

電子レンジによる加熱の微生物に 及ぼす影響について

藤 原 耕 三
難 波 敦 子
高 田 修 代

緒 言

電子レンジによる加熱の最大の利点の1つは、加熱時間を短かくできるという点である。

食品の調理に当っては、従来の加熱法に較べて加熱時間は $\frac{1}{5}$ ~ $\frac{1}{10}$ に短縮されるといわれる。しかし、反面加熱時間を短縮して調理した場合、材料についていた微生物が十分死滅するかどうかという新たな疑問が生じる。この場合、若し電子レンジでの加熱が従来の加熱と同様に単に熱効果としてだけ微生物に影響を与えるとすれば上の問題が残るし、若し電波が直接、或は熱エネルギーに転換される過程に於て熱効果以外の影響を微生物に与えるならば殺菌効果がよくなる可能性もでてくることになる。

このような観点から著者等は、電子レンジによる加熱の微生物に及ぼす影響を検討することとした。先ず、*E.coli*, *B.natto*, *B.subtilis* の菌体を生理食塩水に懸濁し、電子レンジによる加熱と従来の加熱による菌体に及ぼす影響を比較検討したところ、明らかに電子レンジによる加熱が従来の加熱とは異った影響を与えることを認めた。即ち電子レンジによる加熱では孢子にまで影響を与える。そこで、この加熱によって防黴効果をあげ得るのではないかと考え、昨今菓子業界で問題になっているパンの防黴をとりあげ、包装した菓子パンを電子レンジで再加熱した場合の検討を行った。この報文では以上の検討の結果を報告する。

実験の部

I 電子レンジによる加熱の E.coli に及ぼす影響

E.coli は加熱に対しては弱い菌であるが、一般に食品衛生上、検査の対象にされることが多いのでとりあげた。

i) 実験方法

供試菌体の調整：肉汁寒天斜面を用いて72時間前培養した E. coli（阪大工学部醸酵工学教室保存菌株）を白金耳にて集め、殺菌試験管中で殺菌生理食塩水約 10 ml に懸濁したこの懸濁液を東洋濾紙 No.2 を用いて無菌的に濾過し、その濾液に更に殺菌生理食塩水を加えて約 120 ml の菌体懸濁液を作成した。菌体懸濁液は内径 21 mm の綿栓殺菌試験管に 10 ml 宛分注し加熱用の試料とした。

加熱方法：加熱に使用した電子レンジは早川電機 K.K 製のものである。電子レンジ最下段の奥に 400 ml の水道水を入れた 500 ml 容のビーカーを置き電子レンジに電流を通じ（スイッチ Low）この水が沸騰してから菌体懸濁液の照射を始めた。菌体懸濁液の加熱は次のように行った。電子レンジ最下段中央部に 100 ml 宛ビーカーを置き、これに先に調整した菌体懸濁液を入れた試験管を入れ所定時間加熱した。従って試験管は水平面に対して70位傾斜した位置をとった。

対照として通常の加熱の影響を知るために沸騰水中で加熱した場合の影響も同時に検討した。この場合は water bath 中で沸騰している水の中に試験管を入れ、所定時間加熱した。

菌数の測定：菌数測定は常法により菌体懸濁液を適宜希釈してからペトリ皿で培養し、その集落数を測定する方法によった。培地にはデスオキシコーレイト寒天培地を用い培養温度は 35°C とし培養時間48時間及び96時間後に集落数を算定した。菌体の受ける影響が大きく増殖の時間が遅れるかも知れないことを考慮して96時間培養後の集落数も算定したものである。

i

i) 結果及び考察

電子レンジで加熱した場合の生存菌数については第1表に、沸騰水中で加熱した場合の結果については第2表に示した。

第1表 電子レンジでの加熱が E.coli に及ぼす影響

加熱時間 (分)	菌 数 (1ml 当り)	
	培養 48 時間後	培養 96 時間後
0	5.9×10^5	6.0×10^5
1	<10	<10
2	<10	<10
3	<10	<10
5	<10	<10
7	<10	<10

第2表 沸騰水中で加熱した場合

加熱時間 (分)	菌 数 (1ml 当り)	
	培養 48 時間後	培養 96 時間後
0	5.9×10^5	6.0×10^5
2	4.7×10	5.1×10
5	<10	<10
7	<10	<10
10	<10	<10

第1表にみられるように E.coli は電子レンジでの加熱1分で殆ど死滅した。この結果は須原等¹⁾がネギ等の野菜を1分間電子レンジで加熱すると大腸菌が殆ど認められなかったという報告をしている事実と一致する。

通常の加熱でも E.coli は速かに死滅したが第2表にみられるように2分間

の加熱では尚若干の生存菌を認めた。電子レンジでの加熱と沸騰水中での加熱では試験管内の菌体懸濁液の温度上昇が異なるが電子レンジで加熱した場合は55秒で沸騰し沸騰水中で加熱した場合は80秒後に 94°C に達し120秒後では 98°C になることから必ずしも温度上昇速度の差異のみに基いて表われた結果とは考え難い。

次に電子レンジで加熱した場合 E.coli が死滅するのに1分間要するか否かを知るためにより短時間の加熱が及ぼす影響を検討した。得られた結果は第3表に示した。第3表には培養72時間後の菌数測定結果を示した。

第3表 短時間の加熱が E.coli に及ぼす影響

加熱時間 (秒)	菌数 (1ml 当り)	
	電子レンジ加熱	沸騰水中での加熱
0	1.2×10^6	1.2×10^6
30	7.0×10^3	—
45	1.3×10^2	—
60	—	3.0×10^2

第3表に示したように E.coli を電子レンジで加熱した場合30秒の加熱で多数死滅するがほぼ完全に死滅させるには1分間の加熱が必要である。

以上要するに E.coli を電子レンジで加熱した場合速かに死滅してここに行った条件下では1分間の加熱でほぼ完全に死滅することが明らかになった。

II 電子レンジによる加熱の B.subtilis に及ぼす影響

B.subtilis を電子レンジで加熱した場合、培養菌体をそのまま使用すると再現性が可成り低いものとなった。これは培養菌体中の栄養細胞と胞子の比率がその都度異なるために起ると考えられた。そこで栄養細胞と胞子とに分けて実験した。

A 栄養細胞に及ぼす影響

1) 実験方法

供試菌体の調整：肉汁寒天斜面を用いて 37°C にて24時間毎に3日間植えつきながら培養した *B.subtilis* (阪大工学部醸酵工学教室保存菌株) を用い菌体の生理食塩水懸濁液を作成した。その方法は *I.E.coli* と同様である。

加熱方法：前述の *I.E.coli* の場合と同様である。

菌数の測定：常法により菌体懸濁液を殺菌生理食塩水で稀称し肉汁寒天培地で 37°C にて48時間培養後菌数測定を行った。

ii) 結果及び考察

B.subtilis の栄養細胞を電子レンジ及び water bath で加熱した場合の生存菌数の変化を求めた結果は第4表に示した。

第4表 加熱の *B.subtilis* 栄養細胞に及ぼす影響

加熱時間 (分)	菌数 (1ml 当り)	
	電子レンジ加熱	沸騰水中での加熱
0	1.6×10^7	4.1×10^7
1	6.5×10^6	—
3	3.3×10^4	4.8×10^6
5	9.0×10^2	3.3×10^5
7	2.0×10	5.4×10^4
10	—	4.0×10^4
15	—	7.1×10^3

第4表に示したように沸騰水中で加熱した場合は加熱時間の延長に伴い次第に生菌数は減少するが15分の加熱でも尚 7.1×10^3 /ml の生菌が認められた。これに反し電子レンジでの加熱3分で明らかな生菌数の減少が認められ7分加熱したものでは 2.0×10 /ml まで減少した。先に *E.coli* の実験でも述べたように電子レンジで加熱した場合は60秒前後で菌体懸濁液が沸騰するのに対し沸騰水

中での加熱では 98°C に達するのに約 2 分要するが、この温度上昇速度の差だけが、生菌数減少の差異を生じる原因でないことは第 4 表に明らかである。おそらく電子レンジでの加熱では熱だけが菌体に影響を与えるのではなからう。

B) 孢子に及ぼす影響

i) 実験方法

孢子を集めるために肉汁寒天斜面を用いて 37°C にて 3 日間培養した *B.subtilis* の菌体を集めその懸濁液を作ってから 100°C で 5 分間加熱した。含まれる栄養細胞を除く意味である。

以下実験方法は前項と同様である。

ii) 結果及び考察

B.subtilis の孢子懸濁液を所定時間電子レンジで加熱した場合の生菌数変化は第 5 表に示した。第 5 表に明らかなように加熱 3 分で生菌数は明らかに減少し 5 分加熱した場合には殆ど死滅した。先の栄養細胞の結果に較べて速かに生菌数が減少するかのように見えるがこれは最初の菌濃度が低いために起ったものと考えられる。

B.subtilis の孢子は通常 100°C の加熱では死滅しないにも拘らず、電子レンジでの加熱では死滅するという事は注目すべき事実である。このことは電

第 5 表 電子レンジによる加熱が *B.subtilis* の孢子に及ぼす影響

加熱時間 (分)	菌 数 (1ml 当り)	
	培養 49 時間後	培養 96 時間後
0	5.5×10^5	5.5×10^5
1	1.4×10^5	1.6×10^5
2	1.0×10^3	1.0×10^3
3	1.0×10^2	1.0×10^2
5	<10	<10
7	<10	<10

電子レンジでの加熱では従来の加熱とは異なり従来の加熱殺菌とは違った形式で菌体に影響を与える事を明瞭に示すものである。

以上要するに電子レンジでの加熱は *B.subtilis* の栄養細胞は勿論孢子にまでも影響を与え適当時間の加熱によって1回で殺菌し得ることが示唆された。

III 電子レンジによる加熱の *B.natto* に及ぼす影響

対熱性孢子生成菌として先に *B.subtilis* を供試菌に実験した結果、電子レンジでの加熱が孢子に対しても重大な影響を与えることが明らかとなったので同様に対熱性孢子を作る *B.natto* について検討した。ただ *B.subtilis* については栄養細胞と孢子に分けて検討したがその分離が必ずしも完全なものではないから *B.natto* については24時間前培養した菌体を用いた。

i) 実験方法

市販納豆から分離した *B.natto* を肉汁寒天斜面を用いて24時間培養した後使用した。

実験方法は前項と同様である。

ii) 結果及び考察

B.natto の生理食塩水懸濁液を沸騰水中及び電子レンジで加熱した場合の生菌数の変化を検討した結果はそれぞれ第6表及び第7表に示した。

第6表 *B.natto* を沸騰水中で加熱した場合の影響

加熱時間 (分)	菌 数 (1ml 当り)	
	培養 48 時間後	培養 96 時間後
0	1.4×10^8	1.4×10^8
2	1.0×10^5	1.0×10^5
5	2.0×10^4	2.0×10^4
7	1.0×10^2	1.0×10^2
10	1.0×10	2.0×10

第7表 電子レンジによる加熱の B.natto に及ぼす影響

加熱時間 (分)	菌 数 (1ml 当り)	
	培養 48 時間後	培養 96 時間後
0	1.4×10^8	1.0×10^8
1	1.0×10^3	1.0×10^4
2	<10	1.0×10^3
3	<10	1.0×10^2
5	<10	1.0×10

第6表に示したように沸騰水中で B.natto を加熱した場合は2分の加熱で生菌数は可成り減り10分の加熱で10 order となった。これに較べて電子レンジでの加熱では第7表に示したように生菌数の減少は速かであった。尚 B.natto を電子レンジで加熱した場合、菌数測定のための培養時間を96時間にすると培養48時間後の測定値に較べコロニーが増加しているがこの点については次のように考えられる。即ち B.natto は電子レンジによる加熱によって極めて大きな影響を受けるが2分程度の加熱では尚一部死滅するには至っていないが、受けた影響が大きい為発育増殖する迄に回復の時間が必要で、正常な菌体に較べれば発育増殖が遅れるが、培養時間を延長すれば再び発育、増殖するこのような菌が可成含まれていると思われる。

以上バクテリア3種について電子レンジで加熱した場合菌体の受ける影響を、主として従来の加熱と比較検討したが、電子レンジで加熱した場合はバクテリアは速かに死滅することが明らかとなった。しかもその原因が温度上昇が速かであることよりも、従来の加熱の効果とは異った形で影響を与えることに依ると考えられる。事実従来の加熱では死滅しない対熱性孢子も破壊された。この事実は電子レンジによる加熱が新しい殺菌法として使用できることを示唆するものである。

IV 菓子パンの防黴への利用について

近時ビスケットに代って可成り水分を多く含んだ菓子パンを包装した製品の需要がのび、製パン、製菓業者が相当量生産しつつある。これら製品は約30%の水分を含んだもので且つ製造業者から消費者に届くまでに長ければ1ヶ月を要するため夏期高温時には黴の発生をみ、その対策が業界では重要な問題となっている。

電子レンジによる加熱がバクテリアの孢子を破壊することから黴の孢子に対しても有効かも知れないと考え菓子パンの防黴について検討してみた。

i) 実験方法

大久保食糧工業K.K製チョコスケーヤ(水分約30%の醗酵パン、5cm×10cm×1cm)から分離した黴(麴様の特色を持っているが同定は行っていない)を供試菌とした。

製造直後のチョコスケーヤを用いて、できるだけ無菌的に取扱い、その中心部に先に分離培養したカビの孢子の懸濁液を殺菌ピペットを用いて1滴宛接種した。黴の孢子を接種した試料は2枚宛、内部をビニールで覆ったセロハン袋に入れこれを電気アイロンで封じた。同一条件の試料としてシールした袋は各3個用意した。シールされた試料を所定時間電子レンジで加熱しこれを35°Cの孵卵器中に静置して黴の繁殖を肉眼的に観察した。シールした試料を電子レンジで加熱した場合、水分蒸発が著しいため加熱時間は60秒が限度で、それ以上の加熱には包装が耐えなかった。従って加熱時間は30秒、45秒、60秒とした。

ii) 結果及び考察

観察結果は第8表に示した。

第8表に示したように電子レンジで加熱しなかった対照は培養4日後に黴が発生し出した。電子レンジで30秒加熱した試料では1試料は培養3日後に他の1試料も4日後には黴が発育した。これに反して45秒加熱したものでは45-3の1試料を除いて、又60秒加熱したものでは6試料の総てが12日に及ぶ観察期間中に黴は発育しなかった。

この結果一応45秒加熱したものでは効果が認められる。30秒加熱したものは寧ろ対照より黴の発育が良好な傾向がみられるが、この点については次のように考えられる。即ち電子レンジで再加熱するとパンと内部の水分が蒸発し、包装内部に水蒸気が充満する。従って黴自体にきして大きな影響が与えられて

第8表 電子レンジの加熱が黴の発育繁殖に及ぼす影響

試料番号	加熱時間 (秒)	経過日数								
		0	1	2	3	4	5	6	7	12
0-1	0	-	-	-	-	±	+	+	+	++
0-2	0	-	-	-	-	±	+	+	+	++
0-3	0	-	-	-	-	±	+	++	++	+++
0-4	0	-	-	-	-	±	+	+	++	+++
0-5	0	-	-	-	-	+	+	+	+	++
0-6	0	-	-	-	-	+	++	++	++	+++
30-1	30	-	-	-	±	+	+	++	++	+++
30-2	30	-	-	-	-	+	+	++	+++	+++
30-3	30	-	-	-	-	+	+	++	+++	+++
30-4	30	-	-	-	-	±	+	++	++	++
30-5	30	-	-	-	-	+	++	++	++	+++
30-6	30	-	-	-	-	+	++	++	++	+++
45-1	45	-	-	-	-	-	-	-	-	-
45-2	45	-	-	-	-	-	-	-	-	-
45-3	45	-	-	-	-	+	++	++	++	++
45-4	45	-	-	-	-	-	-	-	-	-
45-5	45	-	-	-	-	-	-	-	-	-
45-6	45	-	-	-	-	-	-	-	-	-

試料番号	加熱時間 (秒)	経過日数								
		0	1	2	3	4	5	6	7	12
60-1	60	—	—	—	—	—	—	—	—	—
60-2	60	—	—	—	—	—	—	—	—	—
60-3	60	—	—	—	—	—	—	—	—	—
60-4	60	—	—	—	—	—	—	—	—	—
60-5	60	—	—	—	—	—	—	—	—	—
60-6	60	—	—	—	—	—	—	—	—	—

- : 発育が全く認められないもの
- ± : 黴の発育の徴候が認められたもの
- +
- ++ : 黴が発育しその菌叢の径が 1 cm 以内のもの
- +++ : 黴が発育しその菌叢の径が 1 cm 以上2cm 以内のもの
- ++++ : 黴が発育しその菌叢の径が 2 cm 以上のもの

いなければ発育には好条件となる訳で、為に速かに発育したものと思われる。電子レンジで殺菌を行う場合には完全に死滅させるに必要な加熱を行わない場合、このように反って微生物の発育を促進する結果を生じる可能性がある。

菓子パンを用いた実験では以上のように45秒以上の加熱で一応防黴の効果は認められたがただシールした状態でパンを電子レンジで再加熱すると包装内に蒸気が充満しこれが再び十分吸収されないこと及びパンの老化が次第に進むことなどパンの品質の変化が伴い、この点を無視することができなかった。

要 約

電子レンジによる加熱が微生物に及ぼす影響を知る目的で、E.coli, B.subtilis, B.natto 及びパンから分離した黴の1種を対象として検討した。得られた結果は次の通りである。

1. E.coli の生理食塩水懸濁液を試験管に 10 ml 注入し電子レンジによる加熱の影響を検討した結果では最初 1.2×10^6 /ml 含まれた菌体が加熱 30秒で

$7.0 \times 10^3/\text{ml}$ に減少し、加熱60秒で殆ど死滅した。一方同一試料を沸騰水中で加熱した場合、最初 $6.0 \times 10^5/\text{ml}$ 含まれた菌体が2分間の加熱の後、 $5.0 \times 10/\text{ml}$ 生存し、電子レンジによる加熱の方が大きい影響を *E.coli* に与えた。

2. *B.subtilis* の生理食塩水懸濁液を電子レンジで加熱した結果でも沸騰水中での加熱に較べ速かに死滅した。特に孢子に対しても栄養細胞に対すると同様の影響が認められこの事から電子レンジによる加熱が新しい殺菌法として利用され得ることが示唆された。
3. *B.natto* の生理食塩水懸濁液を電子レンジで加熱した場合も、最初 $1.4 \times 10^8/\text{ml}$ 含まれていた菌体が加熱2分で $1.0 \times 10^3/\text{ml}$ に減少し、加熱5分で $1.0 \times 10/\text{ml}$ となり、対照として行った沸騰水中での加熱では同一菌濃度の試料で5分間加熱して $2.0 \times 10^4/\text{ml}$ であつたことに比較して速かに死滅した。
4. 水分約30%を含む菓子パンの防黴に電子レンジによる加熱を利用することを検討した結果では60秒の加熱でその効果が認められた。

終りに臨み本研究の御援助を賜った早川電機K.K. 大久保食糧工業K.K. に深謝致します。

本報告は昭和40年11月 日本家政学会関西支部会にて講演した。

文 献

- 1) 須原等, 日本家政学会関西支部会第24回研究発表会講演要旨