

JAERI-M

5610

電子線照射によるウィナーソーセージ  
の表面殺菌とネット抑制効果

1974年3月

渡辺 宏・須永博美・久米民和  
伊藤 均・青木章平・佐藤友太郎

日本原子力研究所  
Japan Atomic Energy Research Institute

この報告書は、日本原子力研究所が JAERI-M レポートとして、不定期に刊行している研究報告書です。入手、複製などのお問い合わせは、日本原子力研究所技術情報部（茨城県那珂郡東海村）あて、お申しこしください。

JAERI-M reports, issued irregularly, describe the results of research works carried out in JAERI. Inquiries about the availability of reports and their reproduction should be addressed to Division of Technical Information, Japan Atomic Energy Research Institute, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken, Japan.

電子線照射によるウィンナーソーセージの表面  
殺菌とネット抑制効果

日本原子力研究所高崎研究所食品照射開発試験室

渡辺 宏・須永 博美・久米 民和

伊藤 均・青木 章平・佐藤友太郎

(1974年2月4日受理)

放射線照射によるウィンナーソーセージのネット防止に関する研究は、従来 $\gamma$ 線によるものがほとんどであるが、ウィンナーソーセージのネットが表面に生育してくる微生物が主体であることを考えると、電子線による表面殺菌によってもネットの発生を防止できるのではないかと考えられる。そこでウィンナーソーセージの殺菌に対する電子線の照射効果について検討した。

ウィンナーソーセージは品質上および流通上から1週間の貯蔵が必要とされているが、この1週間の貯蔵を目的とするならば、0.5 MeVの電子線で0.8~1.0 Mrad 照射することにより、充分微生物の生育を抑制することができた。エネルギーが高くなるほど、また線量が大きくなるほど殺菌効果は大きくなるが、2.0 MeVで0.7 Mrad以上照射すると官能的な品質が低下した。それ故、風味を変えないで照射できる線量は2.0 MeVでは0.5 Mradまで、1.0 MeV以下のエネルギーでは1.0 Mrad までであった。また貯蔵効果においては2.0 MeV, 0.5 Mradと $\gamma$ 線の0.5 Mradは同じであったが、1.0 MeV, 1.0 Mrad照射すれば2.0 MeV, 0.5 Mrad 照射した場合よりも殺菌効果は大きかった。したがって $\gamma$ 線で0.5 Mrad 照射した場合にはoff-flavorが発生することもあることを考えると、1.0 MeVで1.0 Mradの電子線照射は $\gamma$ 線による0.5 Mradの照射よりも品質を変えずにネットを防止する手段として有効であると考えられる。

Shallow Irradiation of the Vienna Sausage by Electron-rays in  
Prevention of the Slime Production

Hiroshi WATANABE, Hiromi SUNAGA<sup>+</sup>, Tamikazu KUME, Hitoshi ITO,  
Shohei AOKI and Tomotaro SATO

Food Irradiation Development Laboratory, Takasaki, JAERI.

(Received February 7, 1974)

Vienna sausages get spoiled by slime production or putrefaction due to the propagation of microorganisms when stored only for 3 to 5 days at storage temperature 10°C. The radiation pasteurization for prevention of the slime production or putrefaction of vienna sausages has mainly been studied with gamma irradiation. The slime of sausages is believed to be microorganisms themselves growing on the surface of sausages. Pasteurization of the surface of vienna sausages with electron irradiation was thus investigated. The results obtained are as follows:

- (1) The vienna sausages irradiated to a dose of 0.8—1.0 Mrad with 0.5 MeV electrons can be stored without slime production or putrefaction for more than a week at 10°C. The effect of pasteurization increases with energy and dose of the electrons.
- (2) Changes in the organoleptic qualities of vienna sausages are observable when irradiated to a dose of over 0.7 Mrad with 2.0 MeV electrons.
- (3) The irradiation to a dose of 1.0 Mrad with 1.0 MeV electrons is effectual in lengthening their shelf-life without deterioration of the organoleptic qualities.

---

<sup>+</sup> Pilot Scale Research Station, Takasaki, JAERI.

## 目 次

1. 緒 言	1
2. 実験方法	1
2.1 供試試料	1
2.2 照射方法と吸収線量の測定	1
2.3 密度の測定	2
2.4 ネットの検出方法	3
2.5 官能検査法	3
2.6 テクスチャーの測定	3
3. 実験結果	3
3.1 電子線のエネルギーと透過距離	3
3.1.1 深部線量分布と吸収線量	3
3.1.2 ウィンナーソーセージ中での電子線の透過距離の推定	4
3.2 照射によるネット抑制効果	5
3.2.1 真空包装した特注品ウィンナーソーセージの貯蔵	5
3.2.2 真空包装した市販品ウィンナーソーセージの貯蔵	5
3.2.3 空気包装した市販品ウィンナーソーセージの貯蔵	5
3.2.4 照射処理速度の影響	6
3.2.5 電子線と $\gamma$ 線との照射効果の比較	6
3.2.6 市販品包装のまま照射した場合の貯蔵	6
3.3 品質におよぼす照射の影響	7
3.3.1 照射による風味の変化	7
3.3.2 照射によるテクスチャーの変化	7
4. 考 察	8
4.1 ネット抑制に対する電子線の照射効果	8
4.2 品質に対する電子線の影響	9
4.3 $\gamma$ 線照射と電子線照射における問題点	9
5. 謝 辞	10
6. 引用文献	10

# 1 緒 言

ウィンナーソーセージ(以下V.S.と略す)は通常10℃以下で貯蔵、流通されているが、製造してから3日から5日でネットが発生し、特に夏期におけるそのための品質の劣化は著しいものがある。そこでこのように保存性が劣り、かつ国内における消費量が非常に多いV.S.の放射線殺菌が食品照射特定総合研究の一環としてとりあげられ、ネットの発生を防止して貯蔵性を向上させることを目的とした実用的な照射処理が検討されてきている。当研究室においても $\gamma$ 線照射によるV.S.中のマイクロフローラの変化<sup>(1)</sup>や照射による褪色の研究<sup>(2)</sup>、およびPackage Irradiationにおける均一照射技術<sup>(3)(4)</sup>などの検討を行ない、すでに報告した。これらの従来の研究はコバルト60による $\gamma$ 線照射に関するものであった。

一方、V.S.に発生するネットについて考えてみると、ネットの構成物質についてはいくつかの報告<sup>(5)(8)</sup>があるが、一般にネットの主要な構成成分は表面に繁殖してきた微生物体そのものと、微生物によるV.S.の分解生産物との集合体であるといわれている。表面からどの程度の深さまで存在する微生物がネットの発生に参与しているかは明らかではないが、V.S.内に存在する微生物のうち比較的表皮近く、すなわち羊腸の表面や羊腸と内部練肉との間、あるいは内部練肉の表面近くなどに分布している微生物が主にネットを形成するものと思われる。それ故電子線による表面殺菌によってもネットの発生を抑制できる可能性があり、かつネットの抑制に必要な線量を照射してもそれは表面部分だけの照射であるため、 $\gamma$ 線で照射した場合よりもV.S.の品質に与える影響は少ないことが期待される。そこで電子線照射によるV.S.の貯蔵性の延長と、照射がV.S.の品質におよぼす影響について検討したので報告する。

## 2 実 験 方 法

### 2.1 供 試 試 料

試料としては高崎ハム製の無着色市販品のV.S.と特定総合研究用に合成保存料や合成殺菌剤などを除いて特別調製した高崎ハム製のV.S.(以下特注品という)とを使用した。V.S.は製造日から2日以内に照射を行ない、実験に供試した。また実験に使用するまでの間は5℃に貯蔵した。1袋中のV.S.の重量は市販品で150gであり、特注品では200gであるが各袋により微生物の汚染度は異なると思われるので、なるべく試料間の汚染度の差をなくすため、実験に使用する前に5~10袋を開封し、その中から無作為に4~5本ずつポリセロ袋またはナイロン12袋に入れ、真空包装および空気包装を行なった。真空包装は常陸電気工業製の真空包装機を使用し、また空気包装の場合には適当量の空気を入れたまま加熱シーラーで密封した。

### 2.2 照射方法と吸収線量の測定

電子線の照射はコッククロフト型電子線加速器(1~3 MeV)を用いて行なった。V.S.を各条件下に包装したのち、照射用コンベアを用いて移動照射を行なった。また吸収線量の均一を図るため、反転することにより試料を両面から同線量照射した。1.0 MeV以下のエネルギーで照射する場合にはスキャナーとコンベアの間(25cm)に200 $\mu$ ×77cm×40cmのアルミニウ

# 1 緒 言

ウィンナーソーセージ(以下V.S.と略す)は通常10℃以下で貯蔵、流通されているが、製造してから3日から5日でネットが発生し、特に夏期におけるそのための品質の劣化は著しいものがある。そこでこのように保存性が劣り、かつ国内における消費量が非常に多いV.S.の放射線殺菌が食品照射特定総合研究の一環としてとりあげられ、ネットの発生を防止して貯蔵性を向上させることを目的とした実用的な照射処理が検討されてきている。当研究室においても $\gamma$ 線照射によるV.S.中のマイクロフローラの変化<sup>(1)</sup>や照射による褪色の研究<sup>(2)</sup>、およびPackage Irradiationにおける均一照射技術<sup>(3)(4)</sup>などの検討を行ない、すでに報告した。これらの従来の研究はコバルト60による $\gamma$ 線照射に関するものであった。

一方、V.S.に発生するネットについて考えてみると、ネットの構成物質についてはいくつかの報告<sup>(5)(8)</sup>があるが、一般にネットの主要な構成成分は表面に繁殖してきた微生物体そのものと、微生物によるV.S.の分解生産物との集合体であるといわれている。表面からどの程度の深さまでに存在する微生物がネットの発生に關与しているかは明らかではないが、V.S.内に存在する微生物のうち比較的表皮近く、すなわち羊腸の表面や羊腸と内部練肉との間、あるいは内部練肉の表面近くなどに分布している微生物が主にネットを形成するものと思われる。それ故電子線による表面殺菌によってもネットの発生を抑制できる可能性があり、かつネットの抑制に必要な線量を照射してもそれは表面部分だけの照射であるため、 $\gamma$ 線で照射した場合よりもV.S.の品質に与える影響は少ないことが期待される。そこで電子線照射によるV.S.の貯蔵性の延長と、照射がV.S.の品質におよぼす影響について検討したので報告する。

## 2 実 験 方 法

### 2.1 供 試 試 料

試料としては高崎ハム製の無着色市販品のV.S.と特定総合研究用に合成保存料や合成殺菌剤などを除いて特別調製した高崎ハム製のV.S.(以下特注品という)とを使用した。V.S.は製造日から2日以内に照射を行ない、実験に供試した。また実験に使用するまでの間は5℃に貯蔵した。1袋中のV.S.の重量は市販品で150gであり、特注品では200gであるが各袋により微生物の汚染度は異なると思われるので、なるべく試料間の汚染度の差をなくすため、実験に使用する前に5~10袋を開封し、その中から無作意に4~5本ずつポリセロ袋またはナイロン12袋に入れ、真空包装および空気包装を行なった。真空包装は常陸電気工業製の真空包装機を使用し、また空気包装の場合には適当量の空気を入れたまま加熱シーラーで密封した。

### 2.2 照射方法と吸収線量の測定

電子線の照射はコッククロフト型電子線加速器(1~3 MeV)を用いて行なった。V.S.を各条件下に包装したのち、照射用コンベアを用いて移動照射を行なった。また吸収線量の均一を図るため、反転することにより試料を両面から同線量照射した。1.0 MeV以下のエネルギーで照射する場合にはスキャンナーとコンベアの間(25cm)に200 $\mu$ ×77cm×40cmのアルミニウ

ム板を2枚、4枚、6枚と入れることにより、電子線のエネルギーを下げた。アルミニウム板はスキャナーの下約7cmの位置に設置した。深部線量分布の測定はCellulosediacetate（以下CDAと略す）フィルムを線量計として使用し、280m $\mu$ の吸光度の変化を測定した。なお、CDAの厚さは398 $\mu$ であり、密度は1.29g/cm<sup>3</sup>のものを使用した。したがってCDAの1枚の厚さを面積密度で表わすと0.051g/cm<sup>2</sup>である。深部線量分布の測定にはこのCDAを8~20枚重ねて測定を行なった。深部線量分布は物質の原子番号に依存し変化するが、V.S.の場合にはCDAに対する分布が近似的に一致するものと考えられる。コンベアを用いて移動照射を行なった場合の吸収線量は次式より計算した。

$$D = \frac{f(x)EQ}{X} \times 10^5$$

D : 吸収線量 (rad)

f(x) : 移動照射の場合の深部線量分布曲線より得られる試料厚を関数とする電子線利用効率

E : 試料面における電子線エネルギー (MeV)

Q : 1cmの試料が移動照射されたときに受ける全電荷量 ( $\mu$ C/cm)

X : 試料の厚さ (g/cm<sup>2</sup>)

各エネルギーの電子線で照射したときの吸収線量は表面における吸収線量で表わした。また吸収線量を変化させるには適当な吸収電荷量Qが得られるようにコンベアスピードを変化させた。例えば1.0MeV、1mAで照射して1.0Mradの吸収線量を得る場合にはコンベアスピードは2.57m/minとなった。また吸収線量率は次式によって得られるが、移動照射の場合にはその値がほぼガウス分布状に変化した。

$$D = \frac{f(x)Ei}{X} \times 10^5$$

D : 吸収線量率 (rad/sec)

f(x) : 固定照射の場合の深部線量分布曲線より得られる試料厚を関数とする電子線利用効率

i : 電子流密度 ( $\mu$ A/cm<sup>2</sup>)

1.0MeV、1mAの場合を例にとると吸収線量率の最大値は0.15Mrad/secとなり、半値幅は約1.9cmであった。

また $\gamma$ 線照射は7万Ciコバルト60を使用し、 $5 \times 10^5$  R/hrの線量率で照射した。なお線量の測定はフリッケの鉄線量計<sup>(9)</sup>によって行なった。

### 2.3 密度の測定

100mlのメスシリンダーに一定量の水を入れ、V.S.に重りをつけて沈め、その体積増をホールビベットとメスビベットにより計量した。測定時の水温は20℃であった。測定はランダムに採った7試料について各々体積を測定し、各測定値は鉄製の標準球(8.58ml)を同じ操



作で測定した時の値から補正した。体積を測定する前に試料の重量を測定しておき、求められた体積値で割ることにより V.S. の密度を求めた。

## 2.4 ネットの検出方法

V.S. に発生するネットの本体は微生物体そのものと、微生物による V.S. の分解生産物との集合体であるといわれているから、ネットの検出は肉眼観察によって行なった。空気包装した場合には、貯蔵中の V.S. の表面にあらわれる粘性物質を検出することによりネットの発生をしらべたが、真空包装した場合にはこの粘りの観察が困難であった。しかし予備実験で貯蔵中に V.S. からの浸出液が次第に濁り、長期間貯蔵したものでは浸出液が完全に白濁することを確かめたので、真空包装におけるネットの検出は浸出液の濁りから判定した。なお判定基準を次に示す。

### 空気包装の場合

- (-) : 粘りは全くなし。
- (±) : 幾分粘りがある
- (+) : 明らかに粘りがある
- (++) : 著しい粘りがある

### 真空包装の場合

- 濁りなし
- 少し濁る
- 明らかに濁る
- 著しく濁る

ネットの検出は上記の基準により判定し、(±) 以上をネットが発生したのものとして計数処理した。

## 2.5 官能検査法

パネルは当研究所の職員を男女を含めて 13 名および 14 名を選び、1 回のテストに試料 5 点を使用して 1 日 1 回のテストを行なった。試料は特注品 V.S. をナイロン-12 で真空包装し室温 (22~23℃) で照射したものを非照射試料を対照として、ラテン方格によって試食順序を定め、11 点法で採点した。パネルの負担を軽くすることにより分析精度を上げるために、本実験においては特に外観、香り、味の 3 項目に限定して官能検査を行なった。また検査結果は分散分析法<sup>(10)</sup>により解析して、有意差の検定を行なった。

## 2.6 テクスチャーの測定

V.S. の物性の変化をしらべるために、テクスチュロメーター (ゼネラルフーズ社製) によりテクスチャーを測定し、V.S. の硬さ、凝集性、弾力性、脆さ、阻しゃく性の 5 項目に対する電子線照射の影響を検討した。なお測定方法はブランジャーとしてルサイト 18mm とルサイト 24mm<sup>(11)</sup> を使用したが、それ以外の測定条件は前報と同じである。測定試料は各袋からランダムに選び、各測定区 5 試料について測定したのち、その平均値を求めた。

# 3 実験結果

## 3.1 電子線のエネルギーと透過距離

### 3.1.1 深部線量分布と吸収線量

電子線で V.S. を殺菌する場合、どの程度深部まで照射する必要があるかという問題がある。電子線のエネルギーを変えると V.S. 中での電子の飛程が変化するため、種々のエネルギーの電

作で測定した時の値から補正した。体積を測定する前に試料の重量を測定しておき、求められた体積値で割ることにより V.S. の密度を求めた。

## 2.4 ネットの検出方法

V.S. に発生するネットの本体は微生物体そのものと、微生物による V.S. の分解生産物との集合体であるといわれているから、ネットの検出は肉眼観察によって行なった。空気包装した場合には、貯蔵中の V.S. の表面にあらわれる粘性物質を検出することによりネットの発生をしらべたが、真空包装した場合にはこの粘りの観察が困難であった。しかし予備実験で貯蔵中に V.S. からの浸出液が次第に濁り、長期間貯蔵したものでは浸出液が完全に白濁することを確かめたので、真空包装におけるネットの検出は浸出液の濁りから判定した。なお判定基準を次に示す。

### 空気包装の場合

- (-) : 粘りは全くなし。
- (±) : 幾分粘りがある
- (+) : 明らかに粘りがある
- (++) : 著しい粘りがある

### 真空包装の場合

- 濁りなし
- 少し濁る
- 明らかに濁る
- 著しく濁る

ネットの検出は上記の基準により判定し、(±) 以上をネットが発生したのものとして計数処理した。

## 2.5 官能検査法

パネルは当研究所の職員を男女を含めて 13 名および 14 名を選び、1 回のテストに試料 5 点を使用して 1 日 1 回のテストを行なった。試料は特注品 V.S. をナイロン-12 で真空包装し室温 (22~23℃) で照射したものを非照射試料を対照として、ラテン方格によって試食順序を定め、11 点法で採点した。パネルの負担を軽くすることにより分析精度を上げるために、本実験においては特に外観、香り、味の 3 項目に限定して官能検査を行なった。また検査結果は分散分析法<sup>(10)</sup>により解析して、有意差の検定を行なった。

## 2.6 テクスチャーの測定

V.S. の物性の変化をしらべるために、テクスチュロメーター (ゼネラルフーズ社製) によりテクスチャーを測定し、V.S. の硬さ、凝集性、弾力性、脆さ、咀嚼性の 5 項目に対する電子線照射の影響を検討した。なお測定方法はプランジャーとしてルサイト 18mm とルサイト 24mm<sup>(11)</sup> を使用したが、それ以外の測定条件は前報と同じである。測定試料は各袋からランダムに選び、各測定区 5 試料について測定したのち、その平均値を求めた。

# 3 実験結果

## 3.1 電子線のエネルギーと透過距離

### 3.1.1 深部線量分布と吸収線量

電子線で V.S. を殺菌する場合、どの程度深部まで照射する必要があるかという問題がある。電子線のエネルギーを変えると V.S. 中での電子の飛程が変化するため、種々のエネルギーの電

子線で照射することにより、V.S.の殺菌に必要なエネルギーを求めることができると考えられる。今回使用した加速器の最小加速電圧は1MVであるため、それ以下のエネルギーの電子線を得る目的で吸収板としてアルミニウム板を使用した。そこで1.0MeV, 1mAで照射した場合のアルミニウム板透過後の物質中における深部線量分布をCDAについて求め、Fig.1に示した。縦軸はアルミニウム板をなしで測定した深部線量分布曲線において、最大ピークを1としたときの相対線量を示した。また横軸はCDAの厚さを面積密度で表わしたものである。この深部線量分布曲線からL.KatzとA.S.Penfoldの式<sup>(12)</sup> ( $R_p = 412 E_0^{1.265 - 0.09541 \ln E_0}$ )を用いてアルミニウム板を使用した場合の電子線のエネルギーを推定した。Katzらの式はアルミニウム中での電子線の透過曲線より得られる飛程( $R_p$ : practical range,  $mg/cm^2$ )とエネルギー( $E_0$ , MeV)に関して求められた実験式であるが、ここでは透過曲線から得られる飛程と深部線量分布曲線より得られる飛程とが近似的に一致するものと考え、またアルミニウム中の飛程とCDA中の飛程は同じであると仮定して、アルミニウム板を各枚数入れたときのおおよその電子線エネルギーを計算した(Table.1)。吸収体を入れることによって電子線のエネルギーを下げた場合、Lonergan<sup>(13)</sup>らが示すようにエネルギー分布が広がっており、ここで算出したエネルギーはこの分布の最大値に近いエネルギーを与えると思われる。また1MeVの電子に対する質量阻止能についてみると、アルミニウムが1.47 MeV/g/cm<sup>2</sup>であるのに対し、炭素は1.63 MeV/g/cm<sup>2</sup>であるから、アルミニウム中の飛程の方がCDA中よりも約1割程大きくなるものと思われる。したがってTable.1におけるエネルギーの計算値は実際よりも幾分小さく計算されているものと考えられる。しかしアルミニウム板を使用した場合のエネルギーは以後の実験においてはこの計算値で表現した。

実験方法で述べたように、本研究における線量は表面の吸収線量として表現したが、照射効果を検討するための手段として深部線量分布曲線から最大飛程までの平均吸収線量を計算した。すなわち、深部線量分布曲線から吸収された全エネルギー(深部線量分布曲線の総面積)を計算し、それが最大飛程までの距離に平均に吸収されるものと仮定して平均吸収線量を計算すると、表面吸収線量1.0Mrad照射した場合の平均吸収線量は0.5MeVで0.39Mrad、1.0MeVでの0.79Mrad、2.0MeVでは0.99Mradとなった。

### 3.1.2 V.S.中での電子線の透過距離の推定

種々のエネルギーで照射したV.S.中での電子線の最大透過距離をしらべるため、V.S.の密度を測定した結果、特注品では $0.967 \pm 0.009$  ( $g/cm^3$ )であり、市販品では $0.962 \pm 0.020$  ( $g/cm^3$ )であった。そこで各エネルギーでの最大透過距離をTable.2に示した。特注品および市販品とも密度にあまり差がないため、最大透過距離はほぼ同じであり、0.5MeVの場合で約0.2cm、1.0MeVでは約0.4cm、2.0MeVでは約1.1cmとなった。V.S.の直径は約1.6~2.0cmまでの範囲で大きなバラツキがあるが、平均すると大体1.8cmであった。したがって、2.0MeVの場合にはV.S.の中心部まで電子線が透過していることになるが、1.0MeV以下では表面部分だけが照射される条件にあることが明らかである。

## 3.2 照射によるネット抑制効果

### 3.2.1 真空包装した特注品V.S.の貯蔵

特注品V.S.を各区30本使用し、ポリセロ袋に真空包装したものを照射後11℃に貯蔵し、浸出液の濁りからネットの発生を判定した。その結果をTable.3に示した。表からも明らかなように、エネルギーが高いほど、また線量が大きくなるほど殺菌効果が大きくなる傾向を示した。非照射試料ではすでに4日貯蔵後で濁りが検出されはじめ、8~11日の間にすべてV.S.にネットの発生がみられたのに対し、照射したV.S.では非照射V.S.に比べると、0.5MeVで0.8Mrad照射したもので8日間は微生物の生育を抑制できた。また照射したV.S.では濁りが検出されても、それは全般に非照射のものに比べて濁りの程度は低く、微生物の生育はかなり抑えられているものと思われる。1.0MeVや2.0MeVで照射したV.S.ではネットの発生は貯蔵にしたがってゆるやかに増加するが、0.5MeVの場合には0.8Mradおよび1.0Mrad照射したもので明らかなように、11日から14日の間に著しい微生物の増加がみられた。平均吸収線量で比較した場合、同じ平均吸収線量を示す0.5MeV, 0.8Mradと2.0MeV, 0.3Mrad、および0.5MeV, 1.0Mradと1.0MeV, 0.5Mradとの間でみられるように、平均吸収線量が同じであっても、0.5MeVの低いエネルギーの方が貯蔵の初期においては殺菌効果が高く、これは表面吸収線量の大きいことによるものと考えられる。しかし1.0MeV, 1.0Mradと2.0MeV, 0.8Mradでは平均吸収線量は同じであるが殺菌効果における差はあまり著しくなかった。これは両者とも表面吸収線量が1.0Mradや0.8Mradというようにかなり大きかったため、殺菌効果における差があまりみられなかったものと思われる。それでも1.0MeV, 1.0Mrad照射した方が効果が大きい傾向がみられた。また1.0MeVと2.0MeVで照射したものの間では、全般に殺菌効果においてあまり大きな差はみられなかった。

### 3.2.2 真空包装した市販品V.S.の貯蔵

無着色市販品のV.S.を各区14~15本使用し、ナイロン-12で真空包装したのち、9℃に貯蔵して浸出液の濁りからネットの発生を検出した。20日間の貯蔵結果をTable.4に示した。特注品のV.S.での試験結果と同じく、エネルギーが高いほど、また線量が大いほどネットの発生は抑制され、1.0MeV, 1.0Mradおよび2.0MeV, 0.7Mradの照射で14日間は微生物の生育が検出されなかった。特注品V.S.と比べて非照射試料でも比較的貯蔵性がよく、これは合成殺菌剤や合成保存料の添加によるものと考えられる。特注品でみられたように、表面吸収線量の大きい方が殺菌効果が大きくなるという傾向はこの市販品のV.S.ではみられなかった。ポリセロ包装の場には伊藤<sup>(1)</sup>の実験結果からも、好気性菌の増殖がみられるから、ポリセロ包装ではV.S.表面に存在する好気性菌の殺菌が重要になるとと思われる。しかしナイロン-12は酸素透過性が低い<sup>(14)</sup>ため、貯蔵中のネットの原因菌としては嫌気性菌が主体となるものと考えられる。それ故、ナイロン-12で真空包装した市販品V.S.での実験ではV.S.表面の殺菌よりも内部の殺菌が効果的となり、したがってエネルギーの高い方が殺菌効果が大きくなったものと考えられる。

### 3.2.3 空気包装した市販品V.S.の貯蔵

市販品V.S.を空気を含んだままの状態<sup>(14)</sup>でナイロン-12により包装し9℃に貯蔵した。γ線照射によれば真空包装した場合よりも空気包装したものの方が殺菌効果が大きく、それは酸素効果

(1)  
により微生物の殺菌作用が増感されることよると考えられている。しかし電子線照射においては逆に殺菌効果はあまりみられなかった(Table.5)。これは空気包装した場合には試料の固定がむずかしいために、反転照射しても試料が均一に照射されず、照射されない部分があって殺菌効果を低下させているためであると考えられる。したがって電子線照射においてはV.S.をいかに均一に表面殺菌するかが今後の問題となろう。

### 3.2.4 照射処理速度の影響

V.S.を照射する場合、照射処理速度は電子線の線量率との関係で重要な要因と考えられる。そこで市販品V.S.を使用してナイロン-12により真空および空気包装したものをコンベアスピード0.51~5.14m/min(電流0.2mA~2.0mA)の範囲で1.0MeV, 0.5Mrad照射して、9℃で貯蔵試験を行なった。Table.6に示したように、コンベアスピードを10倍変化させて同一線量を照射しても、この範囲においては照射効果に差は認められなかった。したがって線量率の影響はないものと思われる。またこの結果は特注品V.S.においても同じであった。

### 3.2.5 電子線とγ線との照射効果の比較

特注品V.S.を使用し、各区14本をナイロン-12で真空包装した。電子線とγ線で各々0.5Mrad照射したのち、11℃に14日間貯蔵してV.S.表面の粘りからネットを検出した(Table.7)。V.S.表面の粘りからネットを検出したため、長出液の濁りからネットを判定した場合よりもネットの発生は低く検出された。またナイロン-12で包装したことから好気性菌はほとんど生育してこないと考えられるから、照射による殺菌効果はV.S.表面および内部練肉中に存在する嫌気性菌に対する効果とみられる。この結果から、ネットの発生はエネルギーに依存しており、エネルギーが高いほどネットの発生が抑制された。また2.0MeVとγ線とは同じ効果を示したが、2.0MeVでは最大飛程近くの線量は殺菌効果を示すほど高くはないから、V.S.の殺菌にはγ線のように中心部まで照射する必要はないと考えられる。

### 3.2.6 市販品包装のまま照射した場合の貯蔵

市販品V.S.を市販されている包装(ポリセロ、窒素充填)のまま0.5MeVと1.0MeVのエネルギーで0.5Mrad照射し、10℃に貯蔵してV.S.表面に観察される粘りからネットの検出を行なった。すなわち真空包装した場合に比べて当然照射むらが生じることが予想されるが、それらを除外してもなおどの程度の殺菌効果を上げることができるかに注目して本実験を行なった。その結果をTable.8に示した。照射しないV.S.では貯蔵4日目に明らかにネットの発生がみられ、7日目には腐敗臭を伴って袋中の全V.S.にネットの発生が観察された。0.5MeVでは4日間はネットが検出されないが、9日目になると明らかにネットの発生が認められた。また1.0MeVで照射した場合には7日間はネットが検出されず、9日目から幾分ネットの発生があるようであったが、明確に判断できる程にはネットは発生しなかった。したがって市販の包装状態のままでもかなり殺菌効果があると思われる。

### 3.3 品質におよぼす照射の影響

前項までの結果から電子線による表面殺菌によってもネット抑制効果があることは明らかであり、2.0 MeVの照射では $\gamma$ 線とほぼ同じようにネットの発生を防止することができた。しかし $\gamma$ 線で照射した場合には線量の増加につれてoff-flavorの発生や褪色などの変化が起ることが知られているので、電子線<sup>(1)</sup>で照射した場合にもV.S.の品質に照射がどのような影響を与えるか、また品質を変化させないエネルギーと線量はどのくらいかということを知ることが必要である。そこで次に、照射したV.S.における風味の変化とテクスチャーの変化について検討した。

#### 3.3.1 照射による風味の変化

特注品V.S.をナイロン-12により真空包装し、室温で照射したのち非照射試料を対照として13名のパネルにより、外観、香り、味について検査した。ナイロン-12は照射しても2.5 Mradまでは異臭を出さない包装材としてポリセロよりも適した材料であるため、官能検査用試料はすべてナイロン-12により真空包装して照射した。Table.9には0.5~2.0 MeVまでの種々のエネルギーの電子線で0.5 Mrad照射したV.S.での官能検査の結果を示した。この結果から、検査したエネルギー範囲においては外観、香り、味とも照射しないV.S.に対して有意差は認められなかった。そこでさらに高い線量を照射した場合について検討し、その結果をTable.10に示した。2.0 MeVで0.7 Mrad照射したV.S.では外観、香りとも照射しないV.S.と区別できないが、味については95%の信頼度で有意差が認められ、味の低下を示した。さらに2.0 MeV、1.0 Mrad照射したものでは、香りについて95%、味については99%の信頼度で有意差が認められ、非照射試料に比べてかなり品質の低下があることが明らかとなった。しかし1.0 MeVで1.0 Mrad照射した場合には、照射しないV.S.と比べて全般に低い評価を示したものの有意差は認められなかった。したがって電子線でV.S.を照射した場合、1.0 MeVで1.0 Mrad、2.0 MeVで0.5 Mradまでは風味に変化を与えることなく照射できることが明らかである。

2.0 MeVで照射した場合には表面吸収線量0.7 Mradでは平均吸収線量は0.69 Mradであり、1.0 MeVで表面を1.0 Mrad照射した場合の平均吸収線量0.79 Mradよりも低い線量を照射されていることになるにもかかわらず、2.0 MeVでは味に有意差が認められるなど全体に1.0 MeVで照射した場合よりも悪い評価を示した。すなわち電子線の透過性はV.S.の品質に非常に大きく影響するものと考えられる。事実、 $\gamma$ 線で照射した場合には、0.5 Mradの照射でoff-flavorが生じることもあるが、2.0 MeVでは0.5 Mrad照射しても生じないし、1.0 MeVではさらに1.0 Mrad照射してもoff-flavorの発生は認められなかった。

#### 3.3.2 照射によるテクスチャーの変化

V.S.の物性の変化を測定するために、照射したV.S.でのテクスチャーの変化をしらべた。品温22℃でブランジャーとしてルサイト外径2.4 mmを用いた場合の測定結果をTable.11に示した。羊腸のついたままのV.S.でも、羊腸を取り除いた場合でも、硬さ、凝集性、弾力性、脆さ、咀嚼性の各項目とも、2.0 MeV、1.0 Mradまでの照射で非照射試料と全く変わらず、照射による影響はみられなかった。また羊腸のついたV.S.について1.0 MeV、0.5 Mradと2.0 MeV、0.5 Mradとの間において、硬さについて99%の有意差がみられたが、これは試料間の個体差

と考えられ、どちらも非照射試料に対しては有意差が認められなかった。またさらに、プランジャーとしてルサイト外径18 mmのものを用い、羊腸を除いたV.S.の測定に際しては高さ10 mm、穴の直径22 mmの枠を使用してテクスチャーの測定を行ない、その結果をTable.12に示した。測定時のV.S.の品温は21℃であった。この粗しやく条件でも5項目についてすべて照射したV.S.と非照射のV.S.との間には差がみられなかった。したがって、電子線を2.0 MeV、1.0 Mradまでのエネルギーと線量の範囲で照射しても、V.S.のテクスチャーには全く影響を与えないことが明らかとなった。

## 4 考 察

### 4.1 ネット抑制に対する電子線の照射効果

0.5 MeVでの深部線量分布曲線は極大ピークをもたないなめらかな減衰曲線を示すが、ここで殺菌に必要な線量は0.5 Mradと仮定すると、表面0.8 Mrad照射しても効果的に殺菌される深さはV.S.表面から高々0.5 mmであり、羊腸の厚さが約0.3 mmであるから、大体羊腸の部分だけが殺菌されていることになる。特注品V.S.での $\gamma$ 線照射の結果から、0.5 Mrad照射すれば乳酸菌は貯蔵中にほとんど増殖してこないが、Acinetobacterは貯蔵9日目から増殖し始めることがわかっている。<sup>(1)</sup>0.8~1.0 Mrad照射した場合にはAcinetobacterの増殖もさらに抑制されると考えられる。したがって0.5 MeVで0.8~1.0 Mrad表面殺菌した場合に、貯蔵11~14日の間に急激な微生物の増加を示したのは照射により殺菌されずに生き残った微生物が増殖してきたと考えるよりも、羊腸よりさらに深部に存在し、0.5 MeVの照射では全く影響を受けなかった微生物がネットの発生に関与しているためと思われる。これは表面吸収線量が同じ場合には電子線のエネルギーの高い方が殺菌効果が大きくなることから説明される。表面殺菌の効果は平均吸収線量による比較によっても明らかである。すなわち平均吸収線量が0.39 Mradと同じであっても0.5 MeVで表面1.0 Mrad照射した方が、1.0 MeVで表面0.5 Mrad照射したものよりも貯蔵初期においては殺菌効果は大きかった。ポリセロで包装した場合、特注品V.S.における主要なフローラは乳酸菌、Yeast、Micrococcus、およびAcinetobacterなどであるといわれている。これらの内の好気性菌は主に羊腸に分布しているものと考えられるから、電子線による羊腸部分の表面殺菌だけでもかなりネットの発生を抑制できることが明らかである。今回の実験では低エネルギー加速器がないため、アルミニウム吸収板を使用した。低エネルギー加速器を使用すれば深部における線量の利用効率は高くなり、同じエネルギーの電子線を用いてもさらに殺菌効果があがるものと思われる。

次にどのくらいの深さまで照射する必要があるかについて検討してみたい。ナイロン-12で包装した場合には嫌気性菌が主体となるものと考えられるが、嫌気性菌はV.S.表面からかなり深部まで分布しているものと思われる。Table.7の結果からも、表面吸収線量を一定にした場合にはエネルギーが高い方が殺菌効果は大きかった。いっぽう、ポリセロ包装で貯蔵した場合には1.0 MeVと2.0 MeVでの照射の間で殺菌効果においてあまり大きな差が認められなかった。すなわち表面吸収線量0.5 Mrad照射した場合、殺菌に必要な線量を0.5 Mradとすると、1.0 MeVではV.S.表面から2.1 mm、2.0 MeVでは6.6 mmくらいまでが効果的に殺菌されている

と考えられ、どちらも非照射試料に対しては有意差が認められなかった。またさらに、プランジャーとしてルサイト外径18 mmのものを用い、羊腸を除いたV.S.の測定に際しては高さ10 mm、穴の直径22 mmの枠を使用してテクスチャーの測定を行ない、その結果をTable.12に示した。測定時のV.S.の品温は21℃であった。この阻しゃく条件でも5項目についてすべて照射したV.S.と非照射のV.S.との間には差がみられなかった。したがって、電子線を2.0 MeV、1.0 Mradまでのエネルギーと線量の範囲で照射しても、V.S.のテクスチャーには全く影響を与えないことが明らかとなった。

## 4 考 察

### 4.1 ネット抑制に対する電子線の照射効果

0.5 MeVでの深部線量分布曲線は極大ピークをもたないなめらかな減衰曲線を示すが、ここで殺菌に必要な線量は0.5 Mradと仮定すると、表面0.8 Mrad照射しても効果的に殺菌される深さはV.S.表面から高々0.5 mmであり、羊腸の厚さが約0.3 mmであるから、大体羊腸の部分だけが殺菌されていることになる。特注品V.S.での $\gamma$ 線照射の結果から、0.5 Mrad照射すれば乳酸菌は貯蔵中にほとんど増殖してこないが、Acinetobacterは貯蔵9日目から増殖し始めることがわかっている<sup>(1)</sup>。0.8~1.0 Mrad照射した場合にはAcinetobacterの増殖もさらに抑制されると考えられる。したがって0.5 MeVで0.8~1.0 Mrad表面殺菌した場合に、貯蔵11~14日の間に急激な微生物の増加を示したのは照射により殺菌されずに生き残った微生物が増殖してきたと考えるよりも、羊腸よりさらに深部に存在し、0.5 MeVの照射では全く影響を受けなかった微生物がネットの発生に関与しているためと思われる。これは表面吸収線量が同じ場合には電子線のエネルギーの高い方が殺菌効果が大きくなることから説明される。表面殺菌の効果は平均吸収線量による比較によっても明らかである。すなわち平均吸収線量が0.39 Mradと同じであっても0.5 MeVで表面1.0 Mrad照射した方が、1.0 MeVで表面0.5 Mrad照射したものよりも貯蔵初期においては殺菌効果は大きかった。ポリセロで包装した場合、特注品V.S.における主要なフローラは乳酸菌、Yeast, Micrococcus, およびAcinetobacterなどであるといわれている。これらの内の好気性菌は主に羊腸に分布しているものと考えられるから、電子線による羊腸部分の表面殺菌だけでもかなりネットの発生を抑制できることが明らかである。今回の実験では低エネルギー加速器がないため、アルミニウム吸収板を使用した。低エネルギー加速器を使用すれば深部における線量の利用効率は高くなり、同じエネルギーの電子線を用いてもさらに殺菌効果があがるものと思われる。

次にどのくらいの深さまで照射する必要があるかについて検討してみたい。ナイロン-12で包装した場合には嫌気性菌が主体となるものと考えられるが、嫌気性菌はV.S.表面からかなり深部まで分布しているものと思われる。Table.7の結果からも、表面吸収線量を一定にした場合にはエネルギーが高い方が殺菌効果は大きかった。いっぽう、ポリセロ包装で貯蔵した場合には1.0 MeVと2.0 MeVでの照射の間で殺菌効果においてあまり大きな差が認められなかった。すなわち表面吸収線量0.5 Mrad照射した場合、殺菌に必要な線量を0.5 Mradとすると、1.0 MeVではV.S.表面から2.1 mm、2.0 MeVでは6.6 mmくらいまでが効果的に殺菌されている



ことになる。したがって2.0 MeVの方が約3倍深部まで照射されているにもかかわらず、殺菌効果においてはあまり差が認められなかった。また同様に殺菌線量を0.5 Mradと仮定すると、1.0 MeVで表面1.0 Mrad照射した場合には表面から3.1 mm、2.0 MeVで0.5 Mrad照射したときには6.6 mmまでが殺菌されていることになるが、殺菌効果としては1.0 MeVの方が大きかった。したがってネットの発生に關与する微生物は主に表面から2~3 mmの範囲に存在しているものと考えられ、好気性菌も増殖してくるポリセロ包装の場合には1.0 MeV程度の飛程があればかなり効果的に殺菌できるものと思われる。それ故V.S.表面近くに分布する微生物を殺菌するには1.0 MeVのエネルギーで線量を増大させた方が効果的である。

#### 4.2 品質に対する電子線の影響

V.S.の官能的品質への照射の影響については、W.Watanabe<sup>(5)</sup>らの報告があるが、 $\gamma$ 線照射により0.6 Mradまでは風味への影響はないといわれている。高坂<sup>(6)</sup>らはV.S.を $\gamma$ 線照射してネットの防止を行なう研究を進めるなかで、0.5 Mrad照射した場合には照射後2~3日までは照射臭がわずかに残るが、V.S.の嗜好性を根本的に変化させるほどではないとしている。われわれも前報<sup>(1)</sup>において $\gamma$ 線照射の影響を検討し、0.5 Mradまでは風味に変化を与えないことを明らかにした。電子線で照射した場合には、2.0 MeVで0.5 Mrad照射しても風味には全く影響を与えなかったし、1.0 MeVでは1.0 Mrad照射しても照射しないV.S.と区別することはできなかった。しかし2.0 MeVで0.7 Mrad以上照射すると風味が悪くなり、1.0 Mradの照射では味・香りとも照射しないものに比べて明らかに風味が低下した。このことから明らかに明らかなように、照射臭や褪色などの官能的品質への影響はエネルギーの高いものほど大きく、風味をそこなわないで比較的高い線量を照射できる条件としては1.0 MeV程度のエネルギーが適しているものと考えられる。

#### 4.3 $\gamma$ 線照射と電子線照射における問題点

$\gamma$ 線照射はその高い透過性からPackage Irradiationが可能であり、梱包状態でも照射できるという利点をもっている。したがって生産工場に照射施設をもたなくとも、比較的近くに共同で利用できる照射施設があれば、その間の輸送の問題だけで比較的容易に照射処理ができるであろう。しかしPackage Irradiationにおいては必然的にPackage内に線量の分布ができるから、この最大線量と最小線量の比を小さくするために薄いPackageを用いると処理能力が低下してしまう。また $\gamma$ 線照射では、0.5 Mrad以上照射すると照射臭が発生し、風味がおちるために最大線量を厳密に規定しなければならない。これに対して電子線で照射する場合には、Packageを使用しないから均一照射の問題は起らないし、各V.S.にはすべて同じ線量が照射できる。また $\gamma$ 線のように必要以上の照射を除くことができるので風味を失なわない照射条件の範囲が広く、照射が比較的容易である。さらに線量率が高いため処理時間は短く、短時間に大量の試料を照射できる利点がある。しかしそのいっぽう、電子線照射ではV.S.表面を一様に照射することが要求されるので、電子線照射に適した包装方法および均一照射技術の開発が必要である。照射施設を工場に設置する場合には、建設費や稼働率を考えると、必要時に稼働でき、しかも建設費も比較的少ない低エネルギーの電子線加速器の利用が大いに実用的であると思われるが、実用化に際しては $\gamma$ 線照射の場合と電子線照射の場合の厳密なコスト計

算が必要であり、本研究がその際の基礎データとして利用できれば幸いである。

本研究ではV.S.のネト防止の目的で電子線加速器を利用したが、今後電子線の特徴をいかしたこのような低エネルギー加速器の利用は食品照射の分野において特異的に、また有効に利用されるものと考えられる。

## 5 謝 辞

本研究を進めるにあたり、線量測定について御協力いただいた照射施設課の田中隆一、四本圭一の両氏に、またテクスチャーの測定に関して有益な御助言をいただいた食肉加工協会の高坂和久氏に感謝いたします。

## 6 引 用 文 献

- (1) H.Ito and T.Sato: Agr. Biol. Chem., 37, 233 (1973)
- (2) 久米民和, 青木章平, 佐藤友太郎: 日本農芸化学会大会講演要旨集(仙台), P.79 (1972)
- (3) 青木章平, 久米民和, 伊藤 均, 渡辺 宏, 佐藤友太郎: 食品照射, 7, 43 (1972)
- (4) 久米民和, 青木章平, 伊藤 均, 渡辺 宏, 佐藤友太郎: 食品照射, 8, 100 (1973)
- (5) 中川雅郎, 新井敏子, 今泉 清, 松村宏通: 日獣会誌, 17, 267 (1964)
- (6) 西田 博: 肉の科学, 7, 81 (1966)
- (7) 高坂和久: 食品と科学, 12, 32 (1965)
- (8) 森 一雄, 山本泰男, 沢田玄道, 赤羽義章, 泡瀬美夫: New Food Industry, 8, (8), 29 (1966)
- (9) 寺川 彰: 線量測定講習会テキスト(東京), P.66 (1960)
- (10) 吉川誠次: 食品の官能検査法, 光琳全書, P.107 (1965)
- (11) 渡辺 宏, 青木章平, 佐藤友太郎: JAERI-M 5609 (1974)
- (12) L.Katz and A.S.Penfold: Rev. Mod. Phys., 24, 28 (1952)
- (13) J.A.Lonergan, C.P.Jupiter and G.Merkel: J. Appl. Phys., 41, 678 (1970)
- (14) 伊藤 均ら: 未発表
- (15) W.Watanabe, N.W.Tape and E.Larmond: Can. Inst. Food Technol. J., 2, (4), 181 (1969)
- (16) 高坂和久, 小沢総一郎, 壇原 宏: 食品工誌, 20, (12), 559 (1973)

算が必要であり、本研究がその際の基礎データとして利用できれば幸いである。

本研究ではV.S.のネト防止の目的で電子線加速器を利用したが、今後電子線の特徴をいかしたこのような低エネルギー加速器の利用は食品照射の分野において特異的に、また有効に利用されるものと考えられる。

## 5 謝 辞

本研究を進めるにあたり、線量測定について御協力いただいた照射施設課の田中隆一、四本圭一の両氏に、またテクスチャーの測定に関して有益な御助言をいただいた食肉加工協会の高坂和久氏に感謝いたします。

## 6 引 用 文 献

- (1) H.Ito and T.Sato: Agr. Biol. Chem., 37, 233 (1973)
- (2) 久米民和, 青木章平, 佐藤友太郎: 日本農芸化学会大会講演要旨集(仙台), R79 (1972)
- (3) 青木章平, 久米民和, 伊藤 均, 渡辺 宏, 佐藤友太郎: 食品照射, 7, 43 (1972)
- (4) 久米民和, 青木章平, 伊藤 均, 渡辺 宏, 佐藤友太郎: 食品照射, 8, 100 (1973)
- (5) 中川雅郎, 新井敏子, 今泉 清, 松村宏通: 日獣会誌, 17, 267 (1964)
- (6) 西田 博: 肉の科学, 7, 81 (1966)
- (7) 高坂和久: 食品と科学, 12, 32 (1965)
- (8) 森 一雄, 山本泰男, 沢田玄道, 赤羽義章, 泡淵美夫: New Food Industry, 8, (8), 29 (1966)
- (9) 寺川 彰: 線量測定講習会テキスト(東京), P.66 (1960)
- (10) 吉川誠次: 食品の官能検査法, 光琳全書, P.107 (1965)
- (11) 渡辺 宏, 青木章平, 佐藤友太郎: JAERI-M 5609 (1974)
- (12) L.Katz and A.S.Penfold: Rev. Mod. Phys., 24, 28 (1952)
- (13) J.A.Lonergan, C.P.Jupiter and G.Merkel: J. Appl. Phys., 41, 678 (1970)
- (14) 伊藤 均ら: 未発表
- (15) W.Watanabe, N.W.Tape and E.Larmond: Can. Inst. Food Technol. J., 2, (4), 181 (1969)
- (16) 高坂和久, 小沢総一郎, 壇原 宏: 食品工誌, 20, (12), 559 (1973)

算が必要であり、本研究がその際の基礎データとして利用できれば幸いである。

本研究ではV.S.のネット防止の目的で電子線加速器を利用したが、今後電子線の特徴をいかしたこのような低エネルギー加速器の利用は食品照射の分野において特異的に、また有効に利用されるものと考えられる。

## 5 謝 辞

本研究を進めるにあたり、線量測定について御協力いただいた照射施設課の田中隆一、四本圭一の両氏に、またテクスチャーの測定に関して有益な御助言をいただいた食肉加工協会の高坂和久氏に感謝いたします。

## 6 引 用 文 献

- (1) H.Ito and T.Sato: Agr. Biol. Chem., 37, 233 (1973)
- (2) 久米民和, 青木章平, 佐藤友太郎: 日本農芸化学会大会講演要旨集(仙台), P.79 (1972)
- (3) 青木章平, 久米民和, 伊藤 均, 渡辺 宏, 佐藤友太郎: 食品照射, 7, 43 (1972)
- (4) 久米民和, 青木章平, 伊藤 均, 渡辺 宏, 佐藤友太郎: 食品照射, 8, 100 (1973)
- (5) 中川雅郎, 新井敏子, 今泉 清, 松村宏通: 日獣会誌, 17, 267 (1964)
- (6) 西田 博: 肉の科学, 7, 81 (1966)
- (7) 高坂和久: 食品と科学, 12, 32 (1965)
- (8) 森 一雄, 山本泰男, 沢田玄道, 赤羽義章, 泡淵美夫: New Food Industry, 8, (8), 29 (1966)
- (9) 寺川 彰: 線量測定講習会テキスト(東京), P.66 (1960)
- (10) 吉川誠次: 食品の官能検査法, 光琳全書, P.107 (1965)
- (11) 渡辺 宏, 青木章平, 佐藤友太郎: JAERI-M 5609 (1974)
- (12) L.Katz and A.S.Penfold: Rev. Mod. Phys., 24, 28 (1952)
- (13) J.A.Lonergan, C.P.Jupiter and G.Merkel: J. Appl. Phys., 41, 678 (1970)
- (14) 伊藤 均ら: 未発表
- (15) W.Watanabe, N.W.Tape and E.Larmond: Can. Inst. Food Technol. J., 2, (4), 181 (1969)
- (16) 高坂和久, 小沢総一郎, 壇原 宏: 食品工誌, 20, (12), 559 (1973)

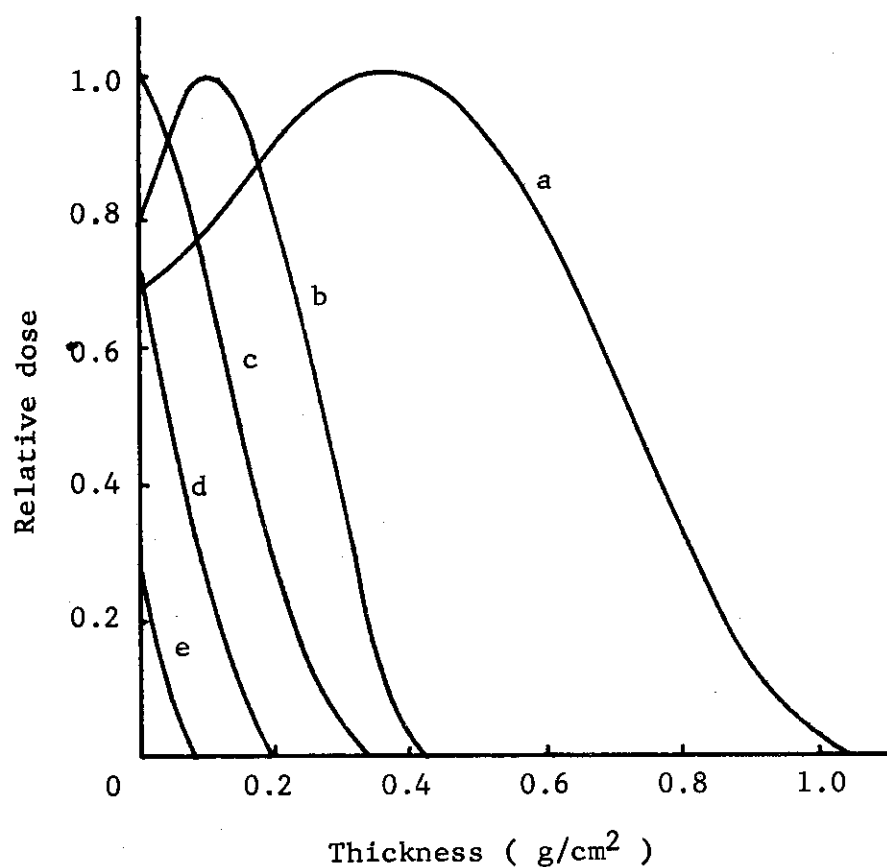


Fig. 1. Dose Distribution in CDA ( Cellulosediacetate )  
Irradiated by Electrons of Different Initial Energies.

a; 2.0 MeV,    b; 1.0 MeV,    c; 1.0 MeV (Al-2)\*,  
d; 1.0 MeV (Al-4)\*,    e; 1.0 MeV (Al-6)\*

\* Initial energy (1.0 MeV) of electrons was reduced by passing the electrons through the aluminium plates of different thickness. ( ) shows number of aluminium plates.

Table 1. Changes in Practical Range and Energy of Electrons by Aluminium Absorbers.

Number of plates	Thickness of absorber ( $\mu$ )	Practical range ( $\text{g}/\text{cm}^2$ )	Energy (MeV)
0	0	0.38	0.9
2	400	0.27	0.7
4	800	0.16	0.5
6	1200	0.06	0.3

An aluminium plate of  $200\mu$  X  $77\text{cm}$  X  $40\text{cm}$  was used as absorber of electrons. The energies of electrons were calculated by the empirical equation of L.Katz and A.S.Penfold.

Table 2. Maximum Penetration of Electron Beams of Different Initial Energies in Vienna Sausage.

Energy (MeV)	Maximum penetration (cm)	
	Specially made vienna sausage ( $0.967 \pm 0.009$ )*	Commercial vienna sausage ( $0.962 \pm 0.020$ )*
0.5	0.21	0.21
1.0	0.43	0.44
2.0	1.09	1.09

The diameter of vienna sausage was in the range of 1.57 to 1.98cm. The average of twenty eight determinations was 1.75cm. \*; ( ) shows the density ( $\text{g}/\text{cm}^3$ ) of the sausages.

Table 3.  
Effect of Electron Irradiation on Storage of Specially  
Made Vienna Sausage

Energy (MeV)	Dose* (Mrad)	Number of slimy vienna sausages				
		0	4	8	11	14
unirradiated		0	2	24	30	30
0.5	0.3(0.12)	0	0	18	30	30
	0.5(0.20)	0	0	15	20	30
	0.8(0.31)	0	0	0	5	30
	1.0(0.39)	0	0	0	6	30
1.0	0.3(0.24)	0	0	3	13	30
	0.5(0.39)	0	0	0	12	24
	0.8(0.63)	0	0	0	2	15
	1.0(0.79)	0	0	0	0	9
2.0	0.3(0.30)	0	0	0	12	30
	0.5(0.49)	0	0	0	10	21
	0.8(0.79)	0	0	0	0	12
	1.0(0.99)	0	0	0	0	15

The slime was detected by turbidity of an exudate from sausage. Thirty sausages were used, and packed in vacuum, and stored at 11°C.

\*; Dose means the surface dose, and ( ) shows the mean dose up to maximum range.

Table 4.  
Effect of Electron Irradiation on Storage of Commercial Vienna  
Sausage Packed in Vacuum

Energy (MeV)	Dose* (Mrad)	Number of sausages used	Number of slimy vienna sausages				
			0	4	7	14	20
unirradiated		15	0	0	10	15	15
1.0	0.5(0.39)	15	0	0	0	6	15
	0.7(0.55)	14	0	0	0	3	14
	1.0(0.79)	14	0	0	0	0	11
2.0	0.5(0.49)	14	0	0	0	2	11
	0.7(0.69)	14	0	0	0	0	8
	1.0(0.99)	14	0	0	0	0	6

Vienna sausages were stored at 9°C. Growth of microorganisms was determined by turbidity of an exudate from sausage.

\*; Dose means the surface dose, and ( ) shows the mean dose up to maximum range.

Table 5.

Effect of Electron Irradiation on Storage of Commercial Vienna Sausage Packed Aerobically

Energy (MeV)	Dose (Mrad)	Number of sausages used	Number of slimy vienna sausages				
			Storage (days)				
			0	4	7	14	20
	unirradiated	15	0	0	11	15	15
	0.5	15	0	0	3	15	15
1.0	0.7	15	0	0	3	15	15
	1.0	15	0	0	4	13	15
	0.5	15	0	0	2	15	15
2.0	0.7	15	0	0	0	15	15
	1.0	15	0	0	0	11	15

Vienna sausages were stored at 9°C.

Table 6.

Effect of Electron Irradiation on Commercial Vienna Sausage Irradiated by Different Conveyer Speeds

Conveyer speed (m/min)	Current (mA)	Number of sausages used	Number of slimy vienna sausage				
			Storage (days)				
			0	4	7	14	20
(1) Packed in vacuum							
	unirradiated	15	0	0	11	15	15
0.51	0.2	12	0	0	0	0	12
2.57	1.0	12	0	0	0	3	12
5.14	2.0	12	0	0	0	1	12
(2) Packed aerobically							
	unirradiated	15	0	0	15	15	15
0.51	0.2	15	0	0	1	15	15
2.57	1.0	15	0	0	3	15	15
5.14	2.0	15	0	0	2	15	15

Vienna sausages were packed in vacuum and aerobically, and irradiated with a dose of 0.5 Mrad ( 1.0 MeV ), and stored at 9°C.



Table 7.

Occurrence of Slime on Specially Made Vienna Sausage Irradiated with a Dose of 0.5 Mrad by Electrons of Different Energies and Gamma-Ray

Radiation	Energy (MeV)	Number of sausages used	Number of slimy vienna sausages (percent)	
unirradiated		14	14	(100.0)
electron	0.5	14	9	( 64.3)
	0.7	14	7	( 50.0)
	1.0	14	4	( 28.6)
	2.0	14	2	( 14.3)
$\gamma$ -ray	1.25	14	2	( 14.3)

Vienna sausages were packed in vacuum and stored at 11°C for two weeks.

Table 8.

Effect of Electron Irradiation on Storage of Commercial Vienna Sausage Packed in Nitrogen

Energy (MeV)	Dose (Mrad)	Degree of slime				
		Storage (days)				
		0	4	7	9	12
unirradiated		-	+	+++	+++	+++
0.5	0.5	-	-	+	++	+++
1.0	0.5	-	-	-	±	±

- ; normal, ± ; indistinct, + ; slight slime, ++ ; moderate slime, +++ ; strong slime and putrid.

Table 9.

Organoleptic Evaluation of Specially Made Vienna Sausage Irradiated with a Dose of 0.5 Mrad by Electrons of Different Energies

Energy (MeV)	Hedonic score		
	Appearance	Odor	Taste
unirradiated	5.46	5.77	5.31
0.5	5.38	5.85	5.46
1.0	5.15	5.61	5.15
2.0	5.08	5.08	4.77

Table 10.

Organoleptic Evaluation of Specially Made Vienna Sausage Irradiated by Electrons of Different Energies

Energy (MeV)	Dose (Mrad)	Hedonic score		
		Appearance	Odor	Taste
unirradiated		5.50	5.43	5.64
1.0	1.0	4.86	4.64	4.71
2.0	0.7	4.71	4.57	4.50*
	1.0	4.71	4.21*	4.07**

\*; Significance from un-irradiated vienna sausage by 95% of probability,\*\*; Significance by 99%of probability.

Table 11. Texture Evaluation of Specially Made Vienna Sausage  
Irradiated by Electrons of Different Energies ( 1 ).

Energy (MeV)	Dose (Mrad)	Mechanical parameter (texturometer unit)					
		Har.	Coh.	Spr.	Bri.	Che.	
Samples with sheep casing							
	unirradiated	8.5	0.334	1.3	4.2	3.701	
1.0	{ 0.5	10.5 <sup>a)</sup>	0.300	1.4	4.3	4.661	
		0.7	9.8	0.322	1.0	3.8	3.326
		1.0	9.4	0.279	0.9	4.3	2.390
2.0	{ 0.5	7.7 <sup>a)</sup>	0.294	1.2	2.9	2.802	
		0.7	8.8	0.366	1.2	3.5	3.773
		1.0	9.3	0.292	1.1	4.6	3.051
-----							
Samples without sheep casing							
	unirradiated	5.4	0.318	1.1	2.4	1.984	
1.0	{ 0.5	5.6	0.418	1.2	2.6	2.899	
		0.7	6.1	0.353	1.1	3.1	2.444
		1.0	6.3	0.316	1.1	3.4	2.203
2.0	{ 0.5	5.6	0.318	1.0	3.0	1.742	
		0.7	6.0	0.363	1.1	3.1	2.361
		1.0	5.4	0.379	0.9	2.9	1.914

a) Significance between the sausages irradiated with 0.5 Mrad by 1.0 MeV electrons and 2.0 MeV electrons by 99% of probability.

Lucite 24mm was used as a plunger of texturometer.

Har.; Hardness, Coh.; Cohesiveness, Spr.; Springiness,  
Bri.; Brittleness, Che.; Chewiness.

Table 12.

Texture Evaluation of Specially Made Vienna Sausage Irradiated  
by Electrons of Different Energies ( 2 )

Energy (MeV)	Dose (Mrad)	Mechanical parameter (texturometer unit)				
		Har.	Coh.	Spr.	Bri.	Che.
Samples with sheep casing						
	unirradiated	5.3	0.362	1.0	2.9	1.919
1.0	{ 0.5	5.9	0.264	0.9	3.2	1.402
		1.0	5.0	0.237	0.9	2.4
2.0	{ 0.5	5.1	0.343	0.9	2.3	1.574
		1.0	4.9	0.356	0.9	2.2
-----						
Samples without sheep casing						
	unirradiated	5.0	0.444	0.9	2.4	1.998
1.0	{ 0.5	4.9	0.459	1.0	2.0	2.249
		1.0	4.6	0.452	0.8	1.9
2.0	{ 0.5	4.7	0.482	1.0	1.9	2.265
		1.0	5.1	0.463	0.9	2.4

Har.; Hardness

Coh.; Cohesiveness

Spr.; Springiness

Bri.; Brittleness

Che.; Chewiness

Lucite 18 mm was used as plunger.