロ波加熱による精揉葉乾燥が茶の主な香氣成分に及ぼす影響

成 分	対照(熱風)	マイクロ波
Heptanal	0.44	0.38
1-Pentanol	0.05	0.02
(z)-2-Penten-1-ol	0.02	0.02
(z)-3-Hexenol	0.04	0.03
Linalool	0.60	0.36
1-Octanol	0.17	0.15
(z)-3-Hexenyl hexanoate	0.13	0.15
Geraniol	0.23	0.15
(z)-Jasmone	0.06	0.04
Nerolidol	1.87	2.82
Indole	0.19	0.13

[注] マイクロ波加熱条件は4.8kW, 0.89m/min.
香氣成分は内標準物質(エチルデカノエート)のピーク面積に対する比
品種は1988年一番茶‘やぶきた’。

茶葉の状態が乾燥不足と判断されたものや、火入れ香が感じられるようなものは、いずれも官能検査による品質の評価が低くなっており、乾燥直後の茶葉の状態から乾燥の良否をある程度判断できると考えられた。

尚、本試験での品質評価は、荒茶という観点で行ったため、火入れ香が感じられるものは減点の対象となり、いずれも品質評価は低くなったが仕上げ茶の観点からは適度の香味と考えられ、乾燥不足区の品質よりまさる傾向であった。

阿南¹⁷⁾らは荒茶中の化学成分の加熱による変化を調べ、カフェイン含量は加熱の影響を受けないが、アミノ酸類、ビタミンC、タンニン等の含量が減少し、特にアミノ酸類、ビタミンCの減少が著しいことを報告している。本試験において表3に示すようにベルト速度の遅い0.45 m/min.(加熱強度大)処理区の葉中カフェイン、アミノ酸類で同様の傾向を認めた。しかし、ビタミンC、タンニンの結果は必ずしも一致していない。この原因についてはよくわからないが、阿南¹⁷⁾らの報告は荒茶を供試し、加熱も熱風循環式定温乾燥器を用いた結果であるのに対し、本試験では、水分含量の多い精揉葉を供試し、内部加熱方式であるマイクロ波加熱法によるなど、加熱方法も異なっていることも何らかの影響を与えていると思われるので、今後更に検討する必要があると考えられる。

一方、好適な条件下でのマイクロ波乾燥荒茶のカフェイン、タンニン等の呈味成分や香気成分はともに対照区(熱風乾燥)と大差なく、マイクロ波加熱による乾燥が悪影響を及ぼすことはないと判断された。

以上述べたようにマイクロ波加熱による乾燥は、条件さえ選べば十分精揉葉乾燥に適用できることが認められた。さらに本装置は、ベルトコンベア式で茶葉の連続処理ができ、昇降温に要する時間が短くかつ温度制御が容易であることから自動化が可能であり、荒茶製造工程に十分組み入れることが可能と考えられた。

本試験に使用した装置では、良好な乾燥条件における精揉葉処理量は20~30 kg/hrと推定されるが、マイクロ波出力が大きい容量のものでは、当然処理量も増加できると考えられる。しかし、単位時間あたりの処理量を増やすために、茶葉の厚みを増しすぎると乾燥不足をまねくので注意が必要である。また、マイクロ波加熱の性質上、茶葉層表面より内部の方が温度が高くなるので、茶葉層を厚くした時下部の葉温が上がりすぎない様留意する必要がある。

5 摘 要

ベルトコンベア式マイクロ波加熱装置の多用途利用を図るため、荒茶製造工程のうち、精揉葉乾燥工程への適用について検討した。

1. マイクロ波加熱による乾燥は60~75秒ですみ従来法(熱風乾燥)に比べ乾燥時間を大幅に短縮することができた。また、昇降温に要する時間が短く温度制御が容易であった。

2. 適度のマイクロ波加熱では、熱風乾燥法と同等か上回る品質の荒茶が得られたが、マイクロ波照射時間が短かすぎると乾燥不足となり、逆に長すぎると火入れ香やほうじ香を生じ品質低下の原因となった。

3. マイクロ波出力4.8 kW、照射時間60~75秒(精揉葉処理量20~30 kg/hr)の範囲で従来法の代替が可能と考えられた。

4. この時の荒茶水分5~6.5%で、主要アミノ酸、カフェイン、タンニン、アスコルビン酸含量や主要香気成分含量も熱風乾燥荒茶とはほぼ同等の値を示した。

6 引 用 文 献

- 1) 露木英男(1982):食品工業における高周波およびマイクロ波加熱の利用, 日食工誌 29, 123~130.
- 2) 紅林 勇・松浦敏夫(1951):高周波並に赤外線による茶葉の乾燥試験, 茶技研 No. 4, 16~25.
- 3) 桑原穆夫(1969):マイクロ波加熱と茶, 茶 22 (10) 84~87.
- 4) 深津修一・岩浅 潔(1987):電磁波を利用した茶の製造, 茶技研 No. 65 (講要) 135~136.
- 5) 広瀬真一・松尾志保・稲垣智之(1989):かまいり製玉緑茶製造工程における電磁波の利用, 茶研報 No. 70 (別冊) 88~90.
- 6) 柴田長吉郎(1986):茶葉の乾燥装置, 柴田長吉郎編, 工業用マイクロ波応用技術, 電気書院, P. 137~140.
- 7) 落合勝義(1989):電磁波を利用した夏茶の香味改善, 関東東海農業の新技術 No. 5 282~286.
- 8) 松本五十生・森田貞夫・落合勝義・中村公一(1989):新香味茶製造技術の開発(第1報) 萎凋及び発酵技術, 茶研報 No. 70 (別冊) 93~94.
- 9) 吉富 均・中野不二雄・滝谷 洋・鈴木勝弘・鈴木三郎・岩浅 潔・斉藤 弘・深津修一・田中伸三・岩堀源五郎・萩原 豊(1983):製茶機械の熱効率 茶研報 No. 58 (講要), 52~54.
- 10) 池ヶ谷賢次郎(1985):高速液体クロマトグラフィーによる茶のカフェインの定量法, 日食工誌, 32, 61~66.
- 11) 化学研究室(1970):茶の公定分析法, 茶試研報, No. 6, 167~172.
- 12) 高柳博次・阿南豊正・池ヶ谷賢次郎(1989):高速液体クロマトグラフィーによる茶のアミノ酸類の定量 茶研報, No. 69 29~34.
- 13) 池ヶ谷賢次郎・高柳博次・阿南豊正・(1990):茶の分析法, 茶研報, No. 71 43~74.
- 14) 堀田 博・原 利男(1984):連続水蒸気蒸留エーテル抽出法による茶香気成分の分析, 茶技研, No. 66, 41~46.

- 15) JENNINGS W. (1978) : Gas Chromatography with Glass Capillary Columns, Academic press; New York, San Francisco and London, P. 76.
- 16) 柴田長吉郎 (1988) : マイクロ波乾燥法, 食品加工技術 8 (4) 294~302.
- 17) 阿南豊正・天野いね・中川致之 (1981) : 緑茶の化学成分の加熱による変化, 日食工誌 28, 74~78.

Summary

Application of microwave heating to the drying process of green tea manufacture was studied by using a microwave heating apparatus of a belt conveyor type (NJE-6010). The apparatus has microwave power units of maximum 4.8kW (1.2kW×4) at 2450MHz and a teflon-coated glassfiber belt of 50cm wide, which moves at a speed between 0.3 and 1.8 m/min. Microwave heating is benefitable for rising the tea leaf temperature rapidly, which

can be maintained constant by use of simple controller. Thus a considerable reduction in time of drying finally rolled leaves was achieved as compared with the conventional method of hot air drying.

Quality of green tea dried by microwave method under the appropriate condition was almost the same or superior to that of conventionally dried tea.

When finally rolled leaves(13.5% moisture) was irradiated with microwave in the apparatus for 60~75sec., the tea contained moisture of 5~6.5%, and as much amino acids, caffeine, tannin, ascorbic acid, and aroma compounds as conventionally dried tea.

It is concluded that microwave heating can be employed as an alternative method to the conventional method in green tea manufacture.

(Sep. 3, 1990)