المحاضرة التاسعة تصنيع الأغذية (1)- نظري المرحلة الرابعة أ.م.د. نمير خيرالله محمد

حفظ الأغذية بالإشعاع Food Preservation by Radiation

تعد تطبيقات الإشعاع في مجال تصنيع الاغذية من الطرائق المستخدمة حديثاً في حفظ الأغذية وذلك لفاعلية تأثير الإشعاع على الإحياء المجهرية التي تسبب التلف والفساد للأغذية. وتعتبر الاشعة المتأينة اكثر الانواع تطبيقا في مجال حفظ الأغذية. تسمى طريقة التعقيم بالإشعاع بالتعقيم البارد نظراً لعدم ارتفاع درجة الحرارة للغذاء اثناء التعقيم (ترتفع حوالي 2.8 م). تعتبر الأشعة المتأينة أكثر الأنواع تطبيقا في مجال حفظ الأغذية Ionizing radiation تنقسم بدورها إلى نوعين أساسيين :

1. الأشعة الالكترونية ذات الطاقة العالية High energy electron beam:

وهي عبارة عن موجات من الالكترونات (تحمل شحنة سالبة) تنتج بواسطة أجهزة وتقنيات خاصة تقوم بتحطيم الذرة وتقوم هذه الأجهزة بزيادة سرعتها الى اقصى درجة وبالتالي تزداد طاقتها ومن أمثلتها **أشعة بيتا β** وأشعة الكاثود. هذه الاشعة لها تأثير قاتل علي الاحياء الدقيقة غير ان استخدامها في مجال حفظ الأغذية محدود نظرا لضعف قدرتها علي اختراق وتخلل المادة الغذائية فمثلا الاليكترونات التي يصل محتواها من الطاقة 3 مليون الكترون فولت تتخلل فقط لمسافة لا تزيد عن 2.5 سم داخل المادة الغذائية وبالتالي لا تكون ذات كفاءة في التأثير علي البكتريا الموجودة داخل الغذاء.

2. الأشعة الكهرومغناطيسية Electromagnetic radiation:

تنتج هذه الأشعة عن طريق انحلال النظائر المشعة مثل الكوبلت-60 (CO60) الذي يمكن الحصول عليه من خلال تشعيع معدن الكوبلت في المفاعلات النووية وكذلك السيزيوم-137 الذي يعتبر أحد نواتج انشطار عناصر الوقود المستخدم في المفاعلات النووية ومن أمثلة هذه الاشعة هي **اشعة اكس X-Ray (الاشعة السينية) واشعة جاما γ** وهذه الاشعة ايضا لها تأثير قاتل علي الأحياء الدقيقة كما ان لها القدرة علي اختراق المادة الغذائية لمسافة اعمق مقارنة بالأشعة الاليكترونية ذات الطاقة العالية، وبالتالي فإن الاشعة الكهرومغناطيسية استخدمت في مجال حفظ الأغذية لسهولة الحصول علي النظائر المشعة وبتكلفة اقل مما هو الحال في النوع الاول خاصة وان بعضها يعتبر من النواتج الثانوية للمحطات النووية مثل السيزيوم.

نصف عمر النظائر المشعة Half-life of Radioisotopes

عبارة عن الوقت المطلوب للمادة المشعة لتفقد 50 % من اشعاعها، تحتاج نظير الكربون 14 (C14) الى 5600 سنة لتفقد 50%من نشاطها.

وحدات قياس الاشعاع :

يعبر عنها بوحدة Kilo Gray = KGy وهي وحدة قياس الاشعة الممتصة من الاشعة المتأينة :

Kilo Gray = 1000 gray وفي الماضي كان يعبر عن وحدات قياس الاشعة الكهرومغناطيسية بوحدة الراد Rad.

أهمية الإشعاع في مجال الأغذية

1- تعقيم وبسترة الأغذية المختلفة 2- إطالة مدة تخزين الأغذية 3- تحطيم أو إيقاف دورة حياة الحشرات التي تقوم بإتلاف الأغذية 4- التحكم في الكائنات الدقيقة التي تسبب التسمم الغذائي للإنسان مثل *C.botulinum* 5- تقلل من استخدام المواد الحافظة في الأغذية. 6- إمكانية إجراء عملية تطرية للحوم وإنتاج الإنزيمات بدون حدوث تلف لهذه الأغذية

مميزات استخدام الإشعاع

1- **قله الفاقد من المادة الغذائية:** حيث أن مقاومة الحشرات وإطالة مدة الحفظ ربما يقلل الفاقد من الأغذية الطازجة.
2- **تحسين الصحة العامة:** فعلى سبيل المثال تلوث الدواجن بالسالمونيلا يعتبر من أهم مصادر الأوبئة وقد وجد أن استخدام الإشعاع حتى 3 كيلوجراى يحد من هذه المشكلة.
3- **زيادة التجارة الدولية:** كثير من السلع الغذائية لا يتم تداولها لإصابتها بالحشرات أو الكائنات الدقيقة او قلة مدة الحفظ والإشعاع حل هذه المشاكل.
4- **استخدام الإشعاع كبديل للمواد المستخدمة في التبخير:** حيث تستخدم بعض المركبات الكيميائية مثل ثانى بروميد الايثيلين أكسيد الإيثيلين - كمواد تبخير للتخلص من الحشرات وهذه المواد بطبيعتها سامة كما انها ملوثة للبيئة ويمكن أن يستخدم الإشعاع بجرعة 0.2-0.7 كيلوجراى لتعقيم الاغذية من الحشرات.
5- **خفض الطاقة المستخدمة:** وجد أن الطاقة المستخدمة في معاملة الأغذية بالإشعاع تقل عن تلك المستخدمة في التعليب والتبريد والتجميد حيث وجد أن الطاقة الكلية المستخدمة في تبريد الدواجن 46600 كيلوجول/كيلو وذلك مقارنة بمعاملة الإشعاع 17860 كيلوجول/كيلو.

<u>جرعات الأشعة Radiation absorbed dose</u>

تعرف جرعة الأشعة بأنها كمية الطاقة الممتصة أثناء تعرض المادة للمعاملة. وعادة الأشعة المتأينة الممتصة تقاس بالجراى.

والجراى الواحد = 1 جول من الطاقة الممتصة لكل غرام من المادة المعاملة بالإشعاع والطاقة الممتصة تعتمد على الكتلة والكثافة وسمك المادة الغذائية.

وفي العادة تعتبر جرعة المعاملة الإشعاعية للمادة الغذائية منخفضة إذا كانت أقل من كيلوجراى ومتوسطة إذا كانت من 10:1 كيلوجراى وعالية إذا كانت أعلى من 10 كيلوجراى. وفي العادة فان مستوى الطاقة المستخدمة في المعاملة الإشعاعية لتحقيق أغراض تكنولوجية يكون ضئيل جدا حيث يتراوح من 1:0.1 كيلوجراى والذي يكافئ طاقة حرارية مقدارها 0.24°م. عند امتصاص 10 كيلوجراى فان ذلك يكافئ طاقة حرارية ترفع درجة حرارة الماء 24 °م ولذلك فان المعاملة بالإشعاع تعتبر وسيلة حفظ باردة للأغذية.

الفرق بين مصطلحي الأغذية المشعَعة والأغذية المشِعة

1. الاغذية المشعَعة

هي التي يتم تعريضها للإشعاع تحت ظروف محسوبة ومسيطر عليها تماما، وذلك في محطات ذات تصميم خاص وآمن جدا لتحقيق غرض معين مرغوب فيه ومستحب، وهذه الأغذية صالحة تماما للاستهلاك البشري وآمنة جدا وخالية من الميكروبات الممرضة.

2. الأغذية المشِعة

هي تلك الأغذية التي تلوثت بمواد وعناصر ذات نشاط إشعاعي مثل عنصر السيزيوم المشع، أو عنصر الكالسيوم أو البوتاسيوم المشع والتي وصلت إليها نتيجة لحوادث انفجار المفاعلات النووية، أو اختبارات الأسلحة النووية عن طريق حملها مع الهواء وسقوطها في التربة مع مياه الإمطار، وامتصاص النباتات لها، وهذه النوعية من الأغذية لا نقول أنها ضارة جدا بالصحة فحسب بل قاتلة ومميتة للإنسان والحيوان.

انواع المعاملات الاشعاعية المستخدمة في مجال حفظ الأغذية :

1- التعقيم بالإشعاع Radappertization: وهي المعاملة التي تستخدم جرعات من الإشعاع تكفي لتعقيم المادة الغذائية عن طريق القضاء على كل أنواع الأحياء المجهرية وينتج عن هذه المعاملة تعقيم للمادة الغذائية يعادل ما ينتج من المعاملة الحرارية المستخدمة في حفظ الأغذية بالتعليب (التعقيم التجاري)، حيث يتم القضاء في هذه المعاملة من الإشعاع على بكتريا *Clostridium botulinum* . تصل جرعة الإشعاع المستخدمة في معاملة Radappertization الى حوالي 30 – 40 كيلو كراي (KGY)

وهذا يعني انه يمكن تعقيم المادة الغذائية بهذه الطريقة دون أن ترتفع حرارتها أكثر من 5°م وتسمى هذه المعاملة بالتعقيم البارد Cold sterilization.

2- Radurization : *ويطلق هذا الاصطلاح على المعاملة الإشعاعية التي تؤدي الى تقليل عدد الأحياء المجهرية الموجودة في الغذاء الى الحد الذي يؤدي الى زيادة مدة صلاحية الغذاء فقط* وهذه المعاملة تعادل في تأثيرها عملية البسترة حيث يجب حفظ الغذاء بالتبريد بعد المعاملة الإشعاعية للمحافظة على الغذاء من التلف والفساد لأطول مدة ممكنة , و جرعة الإشعاع المستخدمة في معاملة Radurization تصل الى ما يقارب 1 كيلو كراي (KGY). ويجب خزن المادة الغذائية على درجة حرارة منخفضة للحد من نشاط الاحياء المجهرية المتبقية والمقاومة للإشعاع *Clostridium Botulinum* التي تنمو على درجة حرارة اقل من 10°م.

3- Radicidation : وهي معاملة إشعاعية تهدف الى القضاء على بكتريا مرضية معينة مثل بكتريا السالمونيلا *Salmonella* كما في تشعيع الأغذية المجمدة او المجففة أي الهدف من هذه المعاملة هو القضاء على

البكتريا المرضية وليس حفظ الأغذية او إطالة مدة الصلاحية ، وجرعة الاشعاع المستخدمة في معاملة Rededication مابين 2،5 – 10 كيلو كراي (KGY) .

مميزات حفظ الأغذية بالتشعيع

من ابرز واهم مميزات حفظ الأغذية بالتشعيع، هو قدرة طاقة الإشعاع على قتل وإبادة الخلايا الميكروبية أوالحشرية دون رفع يذكر في درجة حرارة الغذاء المعرض والمراد حفظه أو معالجته، ولذا تعتبر تقنية حفظ ومعالجة الأغذية بالإشعاع معاملة تصنيع طبيعية تتم على البارد وهو الأمر الذي يؤدي إلى الاحتفاظ بالأغذية المراد تعريضها للإشعاع طازجة ، وبصفاتها الطبيعية وبقيمتها الغذائية. وتجدر الإشارة إلى أن تقنية معالجة الأغذية بالإشعاع، هي الطريقة الوحيدة والفريدة حتى الآن التي يمكن بتطبيقها الحصول على أغذية (لحوم، دواجن، أسماك، فواكه، خضراوات)طازجة وفى نفس الوقت خالية من الميكروبات الممرضة، والفطريات المفرزة للسموم الفطرية ومن
الطفيليات الضارة ومن الحشرات. كما أن معالجة الأغذية بالإشعاع لا تترك أي متبقيات ضارة أو سامة في الأغذية التي يتم معالجتها وحفظها بالإشعاع.

الفعل التثبيطي للإشعاع

يقوم الإشعاع بالتأثير على البكتريا - الخمائر - الفطر حيث يؤثر على دهون غشاء الخلايا وخاصة الدهون الغير مشبعة والتي تؤدي الى تغير نفاذية الأغشية مما يؤثر على وظائف أغشية الخلايا مثل النفاذية والنقل النشط. كما انه يؤثر على الأحماض النووية للخلايا ويمنعها من إتمام العمليات الحيوية الضرورية لاستمرار حياتها.

أ- تأثير الإشعاع على الكائنات الدقيقة

تختلف الكائنات الدقيقة في مدى تأثرها بالإشعاع فأبسطها يكون اكثر مقاومة للإشعاع فعلى سبيل المثال فإن الفيروس اكثر مقاومة من البكتريا والبكتريا بدورها اكثر مقاومة من الفطر وكذلك فإن أجناس البكتريا تختلف في مدى تأثرها بالإشعاع وكذلك فإن الجراثيم اكثر مقاومة من الخلايا الخضرية بمقدار 5-15 ضعف والبكتريا الموجبة الجرام أكثر مقاومة من السالبة لجرام.

عموماً هناك عدة عوامل يجب مراعاتها عند المعاملة بالإشعاع

1- نوع وتركيز الكائنات الدقيقة **2-** محتوى المادة الغذائية. **3-** وجود الأكسجين أثناء المعاملة **4-** درجة حموضة المادة الغذائية. **5-** درجة الحرارة اثناء المعاملة.

❖ **تأثير الإشعاع على مكونات الاغذية :**

يعتمد تأثير معاملة الإشعاع في مكونات الأغذية على :

1- نوع الإشعاع و الجرعة المستخدمة .

2- درجة الحرارة : فإذا كانت المادة الغذائية مجمدة فأن هذا يقلل من تأثير الإشعاع على صفات الغذاء .

3- وجود الأوكسجين : حيث وجود الأوكسجين يساعد على تكوين الجذور الحرة المؤكسدة التي تنتج طعم ورائحة غير مرغوبة في الغذاء. في حالة استخدام جرعات عالية من الإشعاع في الأغذية سوف يؤثر ذلك على البروتينات و الكربوهيدرات و الدهون و الفيتامينات و الانزيمات وباقي مكونات الغذاء .

1 - تأثير الاشعاع على البروتين :

عند استخدام جرعات عالية يؤدي الى فتح السلاسل الببتيدية ثم تحدث بلمرة وقد تحدث عملية الدنترة Denaturation ثم يحصل ترسيب البروتينات. اما بالنسبة لبروتين كازين الحليب يتأثر حيث تزداد فترة تخثر الكازينات بأنزيم الرنين وتقل ثباتية الكازين تجاه الحرارة . الأحماض الامينية تتأثر بالجرعات العالية من الاشعاع ويحصل لها انفصال مجموعة الأمين وتنتج رائحة الامونيا .

2 - تأثير الاشعاع على الكربوهيدرات :

تتأثر الكربوهيدرات بالجرعات العالية فعند زيادة الجرعات يتحلل النشأ الى كلوكوز ، ويتحلل السكروز والبكتين وتزداد قابلية ذوبان السليلوز.

3 - تأثير الاشعاع على الفيتامينات :

الفيتامينات هي مركبات حساسة بصفة عامة للإشعاع والنقص الذي يحدث فيها يعادل (يماثل) تقريبا النقص الذي يحدث بتأثير المعاملات الحرارية ويعتبر فيتامين K أكثرها تأثرا (أكثرها حساسية).

4 - تأثير الاشعاع على الدهون :

الإشعاع يؤدي الى تكسير مضادات الأكسدة الموجودة طبيعيا في الدهون حيث يؤدي الى أنتاج البيروكسيدات ومركبات الكربوكسيل وتزداد حموضة الدهون ودرجة تأكسده بزيادة الجرعات الإشعاعية .

5 - تأثير الإشعاع على الأنزيمات :

تعد الأنزيمات أكثر المكونات مقاومة للإشعاع حيث تحتاج الى 20 مليون راد لتثبيط (لتوقف) نشاطها وهذه الجرعة تعد عالية جدا بحيث تؤثر على مكونات الغذاء و تؤثر على سلامته لذلك فأن الإشعاع لوحده غير كافي ويمكن حل هذه المشكلة بتثبيط الأنزيمات حراريا او باستخدام مواد كيميائية معينة.

وأخيرا أن الجرعات المستخدمة في المعاملة الغذائية عموما لاينتج عنها تأثيرات ملموسة في صفات الغذاء او القيمة الغذائية ماعدا الفيتامينات حيث انها حساسة للإشعاع ومن الأفضل معاملة الأغذية بالإشعاع بالجرعات التي تكفي للقضاء (لقتل) المحتوى الميكروبي مع استخدام طرائق حفظ أخرى مناسبة للقضاء على النشاط الإنزيمي.

DR. NAMEER

ومن الناحية الصحية فأن الابحاث التي اجريت لم تثبت حدوث أي ضرر من استهلاك الأغذية المعاملة بالإشعاع في جرعات التعقيم الغذائي (Radappertization 30 – 40 كيلو كراي (KGY).

ميكانيكية التأثير بالاشعاع Mechanism of radiation action

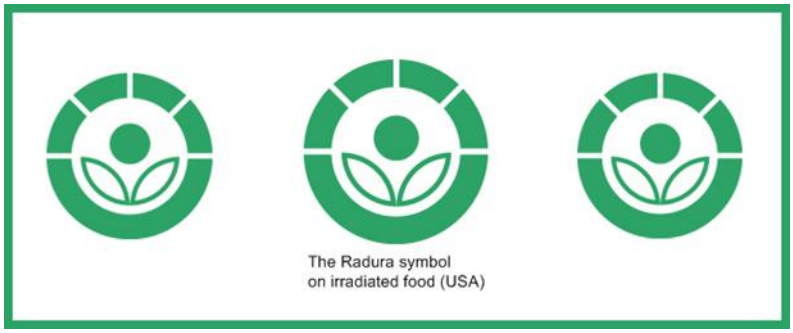
يخترق الإشعاع الذري المادة الغذائية بأعماق مختلفة حسب طبيعة الغذاء والصفات العامة للإشعاع حيث تمتاز اشعة جاما بانها ذات نفاذية أكثر عمقا من اشعة بيتا اما كفاءة الإشعاع في احداث التغيرات في المادة فيتوقف على قابليته في تغير الجزيئات ومقدار تأينها أي قابلية الاشعاع على طرد الإلكترونات من الذرة عند اختراقها.

اما جسيمات بيتا فتمتاز بانها تمتلك قابلية عالية على إحداث الأيونات في المادة التي تمر بها مقارنة مع اشعة جاما.

اما الالكترونات ذات الطاقة العالية فإنها تحدث أيونات واسعة في طريق مرورها بالمادة مقارنة مع تلك الالكترونات ذات الطاقة الواطئة ويجب تجنب استعمال الطاقة الفائقة لكل من الالكترونات او اشعة جاما لأنها ستحدث تغيرات جوهرية في نواة الذرة مشابهه لتلك التي تحدث مع النيترونات السريعة وهذه التغيرات في النواة ستؤدي الى جعل جزيئات الغذاء غير مستقرة ومشعة لذا لا يجوز استعمال مصادر مشعة تزيد طاقة اشعتها عن 10 مليون الكترون فولت علما ان الاشعاع الذري الناتج من النظائر المشعة مثل السيزيوم - 137 والكوبلت60 يعتبر بحدود مستوى الأمان من حيث تأثيره على تركيب الغذاء.

بعد ان ينفذ الإشعاع الى داخل الغذاء تحصل بعض الاصطدامات بينه وبين ذرات الغذاء ونتيجة إلى هذه الاصطدامات تنتج ايونات مزدوجة وذلك للضربات المتتالية على الالكترونات الموجودة خارج نواة الذرة مما يؤدي الى طردها من مدارها الخارجي الطبيعي وان مقدار الطاقة اللازمة لطرد مثل هذه الالكترونات يختلف باختلاف العنصر الكيميائي فمثلا الحديد يحتاج 17.4 الكترون فولت بينما يحتاج الهيدروجين 13.6 الكترون فولت (جدول 74 - صفحة 484 - كتاب تصنيع الأغذية). كما تتكسر بعض الأواصر الكيميائية التي تربط الذرات ببعضها لهذا تنتج الجذور الحرة التي هي عبارة عن أجزاء من الذرات المنفردة او مجاميع من الذرات او من الجزيئات الكبيرة تمتاز بانها تمتلك الكترونا منفردا unpaired electron مما يجعلها غير مستقرة ولها الميل إلى التفاعلات الكيمائية بصورة كبيرة مع بعضها أو مع الجزيئات الأخرى من اجل استكمال ازواج الكترونها المنفرد للحصول على جزيئة مستقرة في النهاية وقد يرافق هذا تغيرات فيزيائية وكيميائية تكون الأساس والميكانيكية التي بموجبها تتأثر الكائنات الحية الدقيقة وكذلك الانزيمات وباقي مركبات الغذاء خلال تعرضها لعملية التشعيع.

هذه العلامة تكون موجودة على الأغذية المعاملة بالإشعاع



العوامل المحددة لجرعة الإشعاع المستخدمة:

1) الأمن وسلامة الغذاء.

2) مقاومة الاحياء المجهرية: حيث تعتبر بكتريا *Clostridium botulinum* اكثر البكتريا مقاومة للإشعاع رغم ان هناك بكتريا وفايروسات اكثر منها مقاومة الا انه يمكن القضاء عليها بسهولة بالحرارة قبل اجراء المعاملة بالاشعاع. كما أن الحموضة وانخفاض الرطوبة ووجود الهواء تساعد في القضاء على الكلوستريديوم.

3) مقاومة الغذاء: الأغذية الحساسة للإشعاع مثل السمك وبعض أنواع اللحوم والفواكه تعامل بمستوى البسترة في حدود 10^5 -10^6 راد بينما يتحمل الدجاج مستوى التعقيم (4.8 , ميجا راد)

4) مقاومة الانزيمات: يتم القضاء على الإنزيمات بوسائل أخرى مثل السلق قبل الاشعاع لأنها تقاوم الإشعاع.

5) التكلفة: المعاملة بالإشعاع بمستوى البسترة أكثر التنمية وخاصة في الأغنية المحفوظة بالتبريد من الدجاج والأسماك والثوم حيث يتم القضاء على السالمونيلا وبكتريا القولون.

❖ **استخدامات الاشعاع**

اولا : الاستخدامات المشروعة

1 – المحافظة على القيمة الغذائية

2 – تدعيم الغذاء للمحافظة على النوعية وتقليل الفقد

3 – جعل المواد الغذائية جذابة للمستهلك (بدون غش)

ثانيا :الاستخدامات غير المشروعة

1 – لإخفاء العيوب والصفات غير المرغوبة بالمادة الغذائية الناتجة من التعبئة الرديئة والتداول غير الجيد

2 – لغش وخداع المستهلك وتضليلة

3 – تسبب فقدان في القيمة الغذائية عند اضافتها

مجالات استعمال الإشعاع في الاغذية :

1- تعقيم الاغذية للحصول على غذاء يتقبله المستهلك وعالي القيمة الغذائية والاقتصادية وذي قابلية خزن عالية

DR. NAMEER

2- استعمال جرعات اشعاعية محدودة لاطالة فترة خزن اللحوم والاسماك الطازجة والخضراوات والفواكه الطازجة
3- ابادة الحشرات في مختلف مراحل نموها في الاغذية المغلفة وغير المغلفة
4- منع التبرعم او الاخضرار في البطاطا والبصل
5- تحضير محاليل انزيمية معقمة وتحلل الجزيئات الكبيرة الحجم وتطرية اللحم وتحسين طريقة التحميص لحبوب القهوة وتعتيق النبيذ
6- ابادة الطفيليات والكائنات الدقيقة خصوصا السمية منها.

==========

DR. NAMEER