

## RADURİZASYONUN TAVUK ETLERİNİN DUYUSAL, KİMYASAL VE MİKROBİYOLOJİK KALİTESİ ÜZERİNE ETKİSİ<sup>1</sup>

### EFFECT OF RADURIZATION ON MICROBIOLOGICAL, CHEMICAL AND SENSORIAL PROPERTIES OF CHICKEN MEATS

Nuray KOLSARICI, Gülşen KIRIMCA

Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü-ANKARA

**ÖZET:** Araştırmada 1, 2 ve 3 kGy dozunda uygulanan iyonize radyasyonun (Radurizasyon) tavuk but ve göğüs etlerinin mikrobiyolojik, kimyasal ve duyuşal kalitelerine olan etkisi üzerinde çalışılmıştır. 6-8 haftalık broilerler kesilerek but ve göğüs etlerine parçalandıktan sonra biri açık kontrol olmak üzere 5 gruba ayrılmış ve 4 grup vakum paketlenmiştir. Vakum paketlenmiş gruplardan biri vakumlu kontrol olarak ayrılırken, diğer gruplar 1, 2 ve 3 kGy olmak üzere iyonize radyasyona tabi tutulmuştur. 0. günden başlamak üzere 3'er günlük periyodlarla gruplar analize alınmış, toplam mezofilik aerob, toplam psikrofilik aerob, stafilocok ve laktik asit bakterileri ile pH ve TBA değeri belirlenmiştir. Ayrıca örneklerin duyuşal özellikleri de panel oluşturularak saptanmıştır. Elde edilen tüm veriler varyans analizi ile değerlendirilmiştir.

Araştırma bulgularına göre tavuk but ve göğüs etlerinde radurizasyon sonrası bakteriyel yükte azalma gözlenmiştir. Radurizasyonun toplam mezofilik aerobik ve toplam psikrofilik aerobik bakteriler üzerine olan etkisi, stafilocok ve laktik asit bakterilerine kıyasla daha yüksek düzeyde olup, özellikle laktik asit bakterilerinde zayıf kalmıştır. pH ve TBA değerleri açısından radurizasyonun değişiklik yaratmadığı gözlenmiştir. Bununla birlikte 3 kGy ışınlanmış örneklerin raf ömrü 27 gün civarında olurken 2 kGy ışınlı örnekler 24 günde, 1 kGy ışınlı örnekler 18 günde, vakumlu kontroller 15 günde, açık kontroller 9 gün civarında tüketim özelliğini yitirmiştir.

Duyuşal değerlendirmelerde alınan sonuçlarda ışınlanmış örneklerin renk, görünüş, aroma, gevreklik gibi özellikleri kontrollere göre farklı olmayıp, tüm gruplar pazarlanabilir nitelikte bulunmuşlardır.

**SUMMARY:** The effect of ionised-radiation application (radurization) 1, 2, 3 kGy doses on some microbiological, chemical and sensory properties of chicken leg and breast meats was investigated in this study. 6-8 weeks old chicken broilers were slaughtered, their legs and breasts were separated and divided into 5 groups. One of them was kept as a control. Ionised-radiation at 1, 2, 3 kGy doses were applied to other three vacuum-packed groups. Total mesophilic aerobic, total psychotrophic aerobic, staphylococ and lactic acid bacterium counts, pH and TBA values were determined with three days intervals by starting of the first day. Sensory properties of these samples were also tested by a panelist group. Data were evaluated by variance analysis.

According to the results, a decrease in total bacterial counts of chicken leg and breast meats was observed in the period following the application of ionised radiation. While the effects of ionised radiation on total aerobic and psychotrophic aerobic bacterium counts were clear staphylococci and particularly lactic acid bacteria were resistant to radiation. No effect was observed on pH and TBA values. While the shelf-life of 3 kGy ionised samples was about 27 days, the shelf-life of 2kGy ionised samples was about 24 days, the self-life of 1 kGy ionised samples was about 18 days. Vacuum packed control samples in the fiveteenth day and non-vacuum packed control samples in the ninth day lost their consuming properties.

The sensory test results indicated that quality properties such as color, appearance, flavor, thickness were not different with respect to control groups. More over, all groups were found acceptably.

## GİRİŞ

Tükettiğimiz gıdalar yüzyıllardan beri değişik muhafaza yöntemleri ile bozulmaya karşı korunmaktadır. Gıdaların pişirilerek, kurutulularak, tuzlanarak, turşu yapılarak ve baharatlarla muamele edilerek muhafaza edilmelerine dayanan bu yöntemler, son yüzyılda artan dünya nüfusunun ihtiyaçlarını karşılamada yetersiz kalmıştır. Bu durum gıda ışınlama gibi alternatif muhafaza yöntemlerini ortaya çıkarmıştır. Gıda endüstrisinde modern yöntemlerle gıdaların muhafaza sürelerini uzatmak, ürün kalitesini artırmak, halk sağlığını daha iyi koruyabilmek ve bu alanda daha az işletme masrafları yapabilmek amaçlanmaktadır.

Bu çalışmayı Ankara Üniversitesi Araştırma Fonu desteklemiştir (90.25.00.58) Gülşen Kırımca'nın yüksek lisans tezinden özetlenmiştir.

Bir gıdanın sağlıklı olması beslenme kalitesi bakımından yeterli, toksikolojik ve mikrobiyolojik yönden tüketilebilir olmasıdır (URBAIN, 1971; KELEŞ, 1972). Işınlanan gıdalarda oluşan besinsel ve duyuşsal kayıpların geleneksel gıda işleme yöntemleriyle karşılaştırılabilecek düzeyde olduğu kanıtlanmıştır (DESROSIER, 1970; EL-WEKAIL ve ark., 1977; THOMAS ve ALHOUN, 1978; DIEHL, 1979; ANONYMOUS, 1981; ANONYMOUS, 1981; KAREL, 1984). Işınlama ile mikrobiyolojik güvenilirlik sağlamakta sorun değildir (FARKAS, 1977; ANNELIS ve ark., 1979; ANONYMOUS, 1981; TSUJİ, 1983; DICKSON ve MAXCY, 1985). Işınlanan gıdaların biyolojik etkilerinin toksikolojik açıdan değerlendirilmesi için ise 1960'lı yıllarda başlayan yoğun çalışmalarla ışınlanmış gıdalarla laboratuvar hayvanların beslenerek karsinogen, mutajen, sitotoksijen ve teratojen etkilerinin olup olmadığı araştırılmıştır. Konu ile ilgili en yetkili kuruluş olan FAO/IAEA/WHO Ortak Ekşperler Komitesi çok sayıda araştırma sonucunu dikkate alarak 1980'de gıda ışınlamada en yüksek dozu 10 kGy olarak saptamış ve bu dozun istenmeyen hiçbir biyolojik, nutrisyonel ve kimyasal etki yapmadığını, toksik olmadığını açıklamıştır (ANONYMOUS, 1981; 1988).

Bu gelişmeler gıda ışınlanmasına olan ilginin yenilenmesini sağlamış ve şimdide kadar 31 ülkede 40'dan fazla gıda maddesinin ışınlanmasına ve tüketilmesine yasal izinler verilmiştir (ANONYMOUS, 1985; 1988). Bu grupta yer alan ve en önemli gıdalardan birinin de kanatlı etleri olması dikkati çekmektedir.

Kanatlı etlerinin radurizasyonundaki amaç ürünün raf ömrünün uzatılmasıdır. Bu uygulama ile soğuk muhafaza koşullarında bu etlerin kısmen mikrobiyolojik yönden güvenilirliklerinin sağlanması, kısmen de kalitelerinin korunması esas alınmaktadır (HOBBS, 1963; MERCURI ve ark. 1966; LICCIARDELLO ve ark., 1968; GROESBECK, 1973; ANONYMOUS, 1988). Fakat uygulama esnasında kullanılacak ışınlama dozunun amaca uygun olarak belirlenmesi oldukça önemlidir. Yaptığımız literatür çalışmalarında tavuk etlerini ışınlamada uygulanan ışın dozunun 1 kGy ile 10 kGy arasında değışim gösterdiği görülmüştür (HOBBS, 1963; MERCURI ve ark. 1966; LICCIARDELLO ve ark., 1968; GROESBECK, 1973; KLINGER ve ark. 1986; ANONYMOUS, 1985, 1988). Tavuk etlerinde karakteristik ışınlama lezzetinin duyulmaması için gerekli olan eşik dozunun 2.5-3 kGy olduğu bildirilirken (KLINGER ve ark. 1986), çok yüksek düzeyde uygulanan dozun etlerde renk bozulması ve yumuşamaya neden olduğu da bilinmektedir (KLINGER ve ark. 1986; ANONYMOUS, 1988).

İşte bütün bu bilgiler ışığında yaptığımız çalışma ile 1, 2, 3 kGy olarak uygulanan düşük ışın dozundaki radurizasyonun vakum paketlenmiş ve paketlenmemiş tavuk göğüs ve but etlerini 4+/-1°C'de depolamanın depolama süresi, duyuşsal, kimyasal ve mikrobiyolojik kalitesi üzerine etkisi incelenmiştir. Düşük ışın dozundaki radurizasyonun vakum paketlenmiş ve paketlenmemiş tavuk göğüs ve but etlerinde hem bakteriyolojik güvenilirlik, hem de kalitenin korunması üzerindeki etkileri belirlenmiştir.

## MATERYAL VE YÖNTEM

### Materyal

Araştırmada kullanılan tavuk göğüs ve but etleri Et ve Balık Kurumu Sincan Et-Tavuk İşletmesi'nden satın alınmıştır.

6-8 haftalık broilerlerin kesimi takiben hemen parçalanması ile elde edilen tavuk göğüs ve but etleri kendi aralarında tesadüfi olarak 5 alt gruba ayrılmış bu gruplardan biri açık kontrol olarak ayrılmış kalan 4 grupta yer alan örnekler tek tek vakum paketlenmiştir. Vakum paketli dört gruptan biri vakumlu kontrole ayrılmış diğer üç gruptaki örnekler ise Türkiye Atom Enerjisi Kurumu Lalahan Hayvan Sağlığı Nükleer Araştırma Enstitüsü'nde bulunan Cesium 137 (Cs<sup>137</sup>) gamma kaynağında 1, 2, 3 kGy dozlarında ışınlanmıştır. Işınlama sırasında kaynak gücünün Fricke Dozimetresi ile 0,03 kGy/dak olduğu belirlenmiştir. Beş grupta yer alan tavuk but ve göğüs etleri daha sonra 4±1°C'da depolanmış ve 0. günden başlamak üzere 3'er günlük periyotlarla analize alınmış, analizlere örnekler tüketim özelliğini yitirene kadar devam edilmiştir.

Deneme 2 tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir.

### Yöntem

Her analiz periyodunda tavuk göğüs ve but örneklerinin TBA değeri (TARLADGIS, 1960), pH (LEES, 1975), toplam mezofilik aerobik, psikrofilik aerobik bakteri, stafilokok ve laktik asit bakteri

düzeyleri (GÜRGÜN ve HALKMAN, 1988) belirlenmiştir. Ayrıca araştırmada duyuşal panel de yapılarak (PERYAM ve PILGRIM, 1957) ışınlanmanın tavuk göğüs ve but etlerinin duyuşal özelliklerine olan etkileri belirlenmiştir. Elde edilen tüm verilere istatistik kontrol uygulanmıştır (DÜZGÜNEŞ ve ark., 1987).

## BULGULAR

### pH Değerleri

Tavuk but ve göğüs etlerinin değişik periyotlardaki pH değerleri Çizelge 1'de verilmiştir. Gerek tavuk but, gerekse göğüs etlerinde 1, 2, 3 kGy gibi düşük dozlarda ışınlanmanın pH üzerine önemli etkisinin olmadığı görülmüştür. İstatistik değerlendirmelerle 9. günde açık gruptaki tavuk göğüs eti dışındaki tüm örneklerde periyotlar ve gruplar arası farklılığın önemli olmadığı belirlenmiştir ( $p > 0,05$ ).

Bu değerlendirme ile elde edilen sonuç EHIOBA ve ark. (1987)'nin değerlendirmeleriyle paralellik göstermektedir.

### TBA Değerleri ile İlgili Araştırma Bulguları

Tavuk but ve göğüs etlerinin bütün gruplarında periyotların ilerlemesiyle TBA değerlerinde bir artış gözlenmiştir (Çizelge 1). Gerek but ve gerekse göğüs etlerinin kontrol gruplarında bu artış daha hızlı görülmüş, yağ oksidasyonu daha kısa sürede ilerlemiştir. Her iki gruptaki ışınlanmış örneklerde ise ışınlama dozuna bağlı olarak 1 kGy ışınlanmış örneklerde TBA değeri, 2 ve 3 kGy dozunda ışınlanmış örneklere göre daha yüksek bulunmuştur.

Tavuk but ve göğüs etlerinin 3 kGy ışınlı olanlarında TBA değerleri tüm periyotlarda diğer örneklerden daha düşük bulunmuştur. Fakat yapılan istatistiksel kontrolde gruplar arası farklılığın sadece 18. günde tavuk but etlerinin 1 kGy'lik ışınlı olanları ile 3 kGy'lik ışınlı olanları arasında ( $p < 0,05$ ) düzeyinde önemli olduğu, bunun dışında tavuk göğüs ve but etlerinde her bir periyotta TBA değerlerinde görülen farkın, istatistiki olarak önemli olmadığı ( $P > 0,05$ ), fakat aynı grupta zamana bağlı olarak ortaya çıkan artışların istatistik olarak önemli olduğu belirlenmiştir ( $p < 0,05$ ).

Tavuk but ve göğüs etlerinin ışınlanmış ve ışınlanmamış olanlarında TBA değerlerinde zamana bağlı olarak ortaya çıkan artışlar ve ışınlanmanın düşük dozlarının TBA üzerine istatistiki önemli olmayan etkileri MATTISON ve ark.(1986), EHIOBA ve ark. (1987) tarafından yapılan değerlendirmelerle uyum göstermektedir.

### Mikrobiyolojik Analizlerle İlgili Araştırma Bulguları

#### Toplam Mezofilik Aerobik Bakteri (TMAB) Sayısı

Tavuk but ve göğüs etlerinin değişik periyotlarda belirlenen TMAB sayısı Çizelge 2'de verilmiştir. Gerek tavuk göğüs ve gerekse but etlerinin TMAB sayılarında zamana bağlı olarak doğal bir artış belirlenmiştir. Fakat açık kontrol grubunda bu artışın daha hızlı olduğu gözlenmiştir.

Bütün gruplarda her üç ışın dozunda TMAB sayısında başlangıçta azalma meydana getirmiştir. Yapılan istatistik testlerde 1 kGy düzeyinde ışınlanmanın oluşturduğu azalmanın önemli olmadığı ve genelde vakumlu kontrol grubundan farksız olduğu saptanmıştır. 2 ve 3 kGy dozun ise raf ömrünü uzatmada daha etkili olduğu gözlenmiştir. MAXCY (1982), URBAIN (1983) ve SEKHAR ve ark. (1991)'nin belirttikleri gibi 2 kGy ışın dozunun toplam bakteri yükünü oldukça etkili bir şekilde azalttığı belirlenmiştir.

#### Toplam Psikrofilik Aerobik Bakteri (TPAB) sayısı

Tavuk göğüs ve but etlerinin değişik periyotlardaki TPAB sayıları Çizelge 2'de verilmiştir. Çizelgeden de görüleceği üzere ışınlama uygulaması başlangıçta TPAB sayısında istatistik olarak önemli olmamakla birlikte düşüşlere neden olmuştur. Özellikle 2 ve 3 kGy dozunda ışınlanan örneklerde TPAB sayısında olan artış açık ve vakumlu kontrol ile 1 kGy ışınlı olan gruplardaki artışlardan daha az olmuştur.

Alınan sonuçlara göre 2 ve 3 kGy dozunda ışınlanmanın TPAB'lere etkisinin TMAB'lere kıyasla daha kuvvetli olduğu söylenebilir. EHIOBA ve ark. (1987)'da ışınlanmanın etkisinin en başarılı olarak toplam psikrofilik bakterilerde görüldüğünü bildirmişlerdir.

**Çizelge 1. Farklı Dozlarda Işınlanan ve Işınlanmayan Tavuk But ve Göğüs Eterinde Belirlenen Ortalama pH ve TBA Değerleri (mg/kg)**

| Örnek          | Uygulama              | Depolama Periyodu (gün) |                      |                      |                      |                       |                      |                     |                      |                      |                     |                     |   |
|----------------|-----------------------|-------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|---------------------|----------------------|----------------------|---------------------|---------------------|---|
|                |                       | 0                       | 3                    | 6                    | 9                    | 12                    | 15                   | 18                  | 21                   | 24                   | 27                  |                     |   |
| pH             | B<br>u<br>t           | Açık                    | 5,64                 | 6,10                 | 6,33                 | 6,75                  | -                    | -                   | -                    | -                    | -                   | -                   | - |
|                |                       | Vakumlu                 | 5,94                 | 5,88                 | 5,87                 | 6,11                  | 6,21                 | 6,04                | -                    | -                    | -                   | -                   | - |
|                |                       | 1 kGy                   | 5,94                 | 5,95                 | 6,10                 | 6,38                  | 6,15                 | 6,27                | 6,28                 | -                    | -                   | -                   | - |
|                |                       | 2 kGy                   | 5,94                 | 5,87                 | 5,87                 | 6,26                  | 6,37                 | 6,23                | 6,36                 | 6,22                 | 6,31                | -                   | - |
|                |                       | 3 kGy                   | 5,94                 | 5,90                 | 6,11                 | 6,26                  | 6,34                 | 6,06                | 6,18                 | 6,36                 | 6,24                | 6,31                | - |
|                | G<br>ö<br>ğ<br>ü<br>s | Açık                    | 5,66                 | 5,65                 | 5,74                 | 6,50 <sup>a</sup>     | -                    | -                   | -                    | -                    | -                   | -                   | - |
| Vakumlu        | 5,66                  | 5,51                    | 5,65                 | 5,74 <sup>b</sup>    | 5,54                 | 5,53                  | -                    | -                   | -                    | -                    | -                   | -                   |   |
| 1 kGy          | 5,66                  | 5,58                    | 5,43                 | 5,72 <sup>b</sup>    | 5,80                 | 5,66                  | 5,57                 | -                   | -                    | -                    | -                   | -                   |   |
| 2 kGy          | 5,66                  | 5,80                    | 5,55                 | 5,91 <sup>b</sup>    | 5,25                 | 5,78                  | 5,29                 | 5,38                | 5,82                 | -                    | -                   | -                   |   |
| 3 kGy          | 5,66                  | 5,69                    | 5,47                 | 5,88 <sup>b</sup>    | 5,31                 | 5,65                  | 5,44                 | 5,66                | 5,76                 | 5,66                 | -                   | -                   |   |
| TBA<br>(mg/kg) | B<br>u<br>t           | Açık                    | 0,031                | 0,371                | 0,410                | 0,458                 | -                    | -                   | -                    | -                    | -                   | -                   | - |
|                |                       | Vakumlu                 | 0,031 <sup>d</sup>   | 0,312 <sup>e</sup>   | 0,419 <sup>e</sup>   | 0,439 <sup>e</sup>    | 0,449 <sup>e</sup>   | 0,508 <sup>e</sup>  | -                    | -                    | -                   | -                   | - |
|                |                       | 1 kGy                   | 0,031 <sup>d</sup>   | 0,216 <sup>de</sup>  | 0,313 <sup>ef</sup>  | 0,317 <sup>ef</sup>   | 0,419 <sup>ef</sup>  | 0,449 <sup>ef</sup> | 0,497 <sup>ef</sup>  | -                    | -                   | -                   | - |
|                |                       | 2 kGy                   | 0,031 <sup>g</sup>   | 0,197 <sup>g</sup>   | 0,234 <sup>gh</sup>  | 0,293 <sup>gh</sup>   | 0,332 <sup>gh</sup>  | 0,341 <sup>gh</sup> | 0,400 <sup>abh</sup> | 0,499 <sup>h</sup>   | 0,590 <sup>k</sup>  | -                   | - |
|                |                       | 3 kGy                   | 3,031 <sup>g</sup>   | 0,147 <sup>gh</sup>  | 0,187 <sup>hk</sup>  | 0,254 <sup>hk</sup>   | 0,263 <sup>hk</sup>  | 0,293 <sup>kh</sup> | 0,341 <sup>bkh</sup> | 0,437 <sup>mkl</sup> | 0,527 <sup>ml</sup> | 0,605 <sup>ml</sup> | - |
|                | G<br>ö<br>ğ<br>ü<br>s | Açık                    | 0,053                | 0,332                | 0,419                | 0,429                 | -                    | -                   | -                    | -                    | -                   | -                   | - |
| Vakumlu        | 0,053                 | 0,283                   | 0,361                | 0,429                | 0,458                | 0,459                 | -                    | -                   | -                    | -                    | -                   | -                   |   |
| 1 kGy          | 0,053                 | 0,215                   | 0,274                | 0,322                | 0,391                | 0,391                 | 0,517                | -                   | -                    | -                    | -                   | -                   |   |
| 2 kGy          | 0,053 <sup>d</sup>    | 0,176 <sup>de</sup>     | 0,215 <sup>def</sup> | 0,293 <sup>def</sup> | 0,314 <sup>ef</sup>  | 0,342 <sup>ef</sup>   | 0,381 <sup>ef</sup>  | 0,439 <sup>f</sup>  | 0,566 <sup>f</sup>   | -                    | -                   | -                   |   |
| 3 kGy          | 0,053 <sup>d</sup>    | 0,156 <sup>de</sup>     | 0,244 <sup>def</sup> | 0,244 <sup>def</sup> | 0,263 <sup>def</sup> | 0,293 <sup>defc</sup> | 0,332 <sup>efc</sup> | 0,351 <sup>fc</sup> | 0,488 <sup>fc</sup>  | 0,456 <sup>c</sup>   | -                   | -                   |   |

a,b : Aynı periyotta farklı harflerle işaretlenmiş ortalamalar arasındaki fark önemlidir (p<0,05)

c,d,e,f : Aynı grupta farklı harflerle işaretlenmiş ortalamalar arasındaki fark önemlidir (p<0,05)

g,h,k,l,m : Aynı grupta farklı harflerle işaretlenmiş ortalamalar arasındaki fark önemlidir (p<0,05)

### Stafilokok Bakteri (SB) Sayısı

Tavuk but etlerinin SB düzeyine ışınlanmanın 2 ve 3 kGy'lık dozu etkili olarak başlangıç düzeylerinde düşmeye neden olmuştur. 1 kGy dozunda uygulanan radurizasyon başlangıç stafilokok bakterisi yükünü azaltmaya yetmemiş, kontrol grupları ile 1 kGy ışınli grupta başlangıçtan itibaren SB yükü artışlar gösterirken, 2 ve 3 kGy ışınlanan örneklerde başlangıçta SB düzeylerinde düşüş belirlenmiş, daha sonraki periyotlardaki artış oranları ise kontrol grupları ve 1 kGy ışınli gruptan daha az olmuştur. 2 ve 3 kGy ışınlanan örneklerde diğer gruplara kıyasla her zaman düşük SB yükleri gözlenmiştir (Çizelge 2).

Tavuk göğüs etlerinde ise but etlerine göre daha başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Işınlama sonrası ışınlanan her üç örnek grubunda da azalma gözlenmiş ve bu azalma ışınlama dozu arttıkça fazlaşmıştır (Çizelge 2). Elde edilen sonuçlara göre radurizasyon sonrası stafilokok bakterisi gelişimi ışınlanan örneklerde daha yavaş ve az olmasına karşılık, özellikle but etlerinde alınan sonuçlarda kontrol gruplarından istatistik olarak farklı olmadığı gözlenmiştir. Göğüs etlerinde ise daha başarılı sonuçlar alınmıştır.

MATTISON ve ark. (1986) yaptıkları çalışmada stafilokok bakterisi sayılarının ışınlanmış örneklerde kontrole göre daha az bulunduğunu ancak farkın istatistiksel açıdan önemli olmadığını bildirmişlerdir.

### Laktik Asit Bakteri (LAB) Sayıları

Tavuk but ve göğüs etlerinde ışınlama sonrası LAB sayısında azalma yalnızca 3 kGy ışınlanan örneklerde görülmüştür. Periyotların ilerlemesiyle laktik asit bakterisi sayısında oluşan artış açık kontrol grubunda önemli bulunmazken vakumlu kontrol ve ışınlanmış örnek gruplarında çok önemli olarak ortaya çıkmıştır (p<0.01).

Göğüs etlerinde de but etlerinden alınan sonuçlara paralel olarak LAB'nin ışınlamaya karşı direçli oldukları gözlenmiştir. Işınlama sonrası yalnızca 3 kGy dozunda ışınlanmış örneklerin LAB sayılarında azalma görülmüş ancak periyotların ilerlemesiyle vakumlu kontrol ve ışınlanmış örnek gruplarının laktik asit bakterisi sayılarında görülen artışın istatistiksel olarak çok önemli olduğu belirlenmiştir (p<0.01).

Çizelge 2. Farklı Dozlarda Işınlanan ve Işınlanmayan Tavuk, But ve Göğüs Etlerinde Belirlenen Ortalama TMAB, TPAB, SB, LAB düzeyleri (log<sub>10</sub>/g)

| Örnek | Uygulama          | Depolama Periyodu (gün) |                     |                     |                     |                     |                       |                      |                     |                    |                   |   |   |
|-------|-------------------|-------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|-----------------------|----------------------|---------------------|--------------------|-------------------|---|---|
|       |                   | 0                       | 3                   | 6                   | 9                   | 12                  | 15                    | 18                   | 21                  | 24                 | 27                |   |   |
| TMAB  | But               | Açık                    | 4,78 <sup>g</sup>   | 6,54 <sup>h</sup>   | 7,88 <sup>ag</sup>  | 8,72 <sup>ah</sup>  | -                     | -                    | -                   | -                  | -                 | - | - |
|       |                   | Vakumlu                 | 4,78 <sup>d</sup>   | 6,26 <sup>d</sup>   | 6,84 <sup>bd</sup>  | 7,48 <sup>bde</sup> | 7,92 <sup>e</sup>     | 8,11 <sup>e</sup>    | -                   | -                  | -                 | - | - |
|       |                   | 1 kGy                   | 4,78 <sup>d</sup>   | 4,51 <sup>d</sup>   | 6,28 <sup>bde</sup> | 7,25 <sup>Be</sup>  | 7,72 <sup>e</sup>     | 8,03 <sup>e</sup>    | 8,11 <sup>e</sup>   | -                  | -                 | - | - |
|       |                   | 2 kGy                   | 4,78 <sup>d</sup>   | 4,25 <sup>d</sup>   | 5,75 <sup>bde</sup> | 6,07 <sup>Cde</sup> | 7,22 <sup>e</sup>     | 7,90 <sup>f</sup>    | 7,98 <sup>f</sup>   | 8,12 <sup>f</sup>  | 8,31 <sup>f</sup> | - | - |
|       | 3 kGy             | 4,78 <sup>d</sup>       | 4,13 <sup>d</sup>   | 5,23 <sup>bd</sup>  | 6,01 <sup>Cd</sup>  | 7,14 <sup>e</sup>   | 7,84 <sup>f</sup>     | 7,94 <sup>f</sup>    | 7,95 <sup>f</sup>   | 8,01 <sup>f</sup>  | 8,14 <sup>k</sup> | - |   |
|       | Göğüs             | Açık                    | 5,01                | 6,71 <sup>d</sup>   | 8,69                | 9,16 <sup>d</sup>   | -                     | -                    | -                   | -                  | -                 | - | - |
|       |                   | Vakumlu                 | 5,01 <sup>d</sup>   | 6,55 <sup>ABd</sup> | 7,16 <sup>de</sup>  | 7,94 <sup>Bef</sup> | 8,18 <sup>Af</sup>    | 8,23 <sup>af</sup>   | -                   | -                  | -                 | - | - |
|       |                   | 1 kGy                   | 5,01 <sup>d</sup>   | 5,61 <sup>BCD</sup> | 6,40 <sup>de</sup>  | 7,17 <sup>Be</sup>  | 7,81 <sup>ABf</sup>   | 8,00 <sup>abfk</sup> | 8,17 <sup>ak</sup>  | -                  | -                 | - | - |
| 2 kGy |                   | 5,01 <sup>d</sup>       | 4,91 <sup>bcD</sup> | 5,45 <sup>d</sup>   | 6,35 <sup>Bd</sup>  | 7,21 <sup>Be</sup>  | 7,74 <sup>bef</sup>   | 7,79 <sup>bf</sup>   | 8,19 <sup>k</sup>   | 8,20 <sup>k</sup>  | -                 | - |   |
| 3 kGy | 5,01 <sup>d</sup> | 4,04 <sup>Cd</sup>      | 5,23 <sup>d</sup>   | 5,99 <sup>Bd</sup>  | 7,06 <sup>Bde</sup> | 7,46 <sup>cef</sup> | 7,55 <sup>bf</sup>    | 8,07 <sup>k</sup>    | 8,19 <sup>k</sup>   | 8,38 <sup>k</sup>  | -                 |   |   |
| TPAB  | But               | Açık                    | 4,77                | 6,49 <sup>d</sup>   | 7,80                | 8,54 <sup>d</sup>   | -                     | -                    | -                   | -                  | -                 | - | - |
|       |                   | Vakumlu                 | 4,77 <sup>d</sup>   | 6,37 <sup>de</sup>  | 6,87 <sup>de</sup>  | 7,18 <sup>Be</sup>  | 8,07 <sup>Af</sup>    | 8,10 <sup>Af</sup>   | -                   | -                  | -                 | - | - |
|       |                   | 1 kGy                   | 4,77 <sup>d</sup>   | 4,67 <sup>bd</sup>  | 6,05 <sup>d</sup>   | 7,06 <sup>Be</sup>  | 7,30 <sup>Be</sup>    | 7,66 <sup>Bf</sup>   | 7,76 <sup>ef</sup>  | -                  | -                 | - | - |
|       |                   | 2 kGy                   | 4,77 <sup>d</sup>   | 3,72 <sup>bd</sup>  | 5,55 <sup>d</sup>   | 5,84 <sup>Cd</sup>  | 6,42 <sup>Cde</sup>   | 6,82 <sup>Cef</sup>  | 7,22 <sup>bef</sup> | 7,61 <sup>fk</sup> | 8,03 <sup>k</sup> | - | - |
|       | 3 kGy             | 4,77 <sup>d</sup>       | 3,31 <sup>bd</sup>  | 5,21 <sup>de</sup>  | 5,37 <sup>Cde</sup> | 6,16 <sup>Cde</sup> | 6,49 <sup>Cde</sup>   | 6,97 <sup>bde</sup>  | 7,35 <sup>e</sup>   | 7,92 <sup>f</sup>  | 8,02 <sup>f</sup> | - |   |
|       | Göğüs             | Açık                    | 4,89                | 6,67 <sup>d</sup>   | 8,14                | 8,58 <sup>d</sup>   | -                     | -                    | -                   | -                  | -                 | - | - |
|       |                   | Vakumlu                 | 4,89 <sup>d</sup>   | 6,45 <sup>Ade</sup> | 7,08 <sup>e</sup>   | 7,24 <sup>Be</sup>  | 8,12 <sup>Af</sup>    | 8,18 <sup>Af</sup>   | -                   | -                  | -                 | - | - |
|       |                   | 1 kGy                   | 4,89 <sup>d</sup>   | 5,15 <sup>Bd</sup>  | 6,16 <sup>d</sup>   | 7,09 <sup>Be</sup>  | 7,37 <sup>Bf</sup>    | 7,72 <sup>Bk</sup>   | 7,81 <sup>Ak</sup>  | -                  | -                 | - | - |
| 2 kGy |                   | 4,89 <sup>d</sup>       | 4,53 <sup>Bd</sup>  | 5,56 <sup>d</sup>   | 5,87 <sup>Cd</sup>  | 6,35 <sup>Cd</sup>  | 6,83 <sup>Cde</sup>   | 7,25 <sup>Bef</sup>  | 7,67 <sup>f</sup>   | 8,27 <sup>k</sup>  | -                 | - |   |
| 3 kGy | 4,89 <sup>d</sup> | 3,31 <sup>Bd</sup>      | 5,52 <sup>d</sup>   | 5,67 <sup>Cd</sup>  | 6,29 <sup>Cd</sup>  | 6,62 <sup>Cd</sup>  | 6,82 <sup>Bde</sup>   | 7,38 <sup>de</sup>   | 8,00 <sup>ef</sup>  | 8,15 <sup>f</sup>  | -                 |   |   |
| SB    | But               | Açık                    | 3,56                | 5,23                | 5,44                | 5,65                | -                     | -                    | -                   | -                  | -                 | - | - |
|       |                   | Vakumlu                 | 3,56                | 5,17                | 5,29                | 5,80                | 5,87                  | 5,89                 | -                   | -                  | -                 | - | - |
|       |                   | 1 kGy                   | 3,56                | 4,15                | 4,32                | 5,35                | 5,46                  | 5,75                 | 6,24                | -                  | -                 | - | - |
|       |                   | 2 kGy                   | 3,56                | 3,15                | 3,24                | 4,66                | 4,94                  | 5,28                 | 5,98                | 6,39               | 6,40              | - | - |
|       | 3 kGy             | 3,56                    | 3,04                | 3,13                | 4,58                | 4,72                | 4,98                  | 5,42                 | 5,89                | 6,92               | 6,96              | - |   |
|       | Göğüs             | Açık                    | 4,17                | 5,30                | 5,50                | 5,69 <sup>d</sup>   | -                     | -                    | -                   | -                  | -                 | - | - |
|       |                   | Vakumlu                 | 4,17                | 5,17                | 5,32                | 5,60 <sup>d</sup>   | 5,77a                 | 5,86                 | -                   | -                  | -                 | - | - |
|       |                   | 1 kGy                   | 4,17                | 4,13                | 4,30                | 4,80 <sup>b</sup>   | 4,91b                 | 5,40                 | 6,16                | -                  | -                 | - | - |
| 2 kGy |                   | 4,17                    | 3,27                | 3,31                | 4,57 <sup>b</sup>   | 4,64b               | 4,83                  | 5,65                 | 5,91                | 5,97               | -                 | - |   |
| 3 kGy | 4,17              | 3,06                    | 3,08                | 4,24 <sup>b</sup>   | 4,31b               | 4,69                | 5,40                  | 5,81                 | 5,91                | 6,04               | -                 |   |   |
| LAB   | But               | Açık                    | 2,62                | 5,26                | 5,45                | 5,48 <sup>B</sup>   | -                     | -                    | -                   | -                  | -                 | - | - |
|       |                   | Vakumlu                 | 2,62 <sup>d</sup>   | 5,43 <sup>de</sup>  | 5,60 <sup>de</sup>  | 6,43 <sup>Aef</sup> | 6,71 <sup>af</sup>    | 6,97 <sup>f</sup>    | -                   | -                  | -                 | - | - |
|       |                   | 1 kGy                   | 2,62 <sup>d</sup>   | 3,68 <sup>d</sup>   | 4,74 <sup>d</sup>   | 5,85 <sup>Bd</sup>  | 6,27 <sup>abe</sup>   | 6,77 <sup>e</sup>    | 7,16 <sup>Af</sup>  | -                  | -                 | - | - |
|       |                   | 2 kGy                   | 2,62 <sup>d</sup>   | 3,23 <sup>d</sup>   | 3,72 <sup>d</sup>   | 4,52 <sup>BCd</sup> | 5,63 <sup>bcdde</sup> | 6,34 <sup>e</sup>    | 6,76 <sup>Be</sup>  | 7,13 <sup>f</sup>  | 7,27 <sup>f</sup> | - | - |
|       | 3 kGy             | 2,62 <sup>d</sup>       | 2,00 <sup>d</sup>   | 3,34 <sup>d</sup>   | 4,36 <sup>Cd</sup>  | 5,34 <sup>cd</sup>  | 6,07 <sup>de</sup>    | 6,48 <sup>Be</sup>   | 7,00 <sup>f</sup>   | 7,11 <sup>f</sup>  | 7,44 <sup>k</sup> | - |   |
|       | Göğüs             | Açık                    | 2,69                | 5,27                | 5,40                | 5,52 <sup>AB</sup>  | -                     | -                    | -                   | -                  | -                 | - | - |
|       |                   | Vakumlu                 | 2,69 <sup>d</sup>   | 5,33 <sup>de</sup>  | 5,67 <sup>de</sup>  | 6,33 <sup>Aef</sup> | 6,66 <sup>Afk</sup>   | 6,99 <sup>k</sup>    | -                   | -                  | -                 | - | - |
|       |                   | 1 kGy                   | 2,69 <sup>d</sup>   | 4,23 <sup>d</sup>   | 4,98 <sup>d</sup>   | 5,85 <sup>ABe</sup> | 6,24 <sup>Bf</sup>    | 6,78 <sup>fk</sup>   | 7,27 <sup>k</sup>   | -                  | -                 | - | - |
| 2 kGy |                   | 2,69 <sup>d</sup>       | 3,55 <sup>d</sup>   | 4,15 <sup>d</sup>   | 5,87 <sup>Bd</sup>  | 5,90 <sup>Bde</sup> | 6,46 <sup>e</sup>     | 6,92 <sup>f</sup>    | 7,24 <sup>fk</sup>  | 7,54 <sup>k</sup>  | -                 | - |   |
| 3 kGy | 2,69 <sup>d</sup> | 2,00 <sup>d</sup>       | 3,34 <sup>d</sup>   | 4,79 <sup>Bde</sup> | 5,76 <sup>Bde</sup> | 6,31 <sup>def</sup> | 6,74 <sup>ef</sup>    | 7,10 <sup>f</sup>    | 7,42 <sup>f</sup>   | 8,04 <sup>k</sup>  | -                 |   |   |

a,b,c : Aynı periyotta farklı harflerle işaretlenmiş ortalamalar arasındaki fark önemlidir (p&lt;0,05)

A,B,C : Aynı periyotta farklı harflerle işaretlenmiş ortalamalar arasındaki fark önemlidir (p&lt;0,01)

g,h : Aynı grupta farklı harflerle işaretlenmiş ortalamalar arasındaki fark önemlidir (&lt;0,05)

d,e,f,k : Aynı grupta farklı harflerle işaretlenmiş ortalamalar arasındaki fark önemlidir (p&lt;0,01)

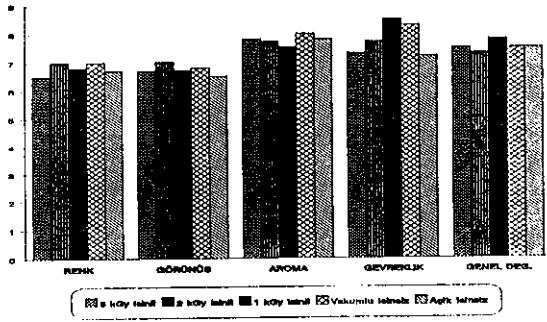
Vakum paketlenmiş etlerde önemli bir mikroorganizma grubunu oluşturan LAB'nin tavuk etlerinde de radurizasyondan fazla etkilenmediği alınan sonuçlardan da görülmüştür. Işınlama sonrası laktik asit bakteri sayısında azalma, sadece 3 kGy'lık doz ile gerçekleşirken, sonraki periyotlarda LAB sayılarında görülen artış çok önemli düzeyde gerçekleşmiştir.

Laktik asit bakterilerinin iyonize radyasyona en dirençli bakterilerden biri olduğu pek çok araştırmacı tarafından da kabul edilmiştir. NIEMAND ve ark. (1981), HOLZOPTEL ve NIEMAND (1985) MATTISON ve ark. (1986)'nın yaptıkları pek çok araştırma sonucunda vakum paketlenmiş et örneklerinde laktik asit bakterilerinin dominant olabileceğini bildirmişlerdir.

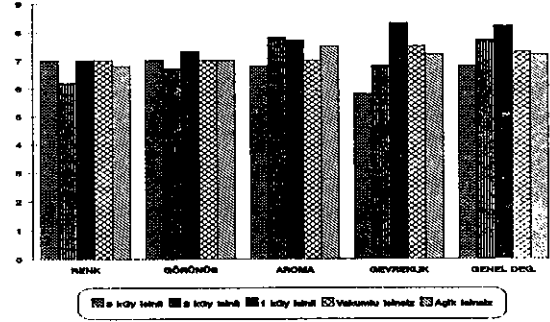
### Duyusal Analiz Sonuçları

Farklı dozlarda ışınlanmış ve ışınlanmamış tavuk göğüs ve but etlerinin duyuşal değerlendirilmesinde renk, görünüş, aroma ve gevreklik gibi kriterler dikkate alınmış ve panelistler genel bir değerlendirme ile de örnekleri karşılaştırmışlardır (Şekil 1,2). Yapılan değerlendirmeler sonucunda 1 kGy ışınlanmış tavuk but ve göğüş etlerinin en yüksek genel değerleri verdiği görülmüştür. Aynı zamanda hem tavuk göğüş, hem de tavuk but etlerinde ışınlanmış örneklerin duyuşal kaliteleri iyi olarak saptanmış ve kontrollere göre önemli fark bulunmamıştır.

Elde edilen bu sonuçlarda GRUNEWALD (1975), BASKER ve ark. (1985), KLINGER ve ark. (1986), WILLS ve ark. (1987)'nın elde ettiği sonuçlarla paralellik göstermektedir.



Şekil 1. Farklı Dozlarla Işınlanan Tavuk But Etlerinin Duyusal Test Sonuçları



Şekil 2. Farklı Dozlarda Işınlanan Tavuk Göğüş Etlerinin Duyusal Test Sonuçları

### SONUÇ

Kümes hayvanları etlerinin radurizasyonundaki amaç ürünün raf ömrünü uzatmaktır. Gerek mikrobiyolojik güvenliğin sağlanması, gerekse ürün kalitesinin korunması için radurizasyon soğuk tekniği ile birlikte uygulanmalıdır. Radurizasyon, bir düşük doz uygulama prosesidir. Mikrobiyel bozulmayı nlemeyip, sadece onu geiktirerek ürünün muhafaza süresini uzatır.

Araştırmamızda alınan sonuçlara göre ışınlanarak soğuk muhafazaya alınmış tavuk but ve göğüş etleri renk, görünüş, aroma, gevreklik gibi duyuşal özellikleri açısından kontrollere göre farklı bulunmamış ve pazarlanabilme oranının iyi olduğuna karar verilmiştir. Işınlanan etlerin raf ömürleri kontrollere göre farkedilir biçimde uzun olmuştur. Açık kontrollerin 9. gün yapılan analizlerinde tüketim özelliklerini

kaybettiği belirlenirken, vakumlu kontroller 15. günde, 1 kGy ışınlı örnekler 18. günde, 2 kGy ışınlı örnekler 24. günde 3 kGy ışınlı örnekler ise 27. günde tüketim özelliklerini yitirdikleri belirlenmiştir.

İyi bir soğutmanın varlığında bile kümes hayvanları etlerinin dayanıksızlığı pazarlanmalarında birçok kısıtlamalar oluşturur. 25 günlük bir dayanım sresinin sağlanması hem tüketici sağlığı açısından hem de ekonomik yönden büyük kazançlar sağlayacaktır.

Tüm kriterlere göre 2 ve 3 kGy ışınlanmış örnekler arasında istatistiksel açıdan önemli fark bulunmadığından 2 kGy'lık ışınlanmanın tavuk but ve göğüş etlerinin raf ömrünü uzatmada yeterli olduğu sonucuna varılmıştır. İyonize radyasyon, kümes hayvanları etlerinin korunmasında sağladığı avantajlarla endüstriyel alanda da önemli bir yer tutmayı vaad eden bir gıda muhafaza yöntemi olarak görünmektedir.

## KAYNAKLAR

- ANNELIS, A., D.B. ROWHEY, E.V. ROSS, 1979. Microbiological Safety of Radappertized Beef. *J. Food Prot.*, 42: 923-932.
- ANONYMOUS, 1981. Wholesomeness of Irradiated Food. Report of joint FAO/IAEA/WHO Expert Committee, Technical Report Series 659: 34. WHO-Geneva.
- ANONYMOUS, 1985. Food Irradiation. Newsletter, 9, 2: 29-39, Vienna.
- ANONYMOUS, 1988. Gıda İşinleme Kursu Notları. T.A:E.K. Lalahan Hayvan Sağlığı Nükleer Araştırma Enstitüsü, Ankara, 83 s.
- BASKER, D., Y. KLINGER, M.LAPIDOIS, M. EISENBERG, 1985. Effect of Radiation Pasteurization of Chicken Carcasses on the Taste Quality of the Cooked Meat Food Irradiation Processing. Proceedings of a Symposium. IAEA Vienna. 233-234.
- DESROSIER, N.W. 1970. The Technology of Food Preservation. The Avi Publishing Comp. Inc. Connecticut, 313-364.
- DISCKSON, J.S., R.B. MAXCY, 1985. Irradiation of Meat for the Production of Fermented Sausage. *J. Food Sci.* 50, 4: 1007-1009.
- DIEHL, J.F. 1979. Reduction of Radiation Induced Vitamin E and B Loses by Irradiation of Food Stuffs at Low Temperature and Exclusion of Atmospheric Oxygen. 2. *Lebensm: Unter Forsch*, 169: 276-280.
- DÜZGÜNEŞ, O., T.KESİCİ, O.KAVUNCU, O.F. GÜRBÜZ, 1987. Araştırma ve Deneme Metodları. A.Ü.Z.F. Yayınları No: 1021, Ankara. 381 s.
- EHIOPA, R.M., A.A. KRAFT, R.A. MOLINS, H.W. WALKER, D.G. OLSON, G. SUBBARAMAN, R.D. SKOWRONSKI, 1987. Effect of Low Dose (100 krad) Gamma Radiation on the Microflora of Vacuum-Packaged Ground Pork with and without Added Sodium Phosphates, *J. Food Sci.* 52: 1477.
- EL-WEKAIL, F.A., B.M. EL-MAGOLI, A.M. SALAMA, 1977. Effect of Radurization on the Chemical, Microbiological and Organoleptic Characteristics of Poultry Meat. *Food Preservation by Irradiation*, Vol. 1, IAEA, Vienna, 467.
- FARKAS, J. 1977. Control of Microbiological Spoilage of Food by Irradiation. *Food Preservation by Irradiation*, 1, IAEA, Vienna, 212.
- GROESBECK, C.P. 1973. In Radurization and Radicidation: Meat and Polutry. Preservation of Food by Ionizing Radiation, 3,8 CRC Press, Boca Raton, Florida.
- GRÜNEWALD, T.H. 1975. Lager Versuch Mit Bestrahlten Tiegefronenen Hahnchen. *Fleischwirtsch*, 55: 1093.
- GÜRGÜN, V., K. HALKMAN, 1988. Mikrobiyolojide Sayım Yöntemleri. Gıda Teknolojisi Derneği Yayın No. 7. San Matbaası. Ankara, 146 s.
- HOBBS, B.C. 1963. Salmonellae in Foods and Animal Feeding Stuffs, in Radiation Control of Salmonellae in Food Products, Techn. Rep. Ser. No: 22, IAEA, Vienna.
- HOLZOPTEL, W.H., J.G. NIEMAND, 1985. The Role of Lactobacilli and Other Bacteria in Radurized Meat. *Food Irradiation Processing. Proceedings of a Symposium Held in Washington, D.C.*, IAEA, vienna, 239.
- KELEŞ, F. 1972. Işınlanan Gıdanın Sağlıklı Olması Problemi. A.Ü.Z.F. Dergisi, Ankara. 233-244.
- KLINGER, I., V. FUCHS, D.J. BASKER, B. JUVEN, M. LAPIDOT, E. EISENBERG, 1986. Irradiation of Broiler Chicken Meat. *J. Vet. Med.* 42: 3. 181-192.
- LEES, R. 1975. Food Analysis. Analytical and Quality Control Methods for the Food Manufacture and Buyer. Third Ed. Leonard Hill Books, London, 245 s.
- LICCIARDELLO, J.J., J.T.R. NICKERSON, S.A. GOLDBLITH. 1968. Elimination of Salmonella in Poultry with Ionizing Radiation. in Elimination of Harmful Organism from Food and Feed by Irradiation, IAEA, vienna.
- MATTISON, M.L., A.A. KRAFT, D.G. OLSON, H.W. WALKER, R.E. RUST, B.D. JAMES, 1986. Effect Low Dose Irradiation of Pork Loins on Three Microflora, Sensory Characteristics and Fat Stability, *J. Food Sci.* 51: 284-287.
- MAXCY, R.B. 1982. Irradiation of Food for Public Helath. *J. Food Prot.* 45: 363.
- MERCURI, A.J., A.W. KATULA, D.H. SANDERS. 1966. Low-dose Ionizing Irradiation of Traypacked Cut-up Fryer Chickens. *Poultry Sci.* 44: 1105.
- NIEMAND, J.G., H.J. WANDERLINDE, W.H. HOLTOPTEL. 1981. Radurization of Prime Beef cuts. *J. Food Prot.* 44: 677.
- PERYAM, D.R., F.J. PILGRIM. 1957. Hedonic Scale Method for Measuring Food Preferences. *Food Tehcnol.* 11: 9.
- SEKHAR, R., D.R. KATTA. G.R. RAO, C.B. CHAWAN. 1991. Effect of Gamma Irradiation of Whole Chicken Carcasses on Bacterial Loads and Fatty Acids. *J. Food Sci.* 56: 371.
- TARLADGIS, B.G., B.M. WATTS, M.T. YOUNATHAN. 1960. A Distillation Method for the Quantitative Determination of Malonaldehyde in Rancid Foods. *J. Am. Oil Chemist Soc.* 37: 44-48.
- THOMAS, M.H., W.C. CALHOUN, 1978. Nutritional Aspect of Food Irradiation. *J. Food Processing and Preservation.* 2, 4: 299-313.
- TSUJI, K. 1985. Low-dose Cobalt-60 Irradiation for Reduction of Microbial Contamination in Raw Materials for Animal Health Products. *Food Technol.* 37, 2: 48-54.
- URBAIN, W.M. 1971. Meat Preservation. The Science of Meat Products. Ed. J.F. Price and B.S. Schweigert, W.H. Freeman and Company, San Francisco, 402 s.
- URBAIN, W.M. 1983. Radurization and Radicidation of Meat and Poultry In Preservation of Food by Ionizing Radiation (E.S. Josephson and M.S. Peterson, eds) Vol 111. CRC Press, Boca Raton, Florida.
- WILLS, D.A., J.J. MACFARLONE, B.J. SHAY, A.F. EGAN, 1987. Radiation Preservation of Vacuum Packaged Sliced Corned Beef, *J. Food Microbiol.* 4, 4: 313-322.