الفصل الثامن

حفظ الاغذية بالاشعاع

استخدام الاشعاع فى حفظ الاغذية يعتبر من أحدث الطرق فى هذا المجال رغم أن تأثير الاشعاع على الاحياء الدقيقة معروف من سنين طويلة . وتعتبر الاشعة المتاينة Ionizing radiation أكثر الانواع تطبيقا فى مجال حفظ الاغذية وتنقسم بدورها الى نوعين أساسيين :

١ - الاشعة الالكترونية ذات الطاقة العالية :

The high - energy electron beam

وهى عبارة عن موجات من الالكترونات تنتج بواسطة أجهزة خاصة تقوم بتحطيم الذرة مثل الـ Cyclotrone أو الـ Linear accelerator وكما هو معروف فان هذه الالكترونات تحمل شحنة سالبة وتقوم هذه الأجهزة بزيادة سرعتها الى أقصى درجة وبالتالى تزداد طاقتها . ومن امثلتها اشعة بيتا وأشعة الكاثود .

٢ - الاشعة الكهرومغناطيسية : Electromagnetic radiation

وتنتج هذه الاشعة من خلال انحلال النظائر المشعة مثل الكوبالت - ٦٠ الذى يمكن الحصول عليه عن طريق تشعيع معدن الكوبالت فى المفاعلات النووية وكذلك السيزيوم - ١٣٧ الذى يعتبر أحد نواتج انشطار عناصر الوقود المستخدم فى المفاعلات النووية . ومن امثلة هذه الاشعة الكهرومغناطيسية أشعة اكس وأشعة جاما .

وكلا النوعين السابقين من الاشعة له تأثير قاتل للاحياء الدقيقة ولكن استخدام الاشعة الالكترونية فى مجال حفظ الاغذية محدود ويرجع هذا الى ضعف قدرتها على اختراق وتخلل المادة الغذائية فمثلا الالكترونات التى يصل محتواها من الطاقة الى ٣ مليون الكترون فولت تتخلل فقط مسافة نصف بوصة من المادة الغذائية بينما تستطيع الاشعة الكهرومغناطيسية مثل

اشعة جاما ان تتخلل المادة الغذائية لمسافة اكبر كثيرا بالاضافة الى ذلك فان اجهزة انتاج الاشعة الالكترونية مكلفة جدا فى حين ان النظائر المشعة التى تنتج الاشعة الكهرومغناطيسية يسهل الحصول عليها وبتكلفة أقل خاصة أن بعضها يعتبر من النواتج الثانوية للمحطات النووية مثل السيزيوم ويعتبر الراد Rad هو وحدة قياس الاشعاع ومضاعفاته هى الكيلو راد Kilorad (k rad) والميجاراد Megarad (M rad) .

هذا وتنقسم المعاملات الاشعاعية المستخدمة فى مجال حفظ الأغذية الى ثلاث انواع رئيسية حسب جرعة الاشعاع المستخدمة وهذه الانواع هى :

١ – Radappertization

فى هذه المعاملة تستخدم جرعات من الاشعاع تكفى للقضاء على كل أنواع الاحياء الدقيقة الموجودة فى الغذاء وينتج عنها درجة من التعقيم للمادة الغذائية تعادل ما ينتج عن المعاملة الحرارية المستخدمة فى حفظ الاغذية بالتعليب حيث يتم اختزال اعداد جراثيم بكتريا Clostridium botulinum بمقدار $١٠^{-١٢}$ وهذا يعنى أن كل عشرة الاف بليون جرثومة لا يتبقى منها سوى جرثومة واحدة نتيجة لهذه المعاملة . ولعل هذا هو السبب فى ان الاصطلاح الذى يعبر عن هذه المعاملة يتضمن اسم العالم الفرنسى Appert الذى اكتشف عملية التعقيم الحرارى للاغذية . وتصل جرعة الاشعاع المستخدمة الى ٤٫٨ ميجا راد والطاقة اللازمة لتعقيم الاغذية بالاشعاع تعادل $\frac{١}{٣}$ من الطاقة اللازمة للتعقيم باستخدام الحرارة وهذا يعنى انه يمكن تعقيم الاغذية بهذه الطريقة دون ان ترتفع درجة حرارتها اكثر من ٥°ف وهذا ما يسمى بالتعقيم على البارد Cold sterilization

٢ – Radurization

ويطلق هذا الاصطلاح على المعاملة الاشعاعية التى تختزل عدد الاحياء الدقيقة الموجودة فى الغذاء الى الحد الذى يؤدى الى زيادة فترة الصلاحية وهذه المعاملة تقارب فى تأثيرها عملية البسترة والجرعة المستخدمة تصل الى عدة مئات من الكيلو راد ويتطلب الامر تخزين الغذاء المعامل على درجات حرارة منخفضة بحيث يمكن التحكم فى نمو الاحياء الدقيقة التى قد تقاوم تأثير الجرعات المستخدمة خاصة ان بعض سلالات بكتريا التسمم البوتيولينى تستطيع ان تنمو على درجات حرارة ٤٠°ف وربما أقل . ويجب ملاحظة أن وقف أو تأخير الفساد الميكروبى ليس العامل الوحيد الذى يؤثر على فترة الصلاحية للغذاء وانما هناك ايضا التغيرات الانزيمية والتفاعلات الكيميائية خاصة وأن الاشعاع قد يؤدى الى زيادة معدل حدوث بعض

التفاعلات مثل التزنخ الاوكسيدى ولهذا نجد أن فترة صلاحية الغذاء المتوقعة حسب المؤشرات الميكروبيولوجية تقل عند اخذ العوامل الاخرى فى الاعتبار .

٣ – Radicidation

وفى هذه الحالة تستخدم المعاملة الاشعاعية بهدف القضاء على ميكروب مرضى معين مثل السالمونيلا كما يحدث مثلا عند تشعيع الاغذية المجمدة أو المجففة وهنا لا يكون الهدف من استخدام الاشعاع حفظ الاغذية أو اطالة فترة التخزين وانما القضاء على الميكروبات المرضية .

وقبل أن نستطرد فى الحديث عن تطبيقات الاشعاع فى مجال حفظ الاغذية لا بد ان نفرق بين التلوث الاشعاعى للاغذية وبين معاملة الغذاء بالاشعاع لغرض الحفظ .

التلوث الاشعاعى للاغذية يعنى تلوث الغذاء ببعض جزيئات المواد ذات النشاط الاشعاعى Radioisotopes ولتوضيح هذا الامر نستعرض ما يجرى عند حدوث انفجار نووى كما حدث فى الاتحاد السوفيتى فى مفاعل تشيرنوبيل من سنوات قريبة . عند حدوث مثل هذه الانفجارات فان ذرات المعادن الثقيله مثل اليورانيوم تنقسم الى جزيئات صغيرة تسمى نواتج الانشطار وهذه النواتج تعتبر نظائر غير ثابته للمعادن الموجودة فى الطبيعة وخلال فترة من الزمن تتحول الى نظائر ثابتة وهذا التحول يكون مصحوبا بانبعاث اشعاعى ، وفى بداية الانفجار فان نواتج الانشطار هذه تنتشر فى الفضاء على ارتفاعات عالية جدا ثم تبدأ فى السقوط الى اسفل ببطء ويستغرق سقوطها سنوات عديدة وتنتشر خلال هذه الفترة فى مساحات كبيرة وأخيراً تصل الى التربة وما ينمو عليها من زراعات وقد تمتص بواسطة النباتات النامية وعندما يستهلك الانسان هذه النباتات سواء بطريقة مباشرة أو غير مباشرة (استهلاك لحوم حيوانات تغذت على هذه النباتات) فان هذه النواتج ذات النشاط الاشعاعى تمتص وتدخل فى تركيب انسجة الجسم وبالتالى فان الاشعاعات المنبعثه منها داخل الجسم تصبح مصدر خطورة كبيرة وتسبب اضرارا جسيمة للانسان ومن امثلة هذه النواتج الانشطارية الضارة سترونتيم – ٩٠ (Strontium- 90) وسيزيوم – ١٣٧وكربون – ١٤ . والاول يشابه من الناحية الكيميائية عنصر الكالسيوم ويمتص فى جسم الانسان بنفس طريقة امتصاص الكالسيوم وبالتالى فانه يدخل فى تركيب العظام ونفس الامر بالنسبة للحيوانات بالاضافة الى وصوله الى اللبن وهكذا يصل ايضا للانسان كذلك السيزيوم – ١٣٧ يعتبر مشابها للصوديوم والبوتاسيوم ويتم تمثيله فى جسم الانسان بنفس طريقة تمثيل الصوديوم والبوتاسيوم . ويمكن ان نتصور مدى خطورة هذه النظائر المشعة اذا علمنا ان فترة النشاط الاشعاعى لها تستمر مئات وربما الاف السنين قبل ان تتحول الى صورة ثابته غير مشعة .

وبخلاف تلوث المادة الغذائية بجزيئات المواد ذات النشاط الاشعاعى فان تعرض الغذاء لجرعات عالية من الاشعاع ولمدة طويلة قد يؤدى الى ان يكتسب الغذاء نفسه نشاطا اشعاعيا وهنا ايضا يصبح استهلاكه ضارا بالصحة . ولهذا عند معاملة الاغذية بالاشعاع تستخدم جرعات محددة لا ينتج عنها اكتساب الغذاء للنشاط الاشعاعى ويشترط ان تقل طاقة الاشعة المستخدمة عن ٥ مليون الكترون فولت . وعلى سبيل المثال فان طاقة الاشعاع الناتج عن الكوبالت تبلغ فقط حوالى $\frac{١}{٤}$ هذه الكمية ولهذا لا يوجد خطر منها .

وعن تطبيقات الاشعاع فى مجال حفظ الاغذية يمكن القول ان تأثير الاشعاع لا يقتصر على القضاء على الاحياء الدقيقة وانما يمتد تأثيره ايضا الى الحشرات والآفات التى قد تصيب الاغذية المخزنة ويعتبر تشعيع الحبوب من التطبيقات الجيدة فى هذا المجال . كذلك للاشعاع تأثير على الطفيليات التى تصيب بعض الاغذية مثل يرقات Trichina spiralis التى تصيب اللحوم وتسبب للانسان مرضا يشبه التيفود يسمى التريخينية Trichinosis وبالاضافة الى ذلك فان للاشعاع ايضا بعض التأثيرات الفسيولوجية حيث يمكن تثبيط عملية الانبات التى تتعرض لها البطاطس اثناء التخزين بالمعاملة بجرعات منخفضة من الاشعاع (جدول١٩).

ونلاحظ ان الجرعة القاتلة للانسان عند تعرضه للاشعاع مباشرة حوالى ٧ر كيلو راد وهى اقل كثيراً من الجرعات المستخدمة فى حفظ الاغذية . وعموما فان استهلاك الاغذية المعاملة بالاشعاع غير مسموح به فى بعض الدول حتى الان مثل المملكة المتحدة بينما يستخدم الاشعاع فى الولايات المتحدة الامريكية كعامل حفظ مساعد فى منتجات لحوم الخنزير المعالجة وكذلك يستخدم فى تطهير حبوب القمح ومنتجاتها وتثبيط عملية الانبات فى البطاطس وتثبيط الاحياء الدقيقة على سطح ثمار البرتقال .

جدول (١٩) : جرعات الاشعاع المستخدمة لمعاملة بعض أنواع الأغذية

نوع الغذاء	الهدف من المعاملة	مستوى الجرعة بالكيلوراد
البطاطس	تثبيط الانبات	٥ – ١٠
اللحوم	القضاء على الطفيليات	١٠
اللحوم	القضاء على السالمونيلا	٦٥٠
اللحوم	التعقيم	٤٨٠٠
السمك	اطالة فترة الصلاحية	٣٠٠
القمح	القضاء على الافات	٢٠
البرتقال	تطهير السطح الخارجى	٧٥ – ٢٠٠

وجدير بالذكر ان تثبيط النشاط الانزيمى يتطلب عادة جرعة تعادل ٥ - ١٠ أضعاف الجرعة اللازمة للقضاء على الاحياء الدقيقة ولهذا من الافضل ان يتم تثبيط الانزيمات بوسيلة اخرى واستخدام المعاملة الاشعاعية التى تكفى للقضاء على الاحياء الدقيقة فقط .

تاثير المعاملة بالاشعاع على المادة الغذائية :

تتاثر المواد الغذائية عند معاملتها بالاشعاع وتتعرض لبعض التغيرات فى صفاتها ويتوقف هذا على نوع الإشعاع والجرعة المستخدمة وكذلك الظروف البيئية المحيطة بالغذاء فمثلا وجود الاكسجين يؤدى الى زيادة حساسية البكتريا للاشعاع ٢ - ٣ أضعاف ودرجة حرارة المادة الغذائية تؤثر ايضا على فاعلية الاشعاع فاذا كانت المادة الغذائية على حالة مجمدة فان هذا يقلل من تاثير الاشعاع على صفات الغذاء ويقلل كذلك من تاثيره على خلايا البكتريا بالاضافة الى ذلك فان تركيب الغذاء نفسه قد يوفر بعض الحماية للاحياء الدقيقة من تاثير الاشعاع عليها فقد لوحظ أن هذه الاحياء الدقيقة تقاوم تاثير الاشعاع بدرجة اكبر فى البيئة العضوية عنها فى حالة غير العضوية .

بصفة عامة فان البروتين فى الاغذية يتاثر بالاشعاع حسب الجرعة المستخدمة حيث يتعرض الى فتح السلاسل الببتيدية وانفجار الجزيئات ويتبع ذلك حدوث بلمرة للاجزاء الناتجة ومع الجرعات العالية من الاشعاع يمكن ان تحدث تغيرات فى التركيب الطبيعى للبروتين وهو ما يعرف بالـ Denaturation وقد يحدث ترسيب للبروتين . وتعتبر هذه التغيرات مشابهة تقريبا لما يحدث بفعل الحرارة العالية . وقد وجد ان الاشعاع يؤدى الى اختزال سمك البيومين البيض وهذا الفقد فى السمك يؤثر على جودة البيض المحمر والمسلوق كما أنه يسبب حدوث متاعب عند تدريج البيض اعتمادا على سمك الالبيومين .

وتتعرض الاحماض الامينية الى فقد مجموعات الامين وتنتج رائحة الامونيا تبعا لذلك ، كذلك تتعرض الاحماض الامينية الحلقية الى تكسير التركيب الحلقى . كما تتطاير المركبات المحتوية على الكبريت نتيجة لتكسير الاحماض الامينية الكبريتية ويعد هذا سببا للرائحة التى تصاحب المواد الغذائية المشعة .

وتعتبر الفيتامينات من المركبات الحساسة بصفة عامه للاشعاع والفقد الذى يحدث فيها يماثل تقريبا الفقد الذى يحدث بتاثير المعاملات الحرارية ويعتبر فيتامين(ك) اكثرها تاثرا .

وبالنسبة للدهون النباتية او الحيوانية فان الاشعاع يؤدى الى تكسير محتواها من مضادات الاكسدة الموجودة بصفة طبيعية كما تتكون البيروكسيدات وتظهر الاحماض ومركبات

الكربوكسيل ويرتفع نتيجة لذلك كله الرقم الحمضى ورقم البيروكسيد .

وتؤثر المعاملة بالاشعاع ايضا على الصبغات الموجودة فى المادة الغذائية حيث تتعرض الفاكهة والخضروات الملونة الى بعض الفقد فى اللون وفى اللحوم الحمراء فان تأثير الاشعاع يتوقف على وجود الاكسجين أو غيابه . ففى حالة غياب الاكسجين تتحول صبغة الميوجلوبين الى أوكسى ميوجلوبين وهو مركب لونه أحمر ناصع بينما فى وجود الاكسجين يتكون مركب ميتاميوجلوبين الذى يعطى لون بنى .

وأخيرا يمكن القول ان استخدام الاشعاع فى حفظ الاغذية لا يزال فى حاجة الى مزيد من البحث والدراسة وعموما فان الجرعات المستخدمة فى معاملة الاغذية غالبا لا ينتج عنها تأثيرات ملموسة فى صفات الغذاء أو قيمته الغذائية فيما عدا الفيتامينات حيث انها حساسة للاشعاع ومن الافضل معاملة الاغذية بالاشعاع بالجرعات التى تكفى فقط للقضاء على النشاط الميكروبى مع الاستعانه بوسيلة حفظ اخرى مناسبة للقضاء على النشاط الانزيمى وابطاء التفاعلات الكيميائية الممكن حدوثها ومن الناحية الصحية فان الابحاث التى اجريت حتى الان لم تثبت حدوث اى اضرار من استهلاك الاغذية المعاملة بالاشعاع بالجرعات التى تؤدى غرض التعقيم الغذائى Radappertization .