

بسم الله الرحمن الرحيم

هيئة الطاقة الذرية

المركز القومى لبحوث وتكنولوجيا الاشعاع
الجمعية المصرية للعلوم الإشعاعية وتطبيقاتها

المؤتمر الدولى الثانى لتقنيات الإشعاع المؤين وتطبيقاتها

(29 مارس – 1 إبريل 2010)

الغذاء والميكروبات والإشعاع

للأستاذ الدكتور / محيى الدين زهير الفولى

أستاذ الميكروبيولوجى بهيئة الطاقة الذرية

قسم الميكروبيولوجيا الإشعاعية

E-mail: mohiefouly@yahoo.com

Website: www.mohieelfouly.com

بسم الله الرحمن الرحيم

الغذاء والميكروبات والإشعاع

المحتويات

1. مقدمة

2. فوائد وأضرار الميكروبات

3. الغذاء والطرق التقليدية المتبعة لمقاومة الميكروبات

4. الإشعاع والغذاء

4.1. تعقيم الغذاء بالإشعاع

4.2. تحسين الخواص الصحية للغذاء بالإشعاع

4.3. بسترة الغذاء بالإشعاع

4.4. المعاملات المشتركة للإشعاع والحرارة

4.5. السموم الفطرية والسموم البكتيرية

4.6. وحدات قياس الجرعات الممتصة

4.7. مميزات المعالجة الإشعاعية للأغذية

4.8. محدودية المعالجة الإشعاعية للأغذية

5. نظريات تأثير الإشعاع على الخلايا الميكروبية

6. تقدير قيمة D_{10} Value

7. تأثيرات الإشعاع على الخلايا الميكروبية

8. نواتج تعرض الخلايا الميكروبية للإشعاع

9. الخلايا المصابة

10. العوامل المؤثرة على حساسية الميكروبات للمعاملات الإشعاعية

1- مقدمة:

الميكروبات أو الكائنات الدقيقة تعتبر مملكة مستقلة تماما مثل مملكتى الحيوان والنبات - فكما تنقسم مملكة الحيوان الى ثدييات- حشرات - أسماك - عنكبوتيات - طيور - زواحف وغيرها ومملكة النبات الى حزازيات - سرخسيات - مخروطيات - بذريات وغيرها وكل من هذه الاقسام تنفرع الى عائلات وأجناس وأصناف وسلالات كذلك تنقسم مملكة الكائنات الدقيقة الى بكتريا - فطريات - خمائر - طحالب - فيروسات وغيرها وهذه أيضا تنفرع الى عائلات وأجناس وأصناف وسلالات وعلم الميكروبيولوجى علم حديث جدا بالمقارنة الى العلوم الأخرى التى بدأ اكثرها مع بداية تواجد الإنسان على سطح الأرض مثل علم النبات والحيوان والفلك والجيولوجيا والكيمياء والطبيعة وغيرها

السبب فى تأخر الإنسان فى دراسة علم الميكروبيولوجى يرجع الى سببين أساسيين:

أولا : صغر حجمها حيث لا ترى الا باستخدام الميكروسكوب - ورغم أن عديد من العلماء ابتداء من القرن الثالث عشر أشار الى اعتقادهم بوجود كائنات غير مرئية هى التى تسبب الأمراض وفساد الأغذية إلا أن عامة الناس كانت تعزو الأمراض الوبائية الى غضب الآلهة . وحوالى عام 1650 تمكن أحد صناع العدسات وهو (فان ليفن هوك) أن يرى لأول مرة هذه الكائنات الدقيقة ويرسمها بأشكالها المختلفة ، وقام بصناعة عديد من الميكروسكوبات وكان أقصى تكبير حصل عليه 300 مرة.

ثانيا : حتى بعد اكتشاف وجود الكائنات الدقيقة لم يحدث أى تقدم فى علم الميكروبيولوجى حيث لم توجد أى وسيلة لتربيته هذه الكائنات ودراستها - إلى أن استطاع العالم - كوخ - (Robert Koch 1843-1910) من تربية هذه الكائنات على الجيلتين وبذلك فتح هذا العالم الباب لدراسة علم الميكروبيولوجى .

لكن البداية الحقيقية لتقدم علم الميكروبيولوجى كانت نتيجة الصراع الشديد بين الكنيسة الكاثوليكية التى كانت تؤمن أن هذه الكائنات الدقيقة وغيرها من الديدان الصغيرة تتكون تلقائيا أو ذاتيا من مواد غير حية وهو ما يعرف بنظرية التوالد الذاتى أو التلقائى - فى حين أن عديد من العلماء كانوا يعتقدون أن هذه الكائنات تنشأ من جراثيم أو بذور متواجدة دائما فى الهواء وأن الحياه تنتج من حياه وليس من مواد غير حية. حتى استطاع العالم القدير لويس باستير (Louis Pasteur 1822 - 1895) أن يحسم هذا الأمر ويقضى نهائيا على نظرية التوالد الذاتى بتجربة فى غاية البساطة بسحب أعناق دوارق تحتوى على مرق مغلى (تشبه شوربة الدواجن) على شكل أنابيب طويلة رفيعة ملتوية تشبه عنق الأوزة وبذلك كانت الكائنات الحية الدقيقة الموجودة فى الهواء تترسب على السطح الداخلى للعنق ولا تصل الى المرق - الذى ظل طازجا ولم يتعفن كما كان يحدث سابقا. وبهذه التجربة ثبت أن الكائنات الدقيقة مثلها مثل غيرها من الكائنات تنشأ فقط من آباء حية تشبهها تماما.

كانت تجارب كل من العالمان كوخ وباستير (آباء علم الميكروبيولوجي) وغيرهما من علماء الميكروبيولوجي ابتداء من أواخر القرن التاسع عشر أثرا في أندفاع هذا العلم خطوات متسارعة الى الأمام وحتى الآن لا يكاد يمضى عام إلا وتحديث اكتشافات جديدة فى هذا العلم اليافع. وقد تم تكريم العالم كوخ فى وطنه المانيا بإنشاء معهد للأمراض المعدية خصيصا له فى جامعة برلين وحصل على جائزة نوبل سنة 1905 ، أما فرنسا فكرمت عالمها باستير بإنشاء معهد باستير سنة 1888.

2 - فوائد وأضرار الميكروبات:

رغم ما للكائنات الدقيقة من فوائد عديدة للبشرية والحياء عامة فمثلا :-

- فمنها ما يثبت نتروجين الهواء الجوى للأزم للنبات (بكتيريا الريزوبيم – أزوتوباكتر
- ومنها ما يستخدم فى صناعة الخبز والمخبوزات المختلفة (الخمائر أساسا بالإضافة لبعض أنواع البكتريا المنتجة للغازات)
- ومنها ما يستخدم فى صناعات الأجبان ومنتجاتها (بكتريا الألبان والزيادى وفطريات أجبان الروكفور- الكامبورت -
- ومنها ما يستخدم فى إنتاج الأحماض العضوية (الخليك- الستريك- اللاكتيك
- ومنها ما يستخدم فى إنتاج المضادات الحيوية (البنسلين_ استريبتومايسين-.....)
- ومنها ما يستخدم فى إنتاج الفاكسينات واللقاحات (الجدري-شلل الأطفال-.....)
- ومنها ما يستخدم فى إنتاج الفيتامينات (فيتامين ب12
- ومنها ما يستخدم فى إنتاج الإنزيمات المختلفة (السليوليز- الأميليز – البكتينيز
- ومنها ما يستخدم فى إنتاج المخلاتات (زتون - خيار
- ومنها ما يستخدم فى إنتاج الأحماض الدهنية الضرورية غير المشبعة (لينوليك "أوميغا 3"- لينولينك "أوميغا 6"
- ومنها ما يستخدم فى إنتاج الكحوليات (الميثانول – الإيثانول- الأسيتون
- ومنها ما يستخدم فى إنتاج المشروبات الروحية (البيرة – الخمر المختلفة)
- ومنها ما يستخدم فى إنتاج الصموغ وعديدة السكريات التى تستخدم كمحسنات لقوام الأغذية
- ومنها ما يستخدم فى إنتاج الصبغات الطبيعية (الكاروتين- الميلانين - الليوتين-.....)

- ومنها ما يستخدم كغذاء للإنسان والحيوان (عيش الغراب)
- ومنها ما يستخدم لمقاومة الحشرات (*Bacillus throngenius*).
- ومنها ما يستخدم لمعالجة مياه الصرف الصحي
- ومنها ما يستخدم لنقل الجينات فى الهندسة الوراثية (الإشيريشيا كولاى)
- وغيرها من الصناعات الإقتصادية المختلفة.

هذا بالإضافة الى دورها الأساسى كحلقة من الحلقات الثلاث فى دورة الحياة والتي بدونها تنعدم الحياة على وجه الأرض وهى النبات والحيوان والكائنات الدقيقة . فالنبات يأخذ ثانى اوكسيد الكربون من الهواء الجوى والماء من التربة وبواسطة طاقة ضوء الشمس والمادة الخضراء فى أوراق النبات (الكلوروفيل) تحدث عملية التمثيل الضوئى (الكلوروفيل) وبها تتكون المادة العضوية الأولية (الأساسية) (ك CH_2O) ويخرج الأوكسجين الى الهواء الجوى. وبامتصاص النبات للعناصر الغذائية الذائبة فى ماء التربة واتحادهام مع المادة العضوية الأساسية تتكون جميع المواد العضوية الأخرى التى تحتاجها النباتات من كربوهيدرات ودهون وبروتينات وانزيمات وفيتامينات وغيرها (كل نبات حسب طبيعته الجينية). أما الحيوانات فهى لاتستطيع تكوين غذائها من المواد الأولية السابقة فهى تعتمد فى الحصول على المواد العضوية المختلفة إما على التغذية على النباتات مباشرة أو افتراس حيوانات أخرى تتغذى على النباتات.

وهنا يأتى دور الحلقة الثالثة فى دورة الحياه وهى الكائنات الدقيقة فنقوم بتحليل المواد العضوية السابقة من نباتات أو حيوانات سواء بعد موتها (ميكروبات محللة أو مفسدة) أو اثناء حياتها (ميكروبات مرضية) الى المواد الأولية السابقة حتى يستطيع النبات استخدامها مرة أخرى وبذلك تستمر دورة الحياه.

رغم كل ما سبق عن فوائد الميكروبات فان الصراع بينها وبين الإنسان بدأ منذ بدء الخليقة وسوف يستمر الى أن يرث الله عز وجل الأرض ومن عليها. ذلك لأن الميكروبات تهاجم الإنسان فى أهم عنصرين من عناصر حياته وهما غذاءه وصحته. فهى تفسد غذاءه بما تقوم به من تحليل الأغذية بإفراز انزيماتها المختلفة وافراز بعض سمومها والتالى عدم صلاحية هذه الأغذية لتناول الإنسان. بالإضافة الى مهاجمتها للإنسان نفسه وكذا حيواناته المستأنسة ومحاصيله التى يعتمد عليها فى حياته. والإنسان يبتكر كل فترة اساليب جديدة لمقاومة الميكروبات ، وهى أيضا تطور نفسها لمجابهة هذه الأساليب.

3 – الطرق التقليدية المتبعة لمقاومة الميكروبات

التحكم فى نمو الميكروبات سواء البكتيرية أو الفطرية ذو أهمية كبيرة سواء من الناحية الطبية أو الصناعية أو الزراعية أو من ناحية الميكروبات الملوثة لغذاء الإنسان أو الحيوان.

والتحكم أما أن يكون بالقتل **Killing** أو التثبيط **Inhibiting** . و في حالة قتل كل الميكروبات في بيئة معينة تصبح البيئة معقمة **Sterile** وفيها تظل البيئة في حالة تعقيم إلى الأبد مادام لم يحدث لها أي تلوث آخر أي تكون محفوظة في عبوات لا تسمح بالتلوث الميكروبي مرة أخرى، أما في حالة التثبيط فأن الميكروبات الملوثة للبيئة تكون غير قادرة على النمو أو الإنقسام ونشاطها الحيوى متوقف تقريبا ولكنها قد تعودالى النشاط البيولوجى مرة اخرى مرة أخرى إذا توافرت لها ظروف مناسبة للنمو والتكاثر أو أزيلت اسباب التثبيط.

الطرق المستخدمة في التحكم في الخلايا الميكروبية.

3 . 1 - الحرارة Heat

من أهم الطرق المستخدمة في التحكم في نمو وتكاثر الميكروبات وتستخدم على نطاق واسع في العالم سواء التعقيم الكامل لجميع الميكروبات أو التحكم في نمو ميكروبات دون غيرها حيث تختلف الميكروبات اختلافا كبيرا في الدرجة المناسبة لنموها وتكاثرها فغالبا ينمو في درجات حرارة تتراوح بين 20-30° م (Psychrophilic) ولكن بعضها لا ينمو إلا في درجات الحرارة التي تقل عن 10° م (Mesophilic) وبعضها ينمو في درجات حرارة 37° م ومن بينها أغلب الميكروبات المرضية (Pathogenic) التي تصيب الإنسان أو الحيوان وبعضها ينمو في درجات حرارة تزيد عن 45° م (Thermophilic) وبعضها قادر على تحمل درجة غليان الماء (100° م).

ومن أمثلة طرق التحكم في الميكروبات بالحرارة:-

3 . 1 . 1 - التعقيم بالحرارة الجافة Dry Heat

وفيها تستخدم الحرارة المرتفعة جدا للتعقيم حيث يتم حرق الميكروبات بالحرارة مثل الأبر المعدنية والمواد المعدنية والأدوات الطبية المعدنية التي تتحمل مثل هذه الحرارة.

3 . 1 . 2 - التعقيم بالحرارة الرطبة Wet Heat

وفيها يستخدم البخار تحت ضغط لتعقيم المواد التي تتحمل الحرارة مثل الشاش والقطن والقماش وغيرها وكذلك تعقيم الأغذية المعلبة.

3 . 1 . 3 - البسترة Pasteurization:

وفيها تستخدم درجة حرارة مرتفعة نوعا (حوالي 70° م) لمدة قد تصل إلى 30 دقيقة ثم التبريد السريع وتستخدم لخفض عدد الميكروبات في اللبن أساسا والمشروبات المختلفة وهذه الحرارة كافية لتقتل أغلب الميكروبات المرضية التي لا تكون جراثيم حيث أنها حساسة للحرارة المرتفعة كما لا تستطيع النمو في درجات الحرارة المنخفضة.

3 . 1 . 4 - البسترة السريعة Fast Pasteurization:

وفيها تستخدم درجات حرارة مرتفعة تزيد عن 100° م لفترات قليلة جدا (15 ثانية) ثم التبريد السريع لحفظ النكهة وسرعة البسترة. في حالة الألبان والعصائر المعبئة تصل الحرارة أحيانا إلى 160° م لمدة ثانيتين فقط.

3. 1. 5 - التبريد:

وفيها يتم حفظ الأغذية وغيرها لفترات قصيرة حيث أن أغلب البكتيريا والفطريات يقل نموها أو يقف عند درجات الحرارة المنخفضة إلا أن هناك بعض الميكروبات لا تنشط إلا في الحرارة المنخفضة (Psychrophilic).

3. 1. 6 - التجميد:

عادة تستخدم درجة (-20 °م) للحفظ لفترات طويلة قد تصل لشهور ولكن حتى تحت هذه الدرجة نرى أحيانا بعض النمو الميكروبي في الجيوب السائلة الموجودة بين الخلايا لوجود المواد الغروية التي تمنع التجميد لذا أحيانا يستخدم الثلج المجفف (CO_2) حيث الحرارة (-70 °م) أو النتروجين السائل (-195 °م) ويجب معرفة أن كثير من الميكروبات تتحمل التجميد وتظل في البيئة المجمدة بدون نشاط. ومن مشاكل التجميد بقاء بعض الميكروبات المرضية حية، وعند التسييح (Thawing) تنشط وتتمو.

3. 2 - الضغط الأسموزي Osmotic Pressure

أغلب الميكروبات سواء بكتيرية أو فطرية تعتمد في حياتها على وجود ضغط أسموزي مرتفع داخل الخلية لإمكانية دخول الماء والمواد اللازمة لحياتها فإذا حدث العكس وزاد الضغط الأسموزي الخارجي عن داخل الخلية يتوقف النمو لحد كبير، وتختلف الميكروبات اختلافات كبيرة في هذا الشأن فالميكروبات البحرية ينشط نموها عند 2% من الأملاح في حين يتوقف معظم الميكروبات عن النمو عند هذه النسبة من الأملاح. والميكروبات المحبة للملوحة تسمى (Halophilic) وقد يصل تحملها للأملاح من 10 إلى 15% ، أما الميكروبات التي تتحمل نسبة عالية من السكريات فتسمى (Osmophilic). وهناك قليل جدا من الفطريات التي تتحمل نشاط مائي (a_w) أقل من 0.75 وتسمى (Zerophilic) ، علما بأن معظم الميكروبات تنمو في بيئات يكون نشاطها المائي بين (0.980 – 0.995). علما بأن النشاط المائي للماء المقطر هو واحد صحيح

3. 3 - غياب الأوكسجين الحر Absence of Free Oxygen:

بعض الميكروبات هوائية (Aerobic) لا تنمو إلا في وجود الأوكسجين وبعضها لا هوائية (Anaerobic) لا تنمو في وجود الأوكسجين ويوجد بعض الميكروبات اختيارية (Facultative) تستطيع النمو في أي من الحالتين ويمكن استخدام هذا العامل في التحكم في نمو وتكاثر الميكروبات وذلك بملاء العبوات الغذائية أو الطبية بغاز النتروجين أو ثاني أكسيد الكربون لمنع الميكروبات الهوائية من النمو.

3.4 - درجة الحموضة أو الرقم الأيدروجيني pH:

أغلب الميكروبات تنمو جيداً عند درجة التعادل (pH=7) إلا أنه يوجد بعض الميكروبات تنمو جيداً في الوسط الحامضي وبعضها يفضل الوسط القاعدي للنمو ويمكن استخدام هذا العامل في نمو أنواع معينة من الميكروبات مثل ما يحدث في حالة تخليل الأغذية (Pickled Vegetables). ومن الميكروبات الشاذة في تحملها للحموضة العالية أو القلوية العالية نجد أن بكتريا الخل (Acetobacter) وبكتريا الكبريت (Thiobacillus) تستطيعان النمو عند (pH=1-2) في حين أن بكتريا الريزوبيوم (Rhizobium) وفطريات البنسليوم (Pencillium) تستطيع تنمو عند (pH=10-11).

3.5 - التجفيف Drying:

الماء ضروري للحياة وبدون وجود الماء يتوقف النمو تماماً ويمكن استخدام التجفيف كعامل للتحكم في نمو الميكروبات مثلما يحدث عند تجفيف (للألبان - اللحم - الأسماك - الخضر والفاكهة - البيض) إلا أن هناك نقطتان يجب أخذهما في الاعتبار عند استخدام هذا العامل للتحكم في نمو الميكروبات:

كثير من الميكروبات تحتفظ بحيوتها بعد التجفيف ولكن يقف نشاطها الحيوي فقط.

بعض الميكروبات خصوصاً الفطريات تتمكن من استخدام بخار الماء الموجود في الجو الرطب وتنمو وتنشط مثلما يحدث في حالة الخبز الجاف، الملابس، الجلد، وحتى العدسات والاجهزة البصرية.

3.6 - المواد الحافظة Food Preservations:

هي مواد قد تكون طبيعية أو كيميائية تضاف الى الأغذية بهدف تثبيط أو قتل الميكروبات الملوثة لها. ومن أمثلتها الأحماض العضوية وأملاحها - النيتريت والنترات - ثاني أكسيد الكبريت والسلفيت - غازى أكسيد الإيثيلين والبروبيلين - السكر والملح - كحول الإيثانول - الفورمالدهيد - التدخين ببعض أنواع الأخشاب - التوابل والبهارات وغيرها.

4 - الإشعاع والغذاء

يعتبر استخدام المعاملات الإشعاعية من الأسلحة التي رفعها الإنسان في السنوات الأخيرة في صراعه ضد الميكروبات وسنتكلم عنه بشيء من التفصيل:-

1.4- التعقيم بالإشعاع Radappertization

وهي جرعة التعقيم للمواد المختلفة وهي تماثل الجرعة الحرارية المستخدمة في التعقيم الحراري وهي تؤدي إلى قتل جميع الخلايا الميكروبية تقريبا وبالتالي تؤدي لإيقاف النشاط الإنزيمي الميكروبي بدون الحاجة لاستخدام أي وسيلة حفظ أخرى بعد إجراء عملية التشعيع بخلاف حفظها من أي تلوث جديد.

والجرعة المطلوبة لإجراء عملية التعقيم بالإشعاع تتحدد على أساس الميكروب الأكثر مقاومة للإشعاع وبالنسبة للأغذية غير الحامضية ذات المحتوى المنخفض من الأملاح تعتبر جراثيم *Clostridium botulinum Type A* هي الأكثر احتمالا للإشعاع ($D_{10}=3.75kGy$) وإذا اعتبرنا أن الجرعة المطلوبة لأحداث التعقيم أو Radappertization هي الجرعة الإشعاعية التي تؤدي لخفض أعداد جراثيم هذا الميكروب بمقدار 12 دوره لوغاريتمية وهي المستخدمة بالنسبة للتعقيم الحراري فإنه يتطلب استخدام جرعة مقدارها 45 كيلو جراي ولكن مقاومة جراثيم الكوليستريوم للإشعاع تعتمد كثيرا على نوع الغذاء الملوث بجراثيم الميكروب ويجب هنا أن نذكر أن الجرعة الإشعاعية المستخدمة لتعقيم المنتجات الطبية هي عادة 25 كيلو جراي فقط وهي تكفي عمليا للقضاء على جميع الميكروبات.

2.4- تحسين الخواص الصحية للغذاء بالإشعاع Sanitization or Radicidation

وهي الجرعة اللازمة للتخلص من الميكروبات المرضية غير المكونة للجراثيم (وذلك بخلاف الفيروسات) وبالتالي تؤدي هذه الجرعة إلى تحسين الخواص الصحية للغذاء وللتخلص من مثل هذه الميكروبات المرضية فإن الجرعة الإشعاعية المستعملة تختلف من 1.5 الى 7.5 كيلو جراي وذلك حسب نوع الميكروب ونوع الغذاء.

3.4- بسترة الغذاء بالإشعاع Radiation pasteurization or Radurization

وهي الجرعة التي تؤدي لخفض أعداد الميكروبات المسببة لفساد الأغذية وبالتالي زيادة الفترة التسويقية لها بشرط حفظها في ظروف التبريد للحد من تكاثر الميكروبات مرة أخرى.

والجرعة المستخدمة في ذلك تختلف حسب إعداد الميكروبات الموجودة وأنواعها ونوع الغذاء.

فمثلا يمكن مضاعفة فترة الحفظ للخضروات إذا عرضت للإشعاع بجرعة مقدارها 1 كيلو جراي ثم حفظت على درجة 10-12° م.

كذلك يمكن زيادة فترة حفظ الفراولة بتعريضها لجرعة (1.5- 2.5 كيلو جراي) حيث تؤدي لتقليل أعداد بكتريا *Mucor* , *Rhizopus* , *Botrytis* وهي الأنواع الرئيسية المسببة لفساد الفراولة.

4.4- المعاملات المشتركة للإشعاع والحرارة:

وجد أن المعاملات المشتركة للإشعاع والحرارة ذات أثر تعاوني فعال للتخلص من الميكروبات في كثير من الحالات فمثلا التشعيع يؤدي لجعل الجراثيم البكتيرية أكثر حساسية للحرارة وبالتالي يؤدي لتقليل درجة الحرارة اللازمة لتعقيم المنتجات خصوصا في حالة اللحم المعلبة.

كما وجد أن الخلايا الخضرية للبكتريا وجراثيم الفطريات تحتاج إلى جرعات أقل من الإشعاع للتخلص منها إذا عرضت لدرجات حرارية منخفضة نسبيا فعفن الفواكه يمكن التحكم فيه لحد كبير إذا عرضت الفواكه لدرجة حرارة متوسطة (ماء ساخن) قبل التشعيع.

4.5- السموم الفطرية والسموم البكتيرية:

يجب أن يوضع موضوع السموم الفطرية مثل الأفلاتوكسينات والسموم البكتيرية مثل الانتيروتوكسينات في الاعتبار عند تشعيع الأغذية حيث أن تكسير هذه السموم يحتاج إلى جرعة إشعاعية كبيرة جدا غالبا ما تؤدي إلى تغيرات حسية غير مرغوبة في الغذاء (مثل اللون والطعم والرائحة والقوام) لذا يجب أن يكون الغذاء المراد تشعيه طازجا للتأكد من أن هذه الميكروبات لم تفرز به سموما سواء الفطرية أو البكتيرية قبل التشعيع.

4.6- وحدات قياس الجرعات الممتصة:

يوجد عديد من الوحدات المختلفة المستخدمة لقياس الأشعة مثل وحدة قوة المصدر الإشعاعي ووجدة الأثر البيولوجي للإشعاع وغيرها وبالنسبة للأغذية يهمننا وحدات قياس الجرعات الممتصة فليس كل كمية الإشعاع الصادر من المصدر الإشعاعي يمتص داخل الخلية أو الجسم المعرض للإشعاع حيث يختلف حسب المسافة وكثافة الجسم وغيرها لذا هناك وحدات خاصة بالجرعات الممتصة أهمها الراد والجراي. الراد وهو الوحدة القديمة وهو عبارة عن الجرعة التي تسبب امتصاص كمية من الطاقة مقدارها 100 ارج/ جم من المادة (الأرج هي وحدة الطاقة المبذولة) والجراي = 100 راد. والكيلوجراي = 1000 جراي.

4.7- مميزات المعالجة الإشعاعية للأغذية

- لها القدرة على تقليل الحمل الميكروبي مما يؤدي لإطالة فترة حفظ الغذاء.
- لها القدرة على التخلص من الميكروبات المرضية في الأغذية مثل السالمونيلا والليستيريا والكامبيلوباكتري مما يجعل الغذاء آمنا عند تناوله.
- لها القدرة على قتل الحشرات والطفيليات في الأغذية مثل الحبوب والأعشاب والتوابل بدون حدوث تغيير ملحوظ.

- إجراء عملية التشعيع بعد عملية التعبئة والتغليف مما يضمن عدم تلوثها ثانية كما يحدث فى عمليات الحفظ الأخرى.
- لها القدرة على منع التزريع فى الأغذية الدرنية مثل البطاطس والبصل والثوم مما يؤدي الى حفظها وعدم تعفنها.
- لها القدرة على تأخير النضج فى بعض أنواع الفاكهة مما يؤدي لزيادة الفترة التسويقية لها
- لها القدرة على تعقيم الغذاء تعقيما كاملا وبالتالي يمكن استخدامها فى تغذية المرضى ذو الحالات الحرجة مثل زرع الأعضاء وزرع النخاع وكذلك فى رحلات الفضاء.

8.4- محدودية المعالجة الإشعاعية للأغذية

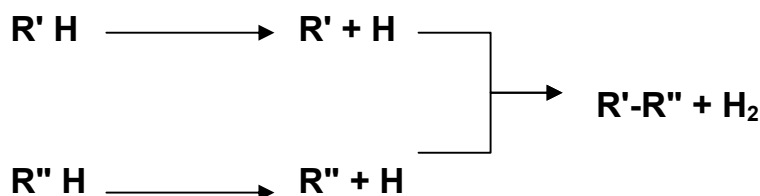
- لا يمكن تطبيق هذه التكنولوجيا على جميع أنواع الأغذية – مثل الألبان والأغذية المرتفعة فى أحتوائها على الدهون.
- ما زالت طريقة مكلفة وتضيف عبئا ماليا على كاهل المستهلك.
- تؤثر على بعض مكونات الغذاء مثل فيتامين C وفيتامين E علما بأن تسخين الغذاء يؤدي لفقد نسبة أكبر من هذين الفيتامينين.
- التشعيع بالجرعة المصرح بها حتى الآن (10 كيلو جراى) لا تقتل جميع أنواع الميكروبات رغم قدرتها على الأقل للتخلص من نسبة لا تقل عن 90% من اعداد الميكروبات الملوثة للغذاء. إلا أن العدد الباقى سيكون له القدرة على التكاثر مرة أخرى وإفساد الغذاء بعد فترة إذا لم تتخذ معاملات أخرى مشتركة مع الإشعاع للمحافظة عليه.
- التشعيع بالجرعة المصرح بها لا تؤثر على الفيروسات.

5 - نظريات تأثير الإشعاع على الخلايا الميكروبية:

(1) نظرية التأثير المباشر:

الإشعاع طاقة وبالتالي عندما يتخلل الخلية فإنه يفكك روابط كيميائية ويكون روابط كيميائية جديدة مثلاً:

أ - تكوين سلسلة اطول :



ب- تكوين سلسلة أقصر:



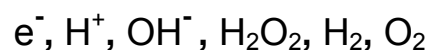
ج- تكسير سلسلة زوجية:



الروابط التي يكسرها الإشعاع قد تكون مواد سكرية - دهنية - بروتينات - أحماض نووية أو غيرها.

(2) نظرية التأثير غير المباشر:

الماء يؤدي إلى زيادة تأثير الخلايا بالإشعاع مع تساوي الجرعة الإشعاعية ومن هنا نتجت نظرية التأثير غير المباشر فالماء يتأثر بالإشعاع مكوناً المنتجات الآتية:



هذه المواد بعضها شديد القدرة على الاختزال وبعضها شديد القدرة على الأكسدة وهذه قد تتفاعل مع جزيئات الخلية وتؤدي للأضرار بها. وقد تكون الأضرار الناتجة بسبب إحدى الطريقتين أو بالتداخل بينهما.

(3) نظرية الهدف:

عادة كما قلنا سابقاً أن الروابط الكيميائية التي تتفكك نتيجة الإشعاع قد تكون سكريات أو دهون أو بروتينات أو أحماض أمينية وبالتالي فلو أي خليتين تعرضتا لنفس الجرعة الإشعاعية تحت نفس الظروف نجد أن أحدهما قد تأثرت بالإشعاع والأخرى لم تتأثر نتيجة أن الأشعاع في الأولى قد أصاب هدف هام في الخلية مثل الكروموسومات والآخر أصاب هدف غير هام ومن هنا تبين هذه النظرية أن الأهم هو نوع الهدف الذي تأثر بالإشعاع.

6 - تقدير قيمة D_{10} Value

أ- لو رجعنا للخلايا الميكروبية وقلنا أنه يوجد في كل خلية هدف معين لو أصيب هذا الهدف ماتت الخلية نفهم لماذا لو عرضنا عدد معين من الخلايا لجرعة اشعاعية معينة جزء من هذه الخلايا يموت لإصابة الهدف بها أما الجزء الآخر فيظل حيا لعدم أصابة الإشعاع لهذا الهدف داخل الخلية.

ب- لو رسمنا رسما بيانيا (شكل 1) يبين العلاقة بين لوغاريتم عدد الخلايا الحية والجرعة الاشعاعية نجدها تأخذ شكل خط مستقيم. وتسمى الجرعة التي تقتل 90% من الخلايا الابتدائية **D_{10} Value** اي الجرعة التي تسبب نقص دورة لوغاريتمية واحدة.

ج - هنا يظهر سؤال لماذا لو استخدمت ضعف جرعة الإشعاع لا يموت إلا 90% من الخلايا الباقية أي 99% من الخلايا الابتدائية فقط وهكذا لو استخدمت ثلاث أضعافها لا يموت إلا 90% من الباقي أو 99.9% من العدد الأول. الحقيقة أن الأشعاع يخرج من المصدر المشع على هيئة فوتونات أو نبضات أو بتعبير أسهل طلقات رصاص من مدفع رشاش وبالتالي نجد في أغلب الاحيان ان الجرعة الجديدة ستصيب في أغلب الأحيان أهداف أصيبت من قبل.

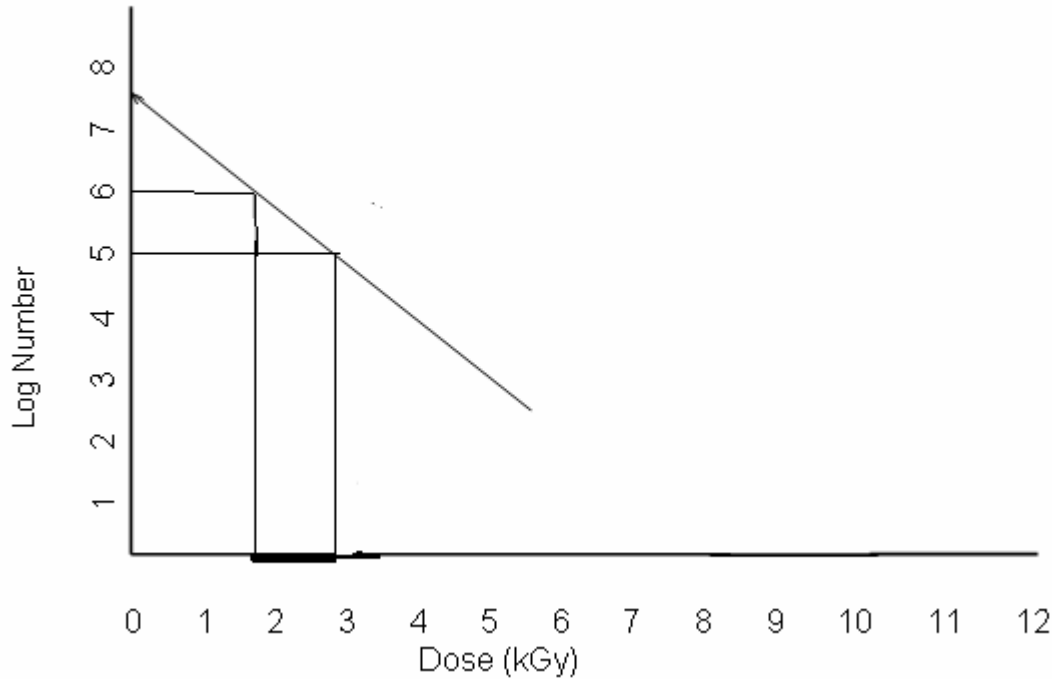
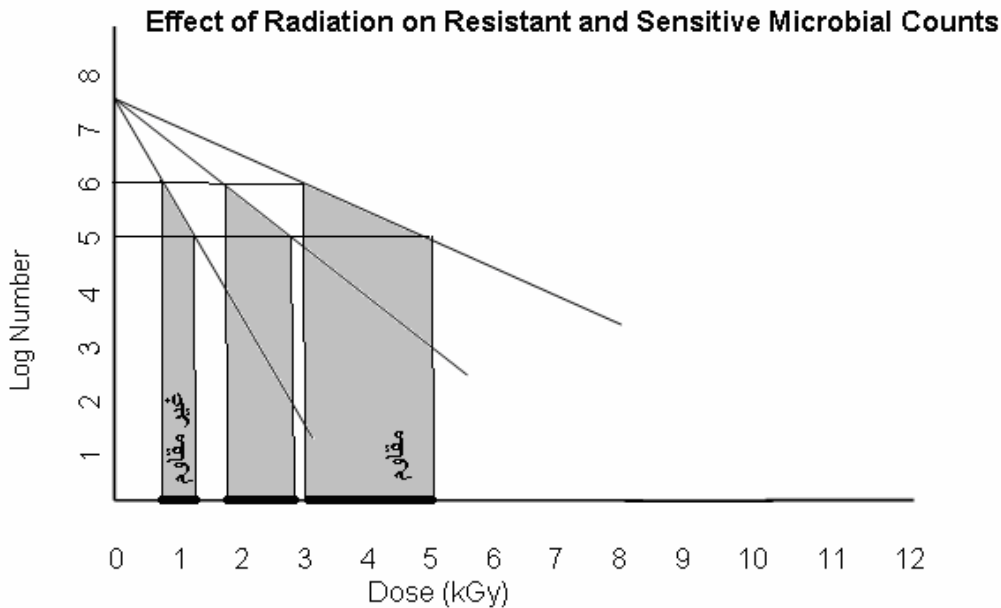


Figure (1) Effect of gamma radiation on microorganisms and determination of D_{10} value

د - نتبين من الرسم البياني (شكل 2) أن هناك ميكروبات ذات مقاومة عالية للإشعاع وبالتالي **D₁₀ Value** كبير وميكروبات حساسة للإشعاع ذات **D₁₀ Value** منخفض حيث تختلف هذه القيمة من ميكروب لآخر ومن سلالة لنفس الجنس لأخرى كما تختلف باختلاف الظروف البيئية. وبمعرفة قيمة **D₁₀ Value** نستطيع أن نحدد الجرعة اللازمة للقضاء على الميكروبات الموجودة لو عرف العدد الابتدائي.

Figure (2)

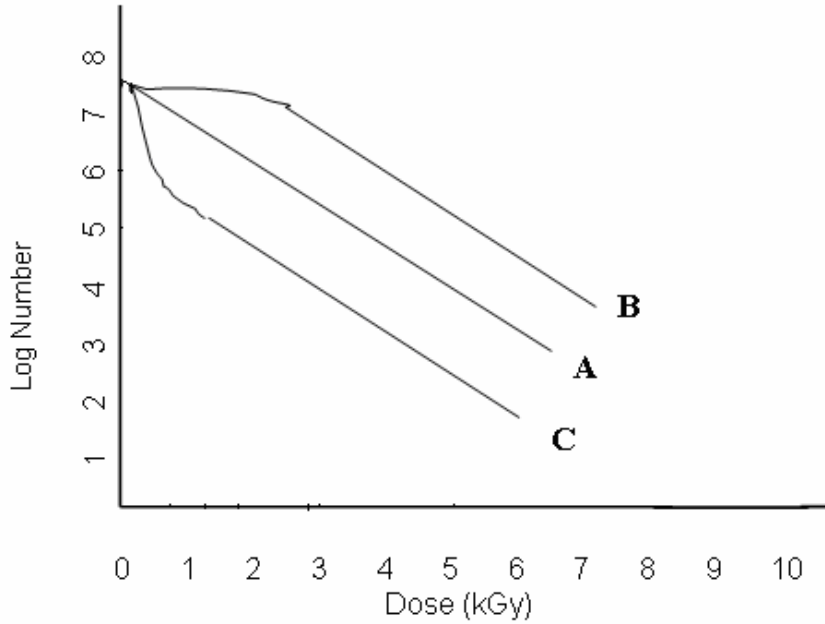


هـ - أحيانا نجد المنحنى لا يأخذ الشكل المستقيم بل يأخذ أحد الشكلين المبينين في (شكل 3)

وهذين الشكلين سببا مشكلة في التفسير لبعض الوقت حتى عرف السبب فبالنسبة للشكل **B** وجد أن للخلية في هذه الحالة أكثر من هدف قاتل بمعنى أنه لو أصيب احد الأهداف فلا تموت الخلية الا لو أصيبت جميع الأهداف الأخرى وبالتالي لا يبدأ ظهور أثر الإشعاع على الخلايا إلا بعد جرعة ابتدائية معينة وعادة الميكروبات المقاومة للإشعاع تكون من هذا النوع.

النوع الثالث **C** عادة ما تكون الخلايا المعرضة للإشعاع مكونة من أكثر من سلالة بعضها حساس وبعضها أكثر مقاومة فتموت بسرعة الخلايا الحساسة بالجرعات القليلة وتبقى الخلايا الأكثر مقاومة للإشعاع، أو أن يكون الميكروب المعرض للإشعاع من الميكروبات المكونة للجراثيم وهذه الجراثيم تكون عادة أكثر احتمالا للإشعاع من الخلايا الخضرية لنفس الميكروب، كما أن هناك سلالات ميكروبية يحدث لها طفرات تلقائية - وبعض هذه الطفرات تكون إما أكثر مقاومة أو أقل مقاومة للإشعاع، أيضا في الفطريات تتواجد أحيانا خلايا وحيدة النواه (**Haploid**) مع خلايا ثنائية النويات (**Diploid**) والأخيرة تكون بطبيعة الحال أكثر مقاومة للإشعاع من الأولى رغم انتماؤهم لنفس السلالة .

(Figure 3) Characteristic Dose Response Curves for Loss of Proliferate Capacity



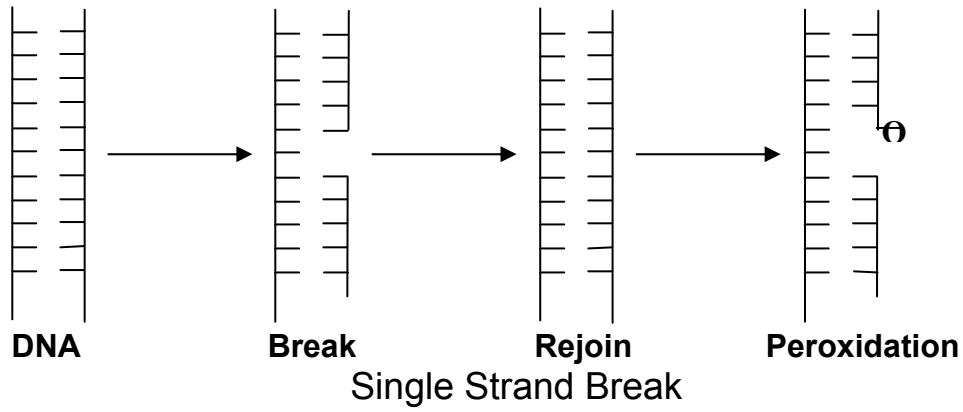
و – عادة يكون الهدف في الخلايا الميكروبية أو غيرها هو **DNA** فإصابة **DNA** يؤدي لموت الخلية والضرر الناتج في الخلايا الميكروبية يكون هو كسر في إحدى أو كلا من **Cromosome Strand** في سلسلتى **DNA**. ويرجع التباين بين حساسية الميكروبات لمقاومة الإشعاع هو قدرتها على إصلاح الأضرار التي تحدث في **DNA** وبعضها قادر بسرعة على الإصلاح وبعضها غير قادر، أيضا كثير من الميكروبات تستطيع إصلاح الأضرار التي تحدث في إحدى فرديتي سلسلة الكروموسوم ولكن الأغلبية لا يستطيع إصلاح الأضرار التي تحدث في كلا الفرديتين (Strands).

7 - تأثيرات الإشعاع على الخلايا :

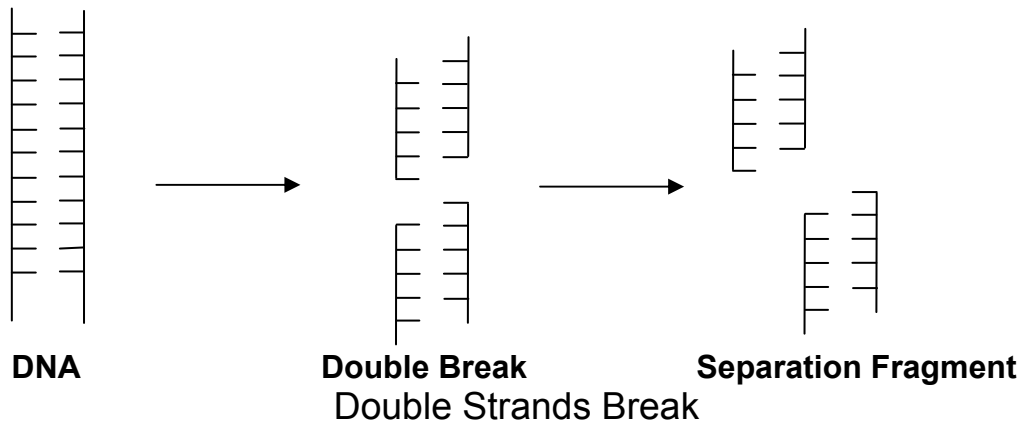
نتيجة تعريض الخلايا للإشعاع تحدث إحدى الاعراض الآتية أو أكثر وهي:-

- فقد في مجموعة الأمين في إحدى القواعد Deamination اما Purine او Pyrimidime
- استبدال قاعدة مكان قاعدة أو فقد في قاعدة كاملة Loss Of Base
- كسرفى إحدى الروابط الهيدروجينية Hydrogen Bond Breakage بين السلاسل .
- كسراحادى فى أحدي السلاسل Single strand Break (شكل 4)
- كسر زوجي في إحدى السلاسل Double Strand Break (شكل 5)
- Crosslinking (شكل 6)

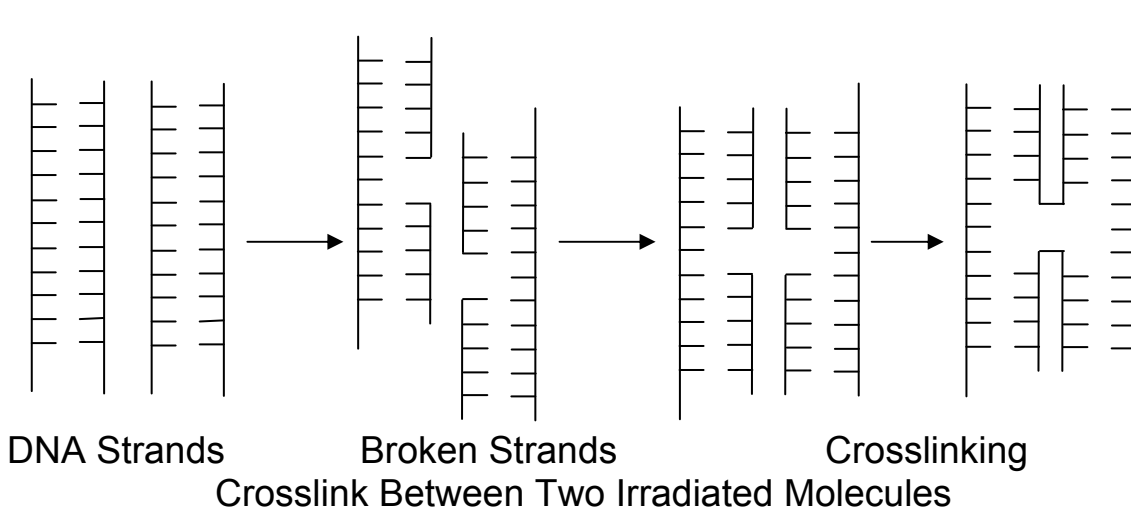
(Figure 4)



(Figure 5)



(Figure 6)



8 - نواتج تعرض الخلايا الميكروبية للإشعاع:

- عودة الخلية لحالتها الطبيعية نتيجة قدرتها على اصلاح الاضرار التي لحقت **DNA**.
- حدوث طفرة **Mutation** نتيجة حدوث تغيرات في بعض قواعد الكروموسومات.
- تكسير في الكروموسومات **Fragment**.
- حدوث تشوهات في الكروموسومات نتيجة الالتصاق **Adhering** او **Crosslinking**
- يلتصق كروموسومان طرفيا بحيث يكونان كروموسوما واحدا **Fusion**
- تنفصل قطعة كروموسوم بما تحمل من عوامل وراثية وتلتصق بكروموسوم آخر تسمى **Translocation**

9 - الخلايا المصابة **Injured Cells**

عند تعريض بعض الخلايا الميكروبية لجرعة إشعاعية معينة نجد أنها تؤدي إلى:

- موت بعض الخلايا.
 - بقاء بعض الخلايا حية (لا يظهر عليها أي تأثير نتيجة المعاملة الإشعاعية).
 - تأذية لبعض الخلايا **Injured cell**
- وهذه المجموعة الاخيرة من الخلايا التي حدث لها أضرار نتيجة الإشعاع ذات أهمية خاصة خصوصا إذا كانت من النوع المرضي حيث أنها لا تتكاثر في الغذاء في الظروف التي تتكاثر فيها الخلايا العادية والتي يظن أنها قد قتلت ولكن إذا توفرت ظروف معينة فإنها تتغلب على الأضرار التي سببها لها الإشعاع وتبدأ في التكاثر من جديد حيث أن الخلايا المؤداة بالإشعاع تتطلب:

- تغيير في الاحتياجات الغذائية.
 - درجات حرارة معينة.
 - درجات حموضة معينة.
 - درجات نشاط مائي معين.
- كما أن حساسيتها لبعض العوامل والكيماويات المستخدمة لحفظ الغذاء تتزايد مثل (ص كل، ص ن 2).

10 - العوامل المؤثرة على حساسية الميكروبات للمعاملات الإشعاعية:

• الأكسجين:

وجود الأكسجين خلال المعاملة الإشعاعية يزيد من فاعليه الإشعاع ضد الخلايا الميكروبية.

• نوع البيئة:

لنوع الغذاء أو البيئة أثر واضح على حساسية الميكروبات للمعاملة الإشعاعية وذلك يرجع لوجود بعض المركبات الواقية من الإشعاع مثل Sulphydryl group الموجود بحمض Cysteine وبالعكس تؤدي بعض المواد إلى زيادة حساسية الميكروبات للإشعاع مثل مجاميع Carbonyl groups.

• درجة الحرارة:

لوحظ أن زيادة درجة الحرارة أثناء المعاملة الإشعاعية تؤدي إلى زيادة حساسية الميكروبات للإشعاع. والعكس فإن تشعب الغذاء في الحالة المجمدة يزيد مقاومة الميكروبات للإشعاع.

• المحتوى المائي:

وجد أن حساسية الميكروبات للإشعاع تقل بانخفاض النشاط المائي وبالتالي نجد أن مقاومة الميكروبات للإشعاع تزيد في الغذاء الجاف (لغياب التأثير غير المباشر للإشعاع) عنه في الغذاء الذي يحتوي على نسبة عالية من الماء الحر.

• نوع الميكروبات:

تختلف الميكروبات اختلافا كبيرا في درجة حساسيتها أو مقاومتها للإشعاع ويعتبر ميكروب *Micrococcus radiodurance* أكثر الميكروبات مقاومة للإشعاع وعموما نجد أن الجراثيم البكتيرية هي الأكثر مقاومة للإشعاع والبكتريا العصوية السالبة لصبغة الجرام أكثرها حساسية.