المركز العربي لتأليف وترجمة العلوم الصحية ـ دولة الكويت

125 سلسلة الثقافة الصحية

غذاؤنا والإشعاع

تأليف

د. زكريا عبدالقادر خنجي

مراجعة: المركز العربي لتأليف وترجمة العلوم الصحية

2019م

المركز العربي لتأليف وترجمة العلوم الصحية ـ دولة الكويت

سلسلة الثقافة الصحية

غذاؤنا والإشعاع

تأليف

د. زكريا عبدالقادر خنجي

مراجعة

المركز العربي لتأليف وترجمة العلوم الصحية

الطبعة العربية الأولى 2019 م

ردمك: 978-9921-700-37-4

حقوق النشر والتوزيع محفوظة

للمركز العربي لتأليف وترجمة العلوم الصحية

(هذا الكتاب يعبّر عن وجهة نظر المؤلف ولا يتحمل المركز العربي لتأليف وترجمة العلوم الصحية أية مسؤولية أو تبعات عن مضمون الكتاب)

ص.ب 5225 الصفاة ـ رمز بريدي 13053 ـ دولة الكويت

هاتف: 25338610/1/2 (965)+ فاكس: 9 /25338618 (965)+

البريد الإلكتروني: acmls@acmls.org

بسم الله الرحمن الرحيم

المركز العربي لتأليف وترجمة العلوم الصحية

منظمة عربية تتبع مجلس وزراء الصحة العرب، ومقرها الدائم دولة الكويت وتهدف إلى:

- توفير الوسائل العلمية والعملية لتعليم الطب في الوطن العربي.
- تبادل الثقافة والمعلومات في الحضارة العربية وغيرها من الحضارات في المجالات الصحية والطبية.
- دعم وتشجيع حركة التأليف والترجمة باللغة العربية في مجالات العلوم الصحية.
- إصدار الدوريات والمطبوعات والأدوات الأساسية لبنية المعلومات الطبية العربية في الوطن العربي.
- تجميع الإنتاج الفكري الطبي العربي وحصره وتنظيمه وإنشاء قاعدة معلومات متطورة لهذا الإنتاج.
- ترجمة البحوث الطبية إلى اللغة العربية.
- إعداد المناهج الطبية باللغة العربية للاستفادة منها في كليات ومعاهد العلوم الطبية والصحية.

ويتكون المركز من مجلس أمناء حيث تشرف عليه أمانة عامة، وقطاعات إدارية وفنية تقوم بشؤون الترجمة والتأليف والنشر والمعلومات، كما يقوم المركز بوضع الخطط المتكاملة والمرنة للتأليف والترجمة في المجالات الطبية شاملة المصطلحات والمطبوعات الأساسية والقواميس، والموسوعات والأدلة والمسوحات الضرورية لبنية المعلومات الطبية العربية، فضلاً عن إعداد المناهج الطبية وتقديم خدمات المعلومات الأساسية للإنتاج الفكري الطبي العربي.

المحتويات

المقدمة : ..... ج

التمهيد : ..... هـ

مقدمة المؤلف : ..... ز

الفصل الأول : المواد المشعة والإشعاع..... 1

الفصل الثاني : تلوث الغذاء بالإشعاع 21

الفصل الثالث : حفظ الأغذية بالتشعيع: فوائده وأضراره الصحية..... 29

الفصل الرابع : أفران الميكروويف والغذاء..... 49

المراجـــــــــع : 77

المقدمة

إن من أعظم التحديات التي تواجه العالم اليوم هي إمكانية الحصول على إمداد كافٍ من الغذاء لمواجهة الاحتياجات المتزايدة للنمو السكاني ، وبناءً على تقديرات الأمم المتحدة في السنوات الأخيرة الماضية، فإن عدداً من سكان الدول النامية يعانون الجوع والفقر ، ولا تستطيع معظم بلدان العالم أن تتحمل مزيداً من نقص الغذاء ، لاسيما دول العالم الثالث ، لذلك على الإنسان أن يطوّع كل ما لديه من خبرة وعلم وتقنية لحل مشكلة الغذاء عن طريق تحسين الإنتاج الزراعي ، ووسائل الإنتاج وتطبيق كل ما لديه من معرفة في مجال حفظ الأغذية والمحافظة على سلامة الغذاء .

إن استخدام الأشعة كوسيلة حفظ للأغذية يعد من الطرق الحديثة نسبياً ، حيث تعد تقنية حفظ الأغذية بالأشعة تقنيةً قديمةً وحديثةً في آنٍ واحدٍ، ويقصد بها تعريض المادة الغذائية لأشعة مؤيّنة تعمل على قتل الكائنات الحية الدقيقة الموجودة فيها ، مما يطيل من فترة تخزينها وصلاحيتها دون التأثير على خواصها الكيميائية والفيزيائية . ومثل هذه الفوائد جعلت تشعيع الطعام ممارسة مشروعة ، ومرخصاً بها في أكثر من ستين دولة حول العالم ، ولكن في ظل المخاوف التي تثار حول الآثار الصحية لاستهلاك الأطعمة المشعة ، وخصوصاً على المدى الطويل نجد اختلافاً واضحاً بين الدول في التشريعات المحددة لجرعة الإشعاع ، وطريقة التشعيع، ونوع الأطعمة المسموح بتعريضها لهذه العملية.

ومع ذلك، فلا تزال هناك ثغرات مهمة ، وثمة حاجة إلى تطوير معالجات عامة وإتاحة خيارات جديدة لحماية الإنتاج الزراعي وفتح السبل أمام تعزيز التجارة . ويتعيّن أيضاً الاتجاه نحو وضع نظم أكثر تخصُّصاً لضمان سلامة الأغذية ومراقبتها ، ولا سيما فيما يتعلق بتقنيات تشعيع الأغذية بأشعة مولّدة باستخدام الآلات من أجل توفير وسائل فعالة لضمان جودة الأغذية والتقليل من الخسائر والنفايات إلى أدنى حدٍّ .

نأمل أن يحقق هذا الكتاب الفائدة المرجوة منه ، وأن يضيف المزيد من المعلومات حول هذا الموضوع لقرّاء سلسلة الثقافة الصحية.

والله ولي التوفيق،،،

الدكتور/ عبد الرحمن عبد الله العوضي

الأمين العام

المركز العربي لتأليف وترجمة العلوم الصحية

التمهيد

تنتج المواد الغذائية في مواسم محددة من السنة ، وقد تنتج في مناطق دون أخرى في حين تكون حاجة الإنسان إلى الغذاء على مدار السنة، لذلك لجأ الإنسان إلى حفظ الأغذية الزائدة عن الحاجة في موسم إنتاجها لاستخدامها في الأوقات التي لا يمكن إنتاجها فيها، أو حفظها لتصديرها إلى المناطق التي لا تنتج فيها، وقد لوحظ أن المنتج المخزون لفترة ما بعد إنتاجه يتعرض إلى التلف الكبير ، مما لا يمكن إطالة عمره التسويقي كثيراً ، هذا على الرغم من استخدام طرق التخزين التقليدية ، فتكون النتيجة ارتفاع نسبة الخسارة في الغذاء المنتج ، وخاصة في الدول التي لا تعتمد على طرق التخزين الجيدة ، لذا لجأ العلماء إلى استخدام الإشعاع كوسيلة لحفظ الغذاء وإطالة عمرها التسويقي وبدأت تجارب استخدام الإشعاع لحفظ وتعقيم الغذاء منذ بداية الخمسينيات من القرن الماضي وأطلق على تلك العملية «التعقيم البارد» .

إن الإشعاع هو طاقة تطلق في شكل موجات أو جسيمات صغيرة من مادة ما ، وله أشكال عديدة مثل : أشعة الشمس والأشعة السينية وأشعة جاما وغيرها، والتشعيع هو عملية يتم فيها تعريض مادة للإشعاع، مثل : أشعة جاما التي لها طول موجي قصير للغاية وطاقة عالية وتأثير فتاك على الحياة، ولكن عند التحكم فيها فإنه يمكن استخدامها في تطهير وتعقيم المواد الغذائية. وفي العصر الحديث تم اكتشاف أشعة الميكروويف ، وهي أشعة كهربية مغناطيسية تمتص بواسطة الماء والدهن والمواد السكرية والأطعمة التي تحويها أيضاً، وامتصاص هذه الأشعة تكسبها طاقة تجعل جزيئاتها تتذبذب بدرجة كبيرة ، مما يدعها تتصادم مع بعضها وتنتج الحرارة اللازمة لطهيها، وقد أثبتت هذه الأفران كفاءتها في توفير الطاقة وتقليل زمن الطهي، واتضح أنه لا توجد اختلافات حقيقية في القيمة الغذائية للأطعمة المطهوة في أفران الميكروويف عن تلك التي تم طهيها بالطرق التقليدية ، وإن وجدت اختلافات فإنها لا تمثل إلا الحد الأدنى من ذلك.

ينقسم هذا الكتاب إلى أربعة فصول يتحدث الفصل الأول عن المواد المشعة وتأثيراتها الإشعاعية ويناقش الفصل الثاني موضوع تلوث الأغذية بالإشعاع ، أما الفصل الثالث فيعرض الفوائد والأضرار الناتجة عن حفظ الأغذية بالتشعيع ، ويُختتم الكتاب بفصله الرابع بالحديث عن أفران الميكروويف واستخدامها في طهي الطعام .

نأمل أن يكون هذا الكتاب قد استوفى بالشرح كل ما تطرق إليه في قضية الغذاء والإشعاع ، وأن يكون إضافة جديدة تُضم إلى سلسلة الثقافة الصحية .

والله ولي التوفيق،،،

الأستاذ الدكتور/ مرزوق يوسف الغنيم

الأمين العام المساعد

المركز العربي لتأليف وترجمة العلوم الصحية

مقدمة المؤلف

دلت نتائج الدراسات أن غذاء الإنسان يتعرض للتلوث الإشعاعي عن طريق التعرّض الخارجي للإشعاع المحمول بالهواء ، إضافة إلى التعرض الداخلي للإشعاع المترسب على الأرض عن طريق جذور النباتات التي تعتبر الصانعة الأولى للغذاء، كما أن لحوم الحيوانات تتلوث بالمواد المشعة عن طريق أكل تلك الحيوانات من النباتات الملوثة إشعاعياً أو شربها من المياه الملوثة، ويترتب على تناول الإنسان غذاء ملوث بالإشعاع أضرار جسيمة منها : تأثر خلايا الجلد والجهاز الهضمي والدم ، ويسبب تناول الأغذية الملوثة إشعاعياً أضراراً كبيرة للجهاز التناسلي لدى الذكور على وجه الخصوص ، كما تؤدي الأغذية الملوثة إشعاعياً إلى الإصابة بالعديد من الأورام السرطانية. ومع ذلك أثبتت بعض الدراسات أن استخدام الإشعاع بدرجات معينة وطرق محددة أصبح يمكّن من حفظ الأغذية دون التسبب في ضرر يذكر سواء للغذاء أو من يتناولونه .

ولأهمية الغذاء للإنسان وخطورة تعرضه للإشعاع بدرجات متفاوتة جاء اختيارنا لعنوان هذا الكتاب (غذاؤنا والإشعاع) ليكون ضمن سلسلة الثقافة الصحية التي يصدرها المركز العربي لتأليف وترجمة العلوم الصحية الذي من مهامه نشر الثقافة الصحية في الوطن العربي بهدف التوعية الصحية لأفراد المجتمع ، حيث تناولنا في الكتاب الذي اشتمل على أربعة فصول الحديث عن المواد المشعة والإشعاع ، وبيّنا أنواع الأشعة ومصادرها وتأثيرات الإشعاع على جسم الإنسان ، ثم بعد ذلك ناقشنا من خلال فصول الكتاب موضوع تلوث الأغذية بالإشعاع، ووضحنا ما يحدث للغذاء عند تعرضه للإشعاع ، ثم عرضنا للفوائد والأضرار الصحية الناتجة عن حفظ الأغذية بالتشعيع . ويُختتم الكتاب بالحديث في هذا الموضوع عن أفران الميكروويف واستخدامها في طهي الطعام مع توضيح الفرق بين الطهي بأفران الميكروويف والطهي بالطرق التقليدية . نأمل أن نكون قد حققنا الفائدة المرجوة من خلال عرض موضوعات هذا الكتاب ليستفيد مما قدمناه قرّاء سلسلة الثقافة الصحية والمهتمون بالعلوم الصحية في الوطن العربي.

والله ولي التوفيق،،،

المؤلف

د . زكريا عبد القادر خنجي

الفصل الأول

المواد المشعة والإشعاع

يُعد الإشعاع ظاهرة طبيعية تمتلكها بعض العناصر الكيميائية دون غيرها، وتُعرف هذه العناصر بالعناصر ذات النشاط الإشعاعي أو العناصر المشعة ، حيث تكون نواتها غير مستقرة فتنبعث منها أنواع معينة من الجسيمات ، وتُعرف هذه الجسيمات باسم جسيمات ألفا الموجبة أو جسيمات بيتا السالبة ، أو قد تنبعث منها أمواج كهرومغناطيسية تُعرف بأشعة جاما، لتتحول بعد ذلك تلك العناصر غير المستقرة إلى عناصر أكثر استقراراً .

وإن كنا هنا لا نريد أن ندخل في القضايا العلمية الصرفة في موضوع الأشعة والمواد المشعة، إلا أننا نجد أنه لا بد أن نذكر طبيعة الإشعاع والمواد المشعة ، وبعض الملامح التاريخية حتى ندرك البعد التاريخي لذلك . ولكي نفهم ما الذي يحدث، وكيف تنطلق الأشعة من النظائر المشعة، نجد أنه من المناسب قبل أن نتحدث عن أي شيء علينا أن نتناول بالشرح ولو بصورة سريعة الانشطار والاندماج النووي والقنابل الذرية والمفاعلات وما إلى ذلك، بهدف توسيع مداركنا لندرك كيف يؤثر الإشعاع على الغذاء ، وماذا يمكن أن يحدث إن تناول الإنسان غذاءً ملوثاً بالإشعاع .

بعض الملامح التاريخية

لم يخطر بذهن العالم الفيزيائي ألماني الجنسية «كونراد رونتجن» الذي كان يعمل أستاذاً للفيزياء بجامعة فورتسبورج (الشكل 1) يوم الثامن من نوفمبر 1895 أنه أمام أحد اكتشافات القرن الجديد، ويكتشف ما عرف فيما بعد «بالأشعة السينية»، فقد كان «رونتجن» يعمل في مختبره بمعهد الفيزياء بجامعة يوليوس ـ ماكسيميليانس على أنابيب الكاثود (القطب السالب ؛ مهبط) يحاول مراقبة الأضواء الصادرة من تجربته على هذه

(الشكل 1): العالم كونراد رونتجن.

الأنابيب ، عندئذ لاحظ أن زجاجاً على مسافة بعيدة كان لا يجب أن يصلها الضوء بدأت تصدر إشعاعاً على الرغم من أن هناك لوحاً خشبياً وورقة من الكربون بين مصدر الإشعاع والزجاج ، فأصابته الدهشة، ولم يخرج لمدة أسابيع من مختبره الذي يقع فوق غرفة نومه، وبقي رونتجن يبحث عن سبب هذه الظاهرة. ولكن ماذا حدث بالضبط ؟

في الأسابيع التالية لهذا اليوم كان يأكل وينام في معمله حتى تحقق من كثير من خصائص الأشعة الجديدة التي أسماها مؤقتاً «أشعة إكس»، وهو الاستخدام الدارج في التسمية الرياضية لشيء مجهول. وعلى الرغم من أن الأشعة الجديدة عرفت بأسماء كثيرة في لغات عديدة حتى أصبحت تعرف باسم أشعة رونتجن، كان «رونتجن» يفضل اسم أشعة إكس (X) .

وبعد أسبوعين تقريباً من اكتشافه أخذ أول صورة له باستخدام أشعة إكس على يد زوجته «آنا بيرثا» (الشكل 2)، قالت حينئذ عندما رأت عظمها: «لقد رأيت موتي».

(الشكل 2): صورة يد بالأشعة السينية مأخوذة بواسطة رونتجن .

وقد نشرت ورقة بحث رونتجن الأصلية بعد 50 عاماً ، أي في 28 ديسمبر 1895م، وفي 5 يناير 1896م كتبت جريدة نمساوية عن اكتشاف رونتجن لنوع جديد من الأشعة، وحصل رونتجن على درجة الدكتوراه الشرفية في الطب من جامعة فورتسبورج بعد اكتشافه. ونشرت ثلاث أوراق بحثية عن أشعة إكس ما بين الأعوام (1895-1897) م .

وفي عام 1896 اكتشف «هنري بيكريل» (عالم فيزيائي فرنسي حصل على جائزة نوبل في الفيزياء سنة 1903م) أن أحد أملاح اليورانيوم يصدر إشعاعاً ويستطيع اختراق بعض المواد الأخرى، كما يستطيع نسخ صور موضوعة في الظلام، ولقد أثبت بيكريل أن الإشعاع الذي اكتشفه يصدر عن جميع مركبات اليورانيوم، بمعنى أن الإشعاع مصدره هو ذرة اليورانيوم. واتضح له أن هذا الإشعاع يحدث بصورة تلقائية مستمرة ولا تؤثر عليه المؤثرات الخارجية من ضغط ودرجة حرارة، ولهذا سمي إشعاع اليورانيوم إشعاعاً نشطاً وتسمى هذه الظاهرة النشاط الإشعاعي.

وفي عام 1898م قام كل من «بيير كوري» وزوجته «ماري كوري» (الشكل 3) باكتشاف النشاط الإشعاعي للثوريوم، كما اكتشفا في نفس السنة عنصرين جديدين يوجدان في خامات اليورانيوم، وهما: العنصر الأول أطلق عليه اسم «الراديوم»، وهو عنصر أقوى في النشاط الإشعاعي من اليورانيوم بمليون مرة، بينما أطلقا على العنصر الثاني اسم «بولونيوم» ، واكتشف «رذرفورد» في عام 1899م الغاز النشط إشعاعياً وهو «الرادون» بواسطة التحليل الطيفي.

بعد ذلك فتح باب الاكتشافات في موضوع الإشعاع والمواد المشعة، وجاء الكثير من العلماء ليسجل اسمه في هذا السجل حتى غدا موضوع المواد المشعة من الموضوعات المتداولة بكثرة، إلى أن جاءت الموضوعات المتعلقة بالقنابل والمفاعلات النووية ، ولكن قبل أن نتحدث عن هذه الموضوعات فمن المهم أن نتعرف على العناصر المشعة وكيف تنطلق منها الأشعة ؟

(الشكل 3): صورة توضح ماري كوري وزوجها بيير كوري .

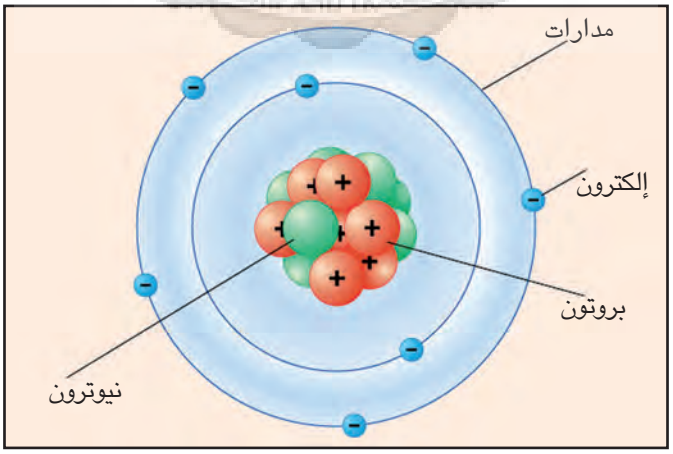
المواد المشعة

تتركب المواد والعناصر المشعة ـ شأنها في ذلك شأن كافة العناصر الكيميائية ـ من وحدات متشابهة ومتناهية في الصغر، يطلق عليها اسم (الذرات) .

والذرات جمع ذرة، والذرة كلمة مشتقة من اليونانية وتعني (لا ينقسم)، فالذرة ـ كما هو معلوم ـ أصغر جزء في العنصر، وكل عنصر كيميائي يتكون من هذه الجسيمات أو التي أطلقنا عليها الذرات غير القابلة للانقسام، وكلها متماثلة وتحمل الصفات الكيميائية والفيزيائية لهذا العنصر وتختلف عن ذرات العناصر الأخرى .

وتتركب الذرة (الشكل 4) من جزأين، الأول: وهو ما يعرف (بالإلكترونات) وهي جسيمات متناهية في الصغر وتحمل الشحنة الكهربية السالبة وتدور في مدارات حول ما يعرف بالنواة ـ كما تدور الكواكب حول الشمس ـ وأما النواة وهي الجزء الثاني من الذرة فتتركب بدورها من جسيمين، الأول يعرف (بالبروتونات) وهي ذات شحنة كهربية موجبة معادلة للشحنة الكهربية السالبة الموجودة في الإلكترونات، وأما الجزء الثاني فيعرف (بالنيوترونات) وهي جسيمات متعادلة الشحنة (وهذا يعني أنها جسيمات لا تحمل شحنات كهربية)، وبذلك يمكن القول إن الذرة متعادلة من الناحية الكهربية ومستقرة وثابتة لا تتفكك إلا إذا تعرضت لإثارة خارجية ، ولكن وجد أن الطبيعة تحوي عناصر ذراتها نشطة وقابلة للتفكك من دون إثارة خارجية ، وهذه العناصر تعرف بالعناصر المشعة أو بمعنى أكثر علمية (النظائر المشعة).

ولا يعرف بالتحديد من أين جاءت فكرة أن هناك ما يعرف «الذرة» في الفكر الإنساني، ومتى جاءت، وكيف نشأت، ولكن ما تشير إليه بعض المراجع أن الفكرة أساساً بدأت تظهر للوجود عبر الفكر الفلسفي وليس العلمي ، وذلك في حوالي القرن الخامس قبل الميلاد، إذ تشير بعض الدراسات أن أول من قدم هذه الفلسفة هو الفيلسوف الإغريقي «ليوسيبّوس». ثم قام تلميذه «ديموقريطس» بعد ذلك بتطوير الفكرة، وأعطى الجسيم الأول اسم «الذرة» إذ تخيل أن الذرات كجسيمات صلبة صغيرة مركبة من نفس المادة، لكنها تختلف عن بعضها في الشكل والحجم.



(الشكل 4): يوضح الشكل العام للذرة.

وفي العصور اللاحقة حاول الكثير من العلماء أن يستكشفوا ماهية الذرة ، ولكنهم لم يتمكنوا من الخروج عن عباءة الفيلسوف «ديموقريطس» ، ونظرية «أرسطو» الذي كانت له العديد من الآراء التي أنكرت فكرة «ديموقريطس»، فظلت الفكرة تدور كلها في هذه وتلك المحاور ، إلا أنه في عام 1750م خرج العالم «رودجر بُسْكوفتْش» اليوغوسلافي بفكرة مؤداها أن «ديموقريطس» ربما يكون قد أخطأ بتصوره أن الذرة غير قابلة للتفتت، واعتقد «بُسْكوفتش» أن الذرة تحتوي على أجزاء أصغر ، وهذه بدورها تحتوي أيضاً على أجزاء أصغر وأصغر، وهكذا حتى نصل إلى وحدات البناء الأساسية للمادة. وشعر «بُسْكوفتش» أن وحدات البناء هذه لابد أن تكون نقاطاً هندسية بلا حجم على الإطلاق.

وبعد هذه النظرية التي اعتنقها الكثير من العلماء تمكن العالم البريطاني «جون دالتون» في عام 1803م من تطوير نظرية ذرية تفسر هذا الاكتشاف، فقد اقترح «دالتون» أن كل عنصر يتكون من نوع خاص من الذرات ، وأن اختلاف خواص العناصر ينجم عن اختلاف ذراتها، وذهب إلى أبعد من ذلك فقال: «إن ذرات كل عنصر متماثلة تماماً في الحجم والشكل والكتلة». إذن تبعاً لنظرية دالتون فإن الذرات عندما تتجمع لتكوِّن مركّباً معيّناً تتجمع دائماً وفق نسب عددية محدّدة، وعلى هذا يصبح تركيب كتلة من مركب معين هو نفسه على الدوام.

ثم بحلول عام 1964م توصل الباحثون إلى قرائن تدل على ماهية الأجزاء الأساسية المكونة للبروتونات والنيوترونات والجُسيمات النووية الأخرى، فقد طرح عالما الفيزياء الأمريكيان «موراي جليمان» و«جورج زفايج» نظرية تصف هذه الأجزاء. وعلى الرغم من ذلك ظل الوضع صعباً للتوصل إلى وصف دقيق للقوة بين البروتونات والنيوترونات نظرًا لشدة تعقيد هذه الجُسيمات ، وما زال العلم مستمراً في كشف خفايا الذرة حتى اليوم ولا نعرف إلى متى.

العناصر الكيميائية والنظائر المشعة

تحتوي الطبيعة على اثنين وتسعين عنصراً نظمها العالم «ديمتري مندليف» عام 1869م في جدول عالي التنظيم وعلى درجة عالية من التنسيق والترتيب يعرف باسم الجدول الدوري، حيث تم ترتيب العناصر الكيميائية بالاعتماد على مجموعة من الخصائص الكيميائية والفيزيائية التي ساعدت على ترتيب هذه العناصر في صفوف وأعمدة ، حيث يعرف الصف بالدورة ويعرف العمود بالمجموعة وتشترك جميعها بمجموعة من الخصائص. ورتبها «مندليف» حسب رقمها الذري من الهيدروجين (1) إلى اليورانيوم (92).

ثم قام «هنري موزلي» عام 1911م بعد أن أدرك أن جدول مندليف لا يخلو من العيوب والنواقص بإعادة ترتيب العناصر بحسب العدد الذري، أي عدد البروتونات أو الإلكترونات الموجودة بكل عنصر ، ومع مرور الوقت تم تعديل مخطط الجدول مرات عديدة، حيث أضيفت عناصر جديدة مكتشفة ـ حوالي 15 عنصراً ـ كما أضيفت نماذج نظرية طورت لتفسير سلوك العناصر الكيميائية .

وقد كانت النظرية السائدة آنذاك أن كل ذرات العنصر الواحد متماثلة في الخواص، وتعطي النتائج نفسها في التفاعلات الكيميائية إلى أنه تبين من خلال دراسة العناصر بطرق كيميائية فيزيائية معينة أن أغلب العناصر تعطي أكثر من نتيجة، وهذا يتناقض مع نظرية التماثل والتجانس، واستنتجت التجربة أن ذرات العنصر الواحد غير متماثلة في الكتلة بسبب اختلاف عدد النيوترونات ، وبالتالي فهي مزيج ذو خاصيات كيميائية واحدة، وفيزيائية مختلفة، وبما أن ذراته متوازنة كهربياً، فهي تضم في مداراتها عدداً من الإلكترونات السالبة يوازي عدد البروتونات الموجبة الموجودة في النواة. وعرفت هذه الذرات بنظائر العناصر الكيميائية قبل الهيدروجين -1 ($_1^1H$)، الهيدروجين -2 ($_1^2H$) ويعرف باسم (ديوتيريوم)، والهيدروجين -3 ويعرف باسم (التريتيوم) .

وتنقسم النظائر إلى نوعين، يعرف النوع الأول بالنظائر المستقرة، بينما يعرف النوع الثاني بالنظائر غير المستقرة أو النظائر المشعة وذلك بحسب عدد النيوترونات والبروتونات في أنويتها ، حيث توجد أنوية مستقرة للعنصر وأنوية غير مستقرة لعدم ملاءمة عدد النيوترونات للبروتونات ، وتقوم الأنوية غير المستقرة بعملية التحلل الإشعاعي (تحلل بيتا أو تحلل ألفا أو كلاهما) سعياً للوصول إلى الاستقرار . ويبلغ عدد النظائر المستقرة حوالي 300 نظير، في حين أنه قد تم الإنتاج الصناعي لما يزيد عن 1500 نظير مشع حتى الآن، وهناك 21 عنصراً متواجد طبيعياً في صورة نقية أي بدون أي نظائر . وكذلك تنقسم النظائر المشعة إلى نظائر طبيعية موجودة في الطبيعة منذ خلقها الله سبحانه وتعالى ، وأخرى صناعية تمكن الإنسان من إنتاجها ليستخدمها في الأغراض المختلفة.

أنواع الأشعة

وجدنا أن في الكون الذي نعيشه أنواعاً عديدة من الأشعة، بعضها يأتي من مصادرها الطبيعية وبعضها الآخر يأتي من المصادر الصناعية، وبعضها ضار بصورة مباشرة على الإنسان وبعضها الآخر لا يتأثر منه الإنسان بصورة مباشرة، وكل ذلك يتوقف على نوعية التصنيف الذي نرغب في دراسته، ولكننا هنا لا تهمنا كل تلك التصنيفات والتقسيم، وإنما سوف نتحدث عن أنواع قليلة محصورة من الأشعة التي من أهمها:

1. **الأشعة النووية:** أصبحت النظائر المشعة مصادر خصبة للإشعاع منذ أن اكتشفها الإنسان فاستخدمها في الكثير من الأغراض، بل واستخدم الأشعة والجسيمات المنبعثة من هذه النظائر بعد أن تم التحكم في سيرها كقذائف تصطدم بأنوية العناصر الأخرى فتفلقها إلى جزأين ليشكلان عناصر جديدة مع انبعاث بعضٍ من الجسيمات وكمية كبيرة من الطاقة التي عرفت فيما بعد بالطاقة الذرية، وهذه العمليةً عرفت (بالانشطار النووي) والعملية العكسية لها تعرف (بالاندماج النووي) التي تتم باتحاد أنوية عناصر ، أو جسيمات مع أنوية عناصر أخرى لتكوّن نواة أثقل مع توليد كمية هائلة من الطاقة وانبعاث بعضٍ من الأشعة النووية التي من أشهرها أشعة ألفا، وأشعة بيتا ، وأشعة جاما .

أ . **أشعة ألفا:** تتألف أشعة ألفا من جسيمات ذات شحنات كهربية موجبة، وهي عبارة عن نواة الهيلوم وتتميز بانخفاض سرعتها وكبر حجمها وثقل كتلتها، فهي لا تستطيع أن تسير إلا بضع سنتيمترات في الهواء ، ولا تستطيع أن تنفذ خلال الخلايا والأنسجة الحية إلا ببضع أجزاء من المليمترات ، فهي بذلك لا تسبب أضراراً للإنسان إذا كان مصدرها خارجياً ، أما إذا دخلت الجسم عن طريق الهواء أو الأغذية والمشروبات الملوثة بالإشعاع فإنها تسبب أضراراً كبيرة للأنسجة الداخلية الحية وخاصة الأنسجة الملامسة لمصدر الإشعاع ، مثل : جدار المعدة والأمعاء وما شابه ذلك، وذلك لأن أشعة ألفا تصطدم خلال مسيرتها ونفاذها للأنسجة الحية بالإلكترونات المدارية لذرات الخلايا ، مما يتسبب في إثارتها أو تأينها وهذا ما يشكل خطراً كبيراً على الإنسان.

ب . **أشعة بيتا:** وهذه الأشعة عبارة عن إلكترونات أو بوزيترونات [جسيم مساوٍ لكتلة الإلكترون ولكنه ذو شحنة موجبة] تسير بسرعة عالية قد تصل إلى سرعة الضوء، وهي أخف وزناً وكتلة من أشعة ألفا ، لذلك فإنها ذات قدرة كبرى على اختراق المواد قد تصل إلى 2 سنتيمتر داخل الأنسجة الحية، لذلك فإنها تشكل خطراً كبيراً على الجزء المعرض لها من طبقة الجلد أو الأحشاء الداخلية. وربما كانت سبباً في إحداث مشكلات جسيمة إذا دخلت الجسم عن طريق الأغذية أو الهواء الملوث.

ج . **أشعة جاما:** وهي عبارة عن إشعاعات كهرومغناطيسية مماثلة للأشعة السينية (أشعة -X) ، إلا أن طول موجتها أقصر بكثير ، لذلك فإن طاقتها أكبر وقوة اختراقها أعظم وسرعتها تساوي سرعة الضوء وبذلك فإنها تحدث أضراراً جسيمة في الجلد وفي الأنسجة والخلايا الحية .

د . **النيوترونات:** وهي عبارة عن جسيمات تنتج داخل المفاعلات الذرية عن انقسام نواة اليورانيوم إلى نواتين أصغر ، وعند اصطدام هذه النيوترونات المنطلقة بنواة يورانيوم أخرى تؤدي إلى انقسامها وانطلاق أعداد أخرى من جسيمات النيوترونات ، وهكذا

يحدث ما يعرف بالتفاعل المتسلسل أو تدفق النيوترونات ، وتخترق هذه الجسيمات الأنسجة والخلايا الحية فتتسبب في تأينها .

2. **الأشعة تحت الحمراء:** وهي أشعة غير مرئية تصدر من الشمس ، كما تكثر في الأطياف التي تزداد فيها الأشعة الحمراء المرئية، ويمكن الحصول عليها من المصباح الكهربي ومن الأجسام المسخنة لدرجة الاحمرار ، ويقتصر تأثيرها في كونها ذات تأثير حراري فقط.
3. **الأشعة فوق البنفسجية:** وهي أيضاً أشعة غير مرئية تصدر من الشمس، كما تكثر في الأطياف التي تزداد فيها الأشعة البنفسجية المرئية ، لذلك يمكن الحصول عليها من المصباح الكهربي ومن مصباح بخار الزئبق وتستخدم هذه الأشعة في علاج بعض الأمراض الجلدية وفي التعقيم وقتل المكروبات ، ولها دور هام في تكوين ڤيتامين D، ولقد دلت الأبحاث أن التعرض المستمر لهذه الأشعة أو الإفراط في التعرض لأشعة الشمس قد يسبب بعض الأورام السرطانية بالجلد .
4. **أشعة الميكروويف (الموجات المكروية):** وهي أشعة ذات موجات قصيرة غير مؤينة ولا تسبب سوى الحرارة والحروق، وتستخدم في العلاج الطبيعي ، حيث يستفاد من حرارتها في تخفيف آلام المفاصل والعضلات، كما تستخدم في طهي الطعام.
5. **الأشعة السينية (أشعة X):** وهي أشعة كهرومغناطيسية تماثل أشعة جاما ، إلا أن طول موجتها أكبر ، وهذه الأشعة تنطلق نتيجة التغير في حالات الإلكترونات بالمدارات الداخلية للذرات ، وتجدر الإشارة إلى أن هذه الأشعة ذات قدرة عالية على اختراق الأجسام ، لذلك فهي ذات تأثير ضار على الجسم البشري المعرض دائماً لها ، فتسبب له فقر الدم وتهتك الجلد وتساقط الشعر .

مصادر الإشعاع

نتعرض نحن والغذاء لأنواع عدة ومختلفة من الإشعاع ، نتيجة لانطلاق كميات غير محسوبة من المواد المشعة التي تتراوح ما بين كميات ضئيلة جداً وكميات كبيرة للغاية من مصادر مختلفة من أهمها المفاعلات النووية أو التفجيرات النووية ، ولقد قسم العلماء مصادر الأشعة إلى نوعين رئيسيين من المصادر ، وهما : مصادر طبيعية ، ومصادر صناعية ، لنحاول أن نتعرف عليهما .

المصادر الطبيعية

يفهم من خلال المسمى لهذه النوعية من الأشعة أنها من تلك النوعية التي توجد حولنا في كل مكان، وعادة مصدرها الصخور والأتربة بالإضافة إلى الشمس والنجوم وما إلى ذلك، وهي تنقسم إلى ثلاثة أقسام أساسية ، وهي :

الأشعة الكونية : تُعد الأشعة الكونية جسيمات مشحونة عالية الطاقة ترد إلى الأرض بشكل مستمر من مختلف نواحي الفضاء ، وهي عبارة عن أنوية لكل العناصر الكيميائية المعروفة في الكرة الأرضية ابتداءً من أنوية الهيدروجين (البروتونات) حتى أنوية اليورانيوم. وتتواجد تلك الأنوية الموجودة في الأشعة الكونية بنسب مشابهة تماماً لما هو موجود في النظام الشمسي .

الأشعة الأرضية : تشير معظم الدراسات التي أجريت على صخور القشرة الأرضية إلى احتوائها على ما يقارب من 40 من النظائر المشعة، مثل: البوتاسيوم -40 ، الروبيدوم -87، اليورانيوم -238 ، والثوريون -232 ، وغيرها. ومن الجدير بالملاحظة أن فترة نصف العمر لهذه النظائر المشعة المنتشرة في قشرة الكرة الأرضية طويلة جداً، لهذا بقيت هذه العناصر في الأرض إلى الآن منذ خلقها، فترة نصف عمر البوتاسيوم -40 يزيد على ألف مليون سنة ، وفترة نصف عمر الروبيدوم -87 يزيد على أربعين ألف مليون سنة ، وهذه النظائر المشعة تبعث أنواعاً مختلفة من الإشعاع الذري كجسيمات بيتا وألفا وأشعة جاما.

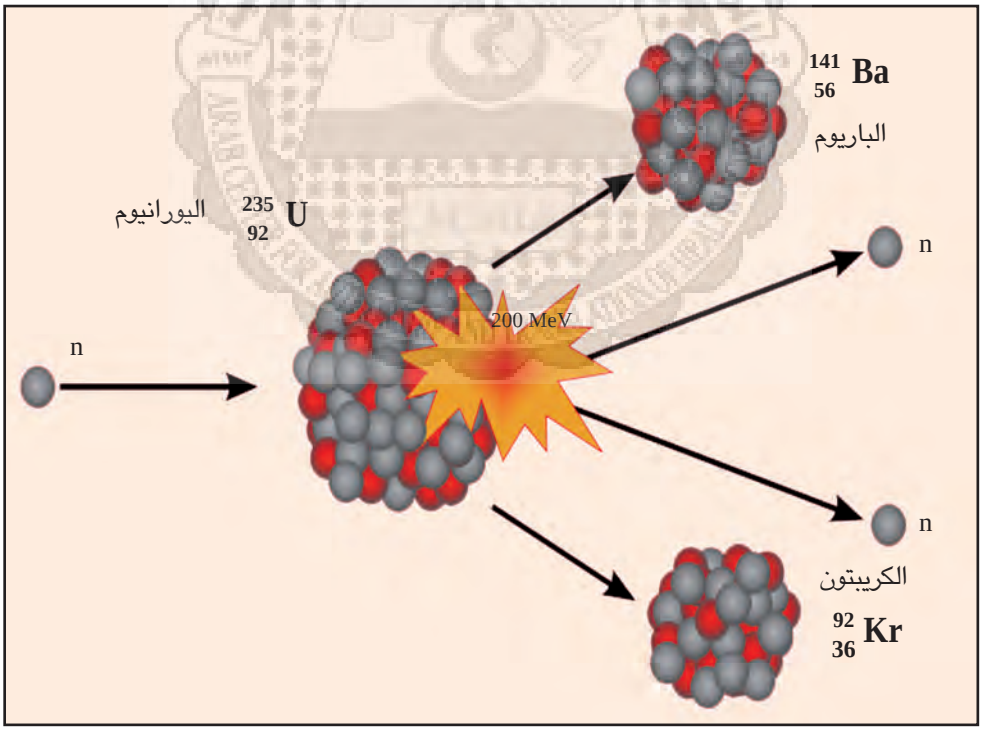
أشعة جسم الإنسان : وجد أن جسم الإنسان يحوي أنواعاً معينة من الإشعاع، نظراً لما يدخل الجسم عبر الهواء الذي يتنفسه والغذاء والماء الذي يصل إلى جوفه. فالهواء هو المصدر الرئيسي للجرعة الإشعاعية الطبيعية التي تصل إلى داخل جسم الإنسان ومصدرها الأساسي غاز الرادون الموجود في جو الأرض والمتولد عن التحلل التلقائي لنظير اليورانيوم -238 الموجود طبيعياً في صخور قشرة الأرض . وكذلك فإن كلاً من الغذاء الذي يتناوله الإنسان والماء مصادر رئيسية ومهمة لتلك المواد المشعة التي تدخل جوفه بصورة مباشرة أو عندما تدخل عبر التربة إلى النبات والثمار ، فالنباتات والأشجار تمتص تلك المواد مع غيرها من المواد الطبيعية فتدخل في بنائها ، كما أن بعض الغبار الذي يتساقط على النبات يحوي آثاراً من تلك المواد المشعة ، فتصل المواد المشعة إلى داخل جسم الإنسان عن طريق تناوله للنباتات أو لحوم الحيوانات التي تتغذى على النباتات ، إضافة إلى ذلك فإن جميع أجسام الكائنات الحية وكذلك جسم الإنسان يحتوي على نظير الكربون المشع 14، لذلك تكون أجسامنا مشعة قليلاً من الداخل نظراً لوجود بعض العناصر المشعة فيها.

المصادر الصناعية

وهذا يعني أن هذه المصادر كانت طبيعية ، ولكن استفاد الإنسان منها وحولها واستخدمها بطريقة أو بأخرى في بعض الأغراض الصناعية، فهو لم يبتدعها أو يصنعها من عدم، وإنما استخدمها في بعض الصناعات، وصنع منها ربما الكثير من المنتجات، وللأسف فإن هذه المنتجات أنتجت منتجات أخرى سببت أضراراً مباشرة للإنسان وحياته، مثل: القنابل النووية، والمفاعلات وما إلى ذلك.

المفاعلات النووية : وقبل الحديث عن المفاعلات النووية وما الذي يحدث فيها ، وكيف، نعتقد أنه من المناسب أن نتحدث عن مصطلحي الانشطار النووي والاندماج النووي، فما هما ؟

الانشطار النووي : هو تفاعل يحدث على مستوى الذرة لذلك يسمى نووي، يحدث فيه انقسام نواة ثقيلة إثر اصطدامها بنيوترون إلى نواتين خفيفتين مع إصدار نيوترونات وتحرر طاقة كبيرة، وبهذه العملية يتحول عنصر معين إلى عنصر آخر وينتج عن عملية الانشطار نيوترونات وفوتونات عالية الطاقة وبالتحديد أشعة جاما، وجسيمات نووية مثل جسيمات ألفا وأشعة بيتا. ويؤدي انشطار العناصر الثقيلة إلى تولد كميات ضخمة من الطاقة الحرارية والإشعاعية التي تستخدم في إنتاج الطاقة الكهربية في المفاعلات النووية، كما تستخدم لإنتاج الأسلحة النووية . ومن العناصر النووية الانشطارية الهامة التي تستخدم كثيراً في المفاعلات الذرية مادتي اليورانيوم -235 وبلوتونيوم -239 التي هي عماد الوقود النووي (الشكل 5).



(الشكل 5): يوضح الانشطار النووي .

الاندماج النووي : يحدث العكس تماماً في حالة الاندماج النووي، إذ أن الاندماج النووي هو عملية تتجمع فيها نواتان ذريتان لتكوين نواة واحدة أثقل، وكذلك فإنه في هذه العملية تنطلق كذلك كمية هائلة من الطاقة تظهر على شكل حرارة وإشعاع كما يحدث في الشمس ، فتمدنا بالحرارة والنور والحياة . فبدون هذا التفاعل ما وُجدت الشمس وما وُجدت النجوم، ولا حياة من دون تلك الطاقة المسماة طاقة الاندماج النووي. وتنتج تلك الطاقة الهائلة عن فقد في وزن النواة الناتجة عن الاندماج النووي ، وهذا الفقد في الكتلة يتحول إلى طاقة تربط العلاقة بين الكتلة والطاقة . ويلاحظ أن الاندماج النووي يحدث في الطبيعة، وأما الانشطار النووي يحدث فيما يعرف بالمفاعلات النووية، فما المفاعلات النووية ؟

المفاعلات النووية : هي منشآت أو مصانع ضخمة تتم فيها السيطرة على عملية الانشطار النووي، حيث يتم الاحتفاظ بالأجواء المناسبة لاستمرار عملية الانشطار النووي دون وقوع انفجارات أثناء الانشطارات المتسلسلة.

وفي هذه المنظومة التي تعرف بالمفاعل النووي تتوفر جملة من المواد للحفاظ على التفاعل النتروني المستمر وللتحكم به للتخلص من الحرارة الناتجة من تفاعلات الانشطار بالصورة الملائمة، ومن المفترض أن يراعى توفير عوامل الأمان للحماية من تسرّب الإشعاع ومن المواد ذات النشاط الإشعاعي التي تنتج أثناء تشغيل المفاعل. وتشير المصادر التاريخية أن أول مفاعل نووي بني في عام 1942م في هانفورد بأمريكا لإنتاج مواد الأسلحة النووية وكان وقوده اليورانيوم الطبيعي، وتلته مئات المفاعلات في كثير من البلاد ، وهي تختلف عن بعضها من حيث المواد المستخدمة فيها ومن حيث تصميمها واستطاعتها.

ولكن ما الذي يخيفنا من المفاعلات النووية ؟

على الرغم من كل تلك الاحتياطات الأمنية التي يمكن أن تتخذ لضمان سلامة هذه المفاعلات النووية ، وخاصة خلال السنوات الثلاثين الأخيرة ، فإنها ما زالت تشكل بؤراً للملوثات الإشعاعية التي ما أن تتسرب إلى الطبيعة حتى تصبح مشكلة من المشكلات التي يصعب حلها ، فقد تنطلق كميات من بقايا الإشعاع من المفاعلات النووية أثناء تشكيل سبائك اليورانيوم والفصل الكيميائي للنظائر المشعة ، أو ما تعرف بمرحلة إنتاج الوقود الذري ، كما يمكن أن ينطلق الإشعاع أيضاً أثناء عمل المفاعل في تطور الانشطار الذري والتنشيط الإشعاعي والتطور الحراري .

ويمكن أن تشكل الكميات الهائلة من المياه المستخدمة في عمليات التبريد خطراً حقيقياً على الكائنات الحية بعد أن تلقى في الأنهار والبحار ، وذلك لما تحمله من كميات كبيرة من المواد المشعة المتسربة إليها نتيجة لأعطال قد تحدث في دوائر التبريد ، وتعاني الكثير من دول

العالم مشكلة النفايات المشعة المتخلفة من المفاعلات النووية التي يتم التخلص منها بوضعها في أوعية خاصة محكمة الغلق بحيث لا تسمح بنفاذ إلا قدر ضئيل جداً من الإشعاع ثم تدفن في حفر خاصة تعمل في أعماق المحيطات.

إلا أن خطر المفاعلات النووية الأكبر يكون ناتجاً عن تسرب كميات هائلة من الإشعاع بسبب حادث ما ، كما حدث في «مفاعل جزيرة الثلاثة أميال» عام 1979م بولاية بنسلفانيا في الولايات المتحدة الأمريكية وكارثة «مفاعل تشرنوبل» التي وقعت في الاتحاد السوفيتي عام 1986م التي اعتبرت أسوأ كارثة للمفاعلات النووية التي عرفها العالم ، وقدر عدد الوفيات ب 31 شخصاً وأصيبت آلاف بأنواع مختلفة من السرطانات نتيجة لتعرضهم لتراكيز عالية من الإشعاع عن طريق الهواء أو تناول الأطعمة والمياه الملوثة . ولقد دلت الدراسات أن الإشعاع عم معظم مناطق العالم وخاصة دول أوروبا الشرقية ، فتأثرت كثير من المحاصيل الزراعية ، والمنتجات الغذائية ، وقد تدمرت قطعان كبيرة من الماشية. ويجب ألا ننسى «كارثة فوكوشيما» ، وهي الكارثة التي تطورت بعد زلزال اليابان الكبير في مارس 2011م ضمن «مفاعل فوكوشيما النووي» ، حيث أدت مشكلات التبريد إلى ارتفاع في ضغط المفاعل ، تبعتها مشكلة في التحكم بالتنفيس نتجت عنها زيادة في النشاط الإشعاعي .

الأسلحة النووية

يُعد السلاح النووي سلاح تدمير فتاك يعتمد في قوته التدميرية على عملية الانشطار النووي أو الاندماج النووي ، ونتيجة لهذه العملية تكون قوة انفجار قنبلة نووية صغيرة أكبر بكثير من قوة انفجار أضخم القنابل التقليدية ، حيث إن بإمكان قنبلة نووية واحدة تدمير أو إلحاق أضرار فادحة بمدينة بكاملها ، لذلك تعتبر الأسلحة النووية أسلحة دمار شامل ويخضع تصنيعها واستعمالها إلى ضوابط دولية حرجة ويمثل السعي نحو امتلاكها هدفاً تسعى إليه كل الدول .

وتشير الدلائل التاريخية أن أول قنبلة نووية تم اختبارها كانت في يوليو 1945م في منطقة تدعى «صحراء ألاموغوردو» الواقعة في ولاية نيو مكسيكو بالولايات المتحدة ، وسميت القنبلة باسم القنبلة (أ) ، وكان هذا الاختبار بمثابة ثورة في عالم المواد المتفجرة والأسلحة المدمرة ، وبهذه العملية فإن شكلاً دائرياً صغيراً بحجم كف اليد يمكن أن يسبب انفجاراً تصل قوته إلى قوة انفجار تحدثه مئات الآلاف من الأطنان من مادة ال «TNT» .

وعند حدوث الانفجار النووي (الشكل 6) فإن الطاقة الناتجة تحول المواد المستخدمة إلى غاز وتنتج ضغطاً هائلاً وريحاً شديدة السرعة تتكون نتيجة التمدد المفاجئ ، كما تنتج وميضاً وهاجاً أقوى من ضوء الشمس ودرجة حرارة تصل إلى عشرة ملايين درجة سلزية، وعندما يتحرر الغاز من هذا الضغط تنطلق موجة لافحة تحمل خطراً مميتاً على هيئة إشعاعات مختلفة الأنواع تؤدي إلى قطع التيار الكهربي ، وإيقاف محركات السيارات حتى الواقعة على مسافات بعيدة نسبياً من موقع الانفجار ، هذا غير الأتربة الكثيفة التي تثار وتكتسب خاصية الإشعاع باندماجها في عملية التفجير واختلاطها بالإشعاعات أثناء الانفجار النووي، وتتكون هذه الأشعة في الغالب من ثلاثة أنواع هي أشعة ألفا، وبيتا وجاما.

(الشكل 6): سحابة الانفجار النووي.

وخلال الأجزاء القليلة الأولى من الثانية ترتفع الحرارة في قلب الانفجار النووي إلى مئات الملايين من الدرجات ، متجاوزة ما يعادل حرارة مركز الشمس، ويرتفع الضغط إلى 100 وحدة ضغط جوي ، دافعاً الغازات المتفجرة نحو الخارج بسرعة خمسة أميال بالساعة ، وبشكل غير منظور ، حيث تلتوي المادة من شدة الانفجار وتتوهج ملايين الأطنان من المادة المقذوفة إلى الأعلى تحت تأثير الأشعة السينية وأشعة جاما والنيوترونات وتعود النظائر المشعة غير المستقرة إلى مستوى الأرض على شكل «غبار ذري» يخترق الخلايا الحية ويدمرها. ويكون لانفجار القنابل النووية تأثير طويل يمتد عبر العصور كما أنّه يسبب الكثير من الأضرار البيئية المختلفة على التربة الزراعية وعلى الهواء وعلى المياه ، حيث إنّ إشعاعات القنابل النووية تتسبب في تسمم المياه والهواء وتتسبب في إحراق التربة ممّا تعيق

عملية الإنتاج من التربة ، وتأثيرها قوي على البشرية والكائنات الحيّة بصفة عامة ، حيث ينتج عن انفجارها العديد من الأمراض الخطيرة التي على رأسها السرطان وتشوهات الجلد وتشوهات الأجنّة في أرحام أمّهاتها والأمر لا يتوقف على وقت حدوث الانفجار، وإنّما هذا التأثير قد يمتد لأكثر من 100 عام ، ويكون تأثير الإشعاعات واضح بصورة ملحوظة على الأجنّة والأجيال الجديدة ، وتنتج عن انفجار القنابل النووية أعداد كبيرة من الوفيّات نظراً لارتفاع الحرارة التي تتسبب في الحروق من الدرجة الثالثة التي تؤدي بالفرد إلى الموت.

كما أنه نتيجة للارتفاع الهائل في درجة الحرارة المصاحبة للتفجيرات الذرية القريبة من سطح الأرض تنصهر حبيبات التربة والغبار العالق في الهواء مع العناصر المشعة التي تتراوح فترة نصف العمر الخاصة بها من ثوان قليلة إلى آلاف السنين ، فتشكل سحابة من الغبار الذري الذي يظل معلقاً في الهواء لحين تساقطه حسب حجم وثقل جزيئاته، فالجزيئات الكبيرة تتساقط في منطقة التفجير خلال ساعات قليلة فتلوث التربة والمياه والنبات والحيوان والإنسان، أما الجزيئات الأصغر حجماً فإنها تقع في الطبقات السفلى من الغلاف الجوي، ويمكن أن تنتقل مع تيارات الهواء إلى آلاف الكيلومترات ، وفي النهاية تسقط على الأرض خلال خمسة أيام أو أكثر ، ويبقى الغبار الذري الدقيق (حجم جزيئاته أقل من ميكرون واحد) معلقاً في الطبقات الوسطى والعليا من الغلاف الجوي ، وينتقل مع تيارات الهواء حول الكرة الأرضية لسنوات عديدة قبل أن تتساقط في مناطق متفاوتة من العالم، وهذا الغبار المتساقط يعد من أهم مصادر التلوث الإشعاعي التي منها يمكن أن يتلوث الغذاء والإنسان .

اليورانيوم المنضب

وبالإضافة إلى ما سبق ذكره من مصادر الإشعاع فإنه في الآونة الأخيرة، وخاصة أثناء حرب عاصفة الصحراء عام 1991م استخدمت قوات الحلفاء العديد من الأسلحة التي كانت تحتوي على ما يعرف باليورانيوم المنضب. فما هذا النوع من اليورانيوم ؟ وما تأثيراته ؟

يستخدم اليورانيوم الطبيعي لإنتاج اليورانيوم المخصب من خلال عمليات كيميائية، وذلك لاستخدامه كوقود نووي في محطات توليد الكهرباء بالطاقة النووية، أو لاستخدامه في الأسلحة النووية . ويعد اليورانيوم المنضب ناتجاً ثانوياً أو يمكن أن يعد نوعاً من أنواع المخلفات العادمة لعمليات إنتاج هذا اليورانيوم المخصب . وحيث إن اليورانيوم المنضب هو ناتج ثانوي من عمليات تخصيب اليورانيوم ، لذلك فهو متوفر بأسعار رخيصة جداً ، ومنافسة للمواد الأخرى ذات الكثافة العالية مثل التنجستين، ومن أجل ذلك نجد له تطبيقات تجارية وعسكرية كثيرة. ويجدر بنا أن نذكر أن اليورانيوم المنضب يستخرج أيضاً من الوقود المستنفذ الذي يتم استخدامه في المفاعلات النووية ، وذلك عند فصل البلوتونيوم.

ومن الناحية الإشعاعية ، يصدر اليورانيوم المنضب نفس أنواع الإشعاعات الصادرة من اليورانيوم الطبيعي ، إلا أنها بكميات أقل، كما أن الإشعاعات الصادرة من اليورانيوم المنضب تمثل 40% من الإشعاعات الصادرة من اليورانيوم الطبيعي. إن مجموع النشاط الإشعاعي في اليورانيوم المنضب يقل عن مجموعة النشاط الإشعاعي لخليط نظائر اليورانيوم في اليورانيوم الطبيعي بنسبة 22%.

وقد تلقي دول المنطقة حسب إحصاءات غربية أطلسية خلال حرب الخليج الثانية 940 ألف قذيفة يورانيوم منضب أمريكية الصنع، وهو ما يساوي تماماً 350 طن من اليورانيوم المنضّب هي فقط مخلفات القصف، وهذا يعني بحساب فترة نصف العمر التي سنتحدث عنها ، إن بعض المناطق في دول الخليج العربي ستبقى ملوثة لمئات الملايين من السنين ، وهذا بحد ذاته أمر مرعب ، ولو أن العالم ينتبه الآن إلى أن 200 ألف جندي من أصل نصف مليون شاركوا في حرب الخليج الثانية قد أصيبوا بالإشعاع وبدت عليهم أعراضه ، لو تنبه العالم لهذا فإن هذا يعني الكثير بالنسبة للمنطقة العربية.

الموجات الكهرومغناطيسية

في عام 1820م لاحظ العالم «أورستد» أنه إذا مر تيار كهربي في سلك فإنه ينشأ تأثير مغناطيسي متمثلاً في انحراف إبرة مغناطيسية موضوعة بجوار السلك ، وقد ربط اكتشاف أورستد علاقة بين علم الكهربية وعلم المغناطيسية ، لتنتج لنا ما عرف بعد ذلك باسم الأشعة الكهرومغناطيسية والموجات الكهرومغناطيسية .

تُعد الموجات الكهرومغناطيسية شكلاً من أشكال الطاقة التي تملك حقلاً كهربياً ومغناطيسياً، وتختلف عن الموجات الميكانيكية بكونها تنتشر حتى في الأوساط غير المادية (الفراغ). وتُعرف الموجات الكهرومغناطيسية على أنها تلك الموجات التي تنتشر في الفراغ والأوساط المادية، ومن أشهر أنواعها موجات الضوء والأشعة السينية وأشعة جاما. وتتكون هذه الموجات من مجالين كهربي ومغناطيسي متعامدين أحدهما على الآخر، متغيرين ومتلازمين ومتفقين في الطور. وهي الأساس في الاتصالات اللاسلكية التي بها يتم الاتصال بين نقطتين أو أكثر (مرسل ومستقبل) بينهما مسافات شاسعة ، ولا توجد بينهما خطوط نقل مباشرة والاتصالات اللاسلكية لها تطبيقات عديدة في مجالات الاتصالات الهاتفية والمراقبة الجوية والأقمار الصناعية.

التأثيرات الصحية للإشعاعات الكهرومغناطيسية

مبدئياً فإن لكل نوع من الموجات تأثيرات تختلف بصورة أو بأخرى عن الموجات الأخرى، فبالنسبة للموجات الكهرومغناطيسية فهي تتسبب بصورة عامة في إحداث تأثيرات بيولوجية من الممكن أحياناً أن تؤدي إلى بعض الآثار الصحية الضارة أو النافعة . فمثلاً تساعد أشعة الشمس الجسم في إنتاج ڤيتامين D كما أنها تستعد على الشعور بالدفء في يوم بارد ، ولكن من ناحية أخرى فإن التعرض لأشعة الشمس القوية لوقت طويل قد ينتج عنه حروق أو سرطان الجلد .

وفي العادة تنشأ أضرار الجرعات الإشعاعية العالية والمتوسطة خلال دقائق إلى أسابيع معدودة، وتتسبب في الاختلال الوظيفي والتركيبي لبعض خلايا الجسم الحي التي قد تنتهي في حالات الجرعات الإشعاعية العالية إلى موت الخلايا الحية . أما التعرض لجرعات إشعاعية منخفضة فقد لا تتسبب في أمراض جسدية سريعة، إلا أنها تحفز سلسلة من التغيرات على المستوى تحت الخلوي ، وتؤدي إلى الإضرار بالمادة الوراثية بالخلية الجسدية ، مما قد يترتب عليه تكوّن الأورام السرطانية التي قد يستغرق ظهورها عدة سنوات. أما الإضرار بالمادة الوراثية بالخلية التناسلية فيتسبب في تشوهات خلقية وأمراض وراثية تظهر في الأجيال المتعاقبة للآباء أو الأمهات ضحايا التعرض الإشعاعي، وتعرف الأضرار الجسدية أو الوراثية متأخرة الظهور بالأضرار الاحتمالية للتعرض الإشعاعي.

الإشعاعات المؤينة وغير المؤينة

التأين يعني حالة من عدم الاستقرار للذرة التي هي أساس الوسط المادي، والتي تكون قد فقدت إلكتروناً وأصبحت موجبة الشحنة . وعادة الإشعاعات تقسم إلى نوعين ، وهما :

- **الإشعاعات غير المؤينة :** وهي الإشعاعات التي ليس لها أي تأثير على الوسط التي تمر من خلاله ، لأنها تحتوي على طاقة منخفضة جداً ، مثل موجات الراديو والموجات المكروية. وهذه ليس لها أي تأثير على الصحة العامة للإنسان ، حيث إننا نتعرض لها بصفة مستمرة .

- **الإشعاعات المؤينة :** وهي إشعاعات ذات طاقة عالية جداً تتسبب أثناء مرورها في الوسط المادي في طرد الإلكترونات من ذرات المادة وتحولها لأيونات، ولهذا السبب فهي ضارة جداً على صحة الإنسان إذا ازدادت عن حدها، ولهذا يفضل عدم الإسراف في الكشف الطبي من خلال الأشعة السينية.

وبمعنى آخر فإن الإشعاع المؤين هو نوع من الطاقة التي تُطْلِقه ذرات معينة وتنتقل على هيئة موجات كهرومغناطيسية (أشعة جاما أو الأشعة السينية) (أو على هيئة جسيمات (نيوترونات بيتا أو ألفا) . ويسمى هذا التفكك التلقائي للذرات النشاط الإشعاعي ، وتُعد الطاقة الزائدة المنبعثة أثناء هذا التفكك شكلاً من أشكال الإشعاع المؤين . ويُطلَق على العناصر غير المستقرة التي تتفكك وتنبعث منها الإشعاعات المؤينة اسم النويدات المُشِعّة. وتُحدّد الصفات الفريدة لجميع النويدات المُشِعّة حسب نوع الإشعاعات المنبعثة منها وطاقة تلك الإشعاعات وعمرها النصفي .

فترة عمر النصف

تخيل مادة أو نظيراً مشعاً، هذا النظير يتحول تدريجياً إلى مادة الرصاص الخامل ، إذ يصبح غير مشع، كيف ؟

على سبيل المثال ، إذا قمنا بحقن إنسان جرعة قدرها 100 ملجرام من عقار من مادة مشعة، فترة عمر النصف لها حوالي 4 ساعات، فبعد تمام الساعة الرابعة من حقنه ستصل الجرعة إلى 50 ملجرام نشطة داخل الجسم من حجمها الأصلي وهو 100 ملجرام، وبعد أربع ساعات أخرى سيصل تركيزه إلى 25 ملجرام من الحجم الأصلي، بمعنى أنه يقل تركيز الجرعة بمعدل 50% كل أربع ساعات، وربما يأخذ العقار بضعة أعمار نصفية أخرى قبل أن يتحول إلى حالة من الخمول التام .

إذن ففترة عمر النصف هي الفترة اللازمة لتفكك نصف ذرات عنصر ذات نشاط إشعاعي إلى نصف الكمية الأصلية، بحيث يتحول نصفها إلى مادة خاملة مثل الرصاص، والنصف الآخر يبقى كما هو في الأصل مادة مشعة.

فاليورانيوم 234 ـ مثلاً ـ فترة عمر النصف له تقدر بحوالي 245 سنة، فلو كان عندي كيلو من اليورانيوم 234، ويطلق أشعة ما، فإنه بعد 245 سنة من إطلاق الأشعة سيتبقى منه حوالي نصف كيلو، والنصف الآخر يتحول إلى مادة خاملة مثل الرصاص . والنصف كيلو المتبقية تحتاج إلى 245 سنة أخرى حتى تتحول إلى ربع كيلو جرام، فيتبقى منها ربع كيلو مشع والربع الآخر يتحول إلى مادة خاملة ، بمعنى إنه انقضى من العمر حوالي 490 سنة ولم ينته كيلو اليورانيوم من الوجود ، إذ بقي من الكيلو جرام حوالي ربع كيلو، وهذا الربع كيلو (250 جرام) يحتاج كذلك إلى 245 سنة حتى يتحول نصفه (125 جرام) إلى مادة خاملة ويتبقى منها كذلك نفس الوزن مادة مشعة ، وهكذا تستمر العملية حتى تنتهي كمية الكيلو جرام من اليورانيوم .

وهذا يعني أن المواد المشعة تبقى مشعة وتطلق أنواعاً مختلفة من الأشعة إلى فترات طويلة من الزمن قد تصل في الكثير من الحالات إلى آلاف السنين وربما أكثر ، وبمعنى آخر إن الملوثات المشعة التي تنطلق في الجو بسبب أو بآخر تبقى في الطبيعة كل هذه المساحة الزمنية من غير أن تتأثر .

تأثيرات الإشعاع على جسم الإنسان

يمكن أن يتعرض الإنسان لليورانيوم أو بعض النظائر المشعة أو الجسيمات المنبعثة من تلك العناصر المشعة عن طريق الاستنشاق أو الابتلاع أو التماس الجلدي ، ويعد الاستنشاق أكثر حالات التعرض أثناء أو بعد الحروب أو الانفجارات أو التسريبات وما إلى ذلك ، وقد تستنشق أبخرة أو أدخنة منبعثة من تلك العناصر المشعة أثناء اندلاع حريق في مستودع يحوي ذخيرة مصنعة ، وقد يحدث الابتلاع عند فئات كثيرة من السكان نتيجة تلوث مياه الشرب أو الأغذية ببعض النظائر المشعة، ويعتبر التعرض للجسيمات المشعة عن طريق التماس الجلد من أقل الحالات أهمية لأن كمية الأشعة التي تخترق الجلد لتصل إلى الدم تظل قليلة ، ولكن يمكن أن يصل إلى الدورة الدموية من خلال الجروح المفتوحة أو من شظايا التفجيرات والحوادث كما يحدث في حالات اليورانيوم المنضب . ويحدد ذوبان الجسيمات المشعة في الجسم مدى سرعة امتصاص الجسم لها سواء من الرئتين أو من الجهاز الهضمي. كما يعتمد على نوع المركب أو العنصر وتركيبه الكيميائي ، وكما هو معروف فإن جسم الإنسان وسط مائي . ولهذا يتم امتصاص المواد المشعة التي تذوب في الماء من خلال الرئتين في فترة لا تتجاوز أياماً قليلة ، أما المركبات التي لا تذوب في الماء فقد يمتصها الجسم خلال شهور أو سنوات.

وتُعد الكُلى هي العضو الأكثر تأثراً بالمواد المشعة ، حيث يؤدي امتصاص الكلى للمواد المشعة إلى ضرر وموت خلايا الكلى أو عدم قدرتها على تصفية الدم وتنقيته ، وذلك حسب تركيز المواد المشعة . فلو تحدثنا عن اليورانيوم المنضب كمثال فقد وجد أن الجنود يستنشقون حوالي 95% من جزيئات اليورانيوم المنضب المتطايرة إذا تم قصف مدرعتهم أثناء الحرب ، وتترسب جزيئات اليورانيوم المنضب المستنشقة في الجزء العلوي من الجهاز التنفسي . ومعظم هذه الجزيئات يتم بلعها أو طردها عن طريق الأنف ، أما الجزيئات التي يتم امتصاصها فتنتقل إلى الكُلى وباقي أعضاء الجسم ، وقد أوضحت الدراسات أن 6.4% فقط من جزيئات اليورانيوم المنضب القابلة للذوبان، و0.3% فقط من جزيئات اليورانيوم المنضب غير القابلة للذوبان.

ويتخلص جسم الإنسان من 90% من اليورانيوم المنضب القابل للذوبان الذي يصل الدم خلال الكُلى في غضون أيام قليلة بعد التعرض مباشرة . أما ال 10% الباقية فتترسب في العظام وباقي أعضاء الجسم، ويتم التخلص منها على فترات طويلة ، وإذا ما تم استنشاق كمية من أكسيدات اليورانيوم المنضب غير القابلة للذوبان فإنها تبقى سنوات طويلة في الرئتين ويتم امتصاصها ببطء إلى الدم ثم يُفرغها الجسم عن طريق الكلى (في البول) . تؤثر المعادن الثقيلة بشكل عام على الكبد ولكن في جرعات عالية التركيز ، وقد تبين من الأبحاث على حيوانات التجارب أن اليورانيوم يسبب مُشكلات وتلفاً في الكبد إلا أنه لم تسجل أية حالة تلف أو مُشكلات للكبد في الإنسان من اليورانيوم المنضب وخصوصاً للعاملين على اليورانيوم المنضب المعرضين له أكثر من الجنود في ساحة الحرب .

تشير بعض الدراسات إلى أن هذا يحدث نتيجة التعرض لجرعة عالية من الأشعة خلال فترة قصيرة من دقائق قليلة إلى عدة أيام، وتتراوح الأعراض من غثيان وقيء وفقد الشعر وتغير في تركيب الدم وتغير في التركيب الوراثي إلى موت سريع ، وتظهر الأعراض بعد التعرض مباشرة لجرعات عالية من الأشعة ، كما يحدث في حالة تعرض الإنسان للقنابل النووية أو ما شابه ذلك .

الفصل الثاني

تلوث الغذاء بالإشعاع

لقد عرف معنى التلوث الإشعاعي من وقت تأثير الإشعاع على الإنسان (كما حدث للسيدة «كوري» عندما عملت على دراسة خواص عنصر الراديوم المشع وقد تأثرت به تأثيراً أودى بحياتها) . كذلك يوم سقطت أول قنبلة نووية على هيروشيما في 6 أغسطس 1945م و 9 أغسطس من نفس السنة لمدينة ناجازاكي ، فقد أدت هذه التفجيرات إلى قتل عشرات الآلاف وإصابة عدد كبير من السكان المحيطين بموقع الانفجار على أبعاد متباينة تصل إلى أكثر من عشرين كيلو متراً وربما أكثر ، وقد بقي هذا التلوث لسنوات عديدة أدى إلى التأثير في جيل واحد على الأقل من البشر . ويعتمد آثار التلوث الإشعاعي على عدد من العوامل لتتوسع دائرة انتشاره باستمرار ، ومن هذه العوامل :

1. اختلاف المصدر المشع .
2. نسبة التعرض للإشعاع النووي .
3. اختلاف شدة هذا الإشعاع .
4. المدة التي يتعرض فيها الإنسان للإشعاع .
5. منطقة التعرض لأي عضو من أعضاء جسم الإنسان .

إن النسبة المتفق عليها بصورة عامة التي يجب ألاّ يتعرض الإنسان لأكثر منها في حالته الاعتيادية هي 5 ريم [الريم (REM) وحدة تستخدم لقياس نسبة الأشعة المتصّة من قبل الجسم وهي تعادل رونتجن واحد من الأشعة السينية] . إن الأشعة النووية تختلف شدتها ويختلف بالتالي تأثيرها ، لكنها مؤثرة في كل الأحوال بشدّتها العالية والضعيفة ، وإن الشدة العالية يمكن أن تؤثر على الكائنات إذا كانت تتعرض هذه الكائنات لفترة وجيزة للإشعاع وتؤثر مثل تأثير الأشعة الضعيفة لفترة طويلة ، حيث أكدت الوكالة الدولية للطاقة الذرية واللجنة الدولية للحماية من الإشعاع أن التعرض المستمر للأشعة قليلة الشدة تسبب مرض السرطان في العضو المتعرض أو في أي عضو آخر من جسم الكائن الحيّ . فهناك احتمال إصابة شخص واحد من مجموع ثمانية آلاف شخص تعرضوا لإشعاع ضعيف لا تزيد قوته عن ريم واحد.

إن التعرض للأشعة النووية ـ كما أشرنا في الفصل الأول ـ أصبح مشكلة العصر التي لا يمكن التخلص منها إلاّ وفق برنامج عالمي عام ، فالإنسان يتعرض لها في المستشفى وفي المعمل (مثل : المفاعلات النووية ، صناعة النظائر المشعة ، صناعة الساعات المضيئة ، مناجم الخامات لبعض العناصر المشعة كالراديوم ، واليورانيوم، وغير ذلك) ، وفي المأكل والمشرب، ومن الأجواء المحيطة (مثل : المتساقطات من أغوار الفضاء) . كما أن النفايات المشعة بحد ذاتها تعد مشكلة ما زالت كثير من الدول تعاني كيفية حلّها ، خاصة تلك التي تمتلك المحطات الكهرونووية ، أو التي تسير في مجال من الأبحاث النووية المستمرة ، فكلاهما له ناتج من هذه المحطات والمفاعلات وهذا الناتج يومي أو شهري ، وكلاهما له مستوى لجمع هذه النفايات، ومحاولة طمرها ودفنها في أماكنها الخاصة فمنها ما يدفن في مدافنها المخصصة ، وهذه لها استيعاب معين ، ومنها ما تصدره خارج حدودها الإقليمية مثلما حدث لكثير من البلدان التي دفنت نفاياتها بعد أن سربتها بشكل غير شرعي لدفنها ، حتى سببت الفواجع والكوارث الصحية كما حدث في بعض البلدان العربية الإفريقية.

علاوة على النفايات الصادرة من الغبار المشع الذي يحمل نواتج الانشطار النووي إلى أجواء غير أجواء المنطقة التي حدثت فيها التجربة النووية ، وما هذه التجارب إلا لزيادة القدرات العسكرية التدميرية لهذه البلدان ، وكلما زادت قدرة التجربة زاد غبارها المشع، وبالتالي ازدادت نسبة النفايات المشعة ، وبالتالي زاد تركيزها وتأثيرها على الناس . وعملية انتقال الغبار المشع تتم عن طريق طبقات الجو العليا ويزيد الخطر كلما زاد ارتفاع الغبار المشع لينتقل إلى أماكن أبعد فأبعد . وللأسف فإن أغلب النظائر المشعة التي تتسرب من هذه التجارب لها أعمار نصفية طويلة فتبقى في الجو أو على سطح الأرض أو في باطنها لفترات قد تصل إلى آلاف السنين (كما في الكربون 14 الذي يصل عمره النصفي إلى 5,730 عاماً، وللبوتاسيوم 40 ، يصل إلى مليار و300 مليون عاماً، أما للروبيديوم 87 فيصل العمر النصفي إلى 50 مليار عام).

وفي الوطن العربي لم تحظ مشكلة التلوث بالإشعاع ـ سواء المتعلقة بالإنسان أو بالغذاء ـ بالاهتمام الكافي من قبل المؤسسات الحكومية أو حتى المؤسسات غير الحكومية، وحتى على المستوى الدولي فإن الكثير من الحكومات الغربية أو الشرقية تحاول أن تخفي الحقائق، إذ أن تلك الحقائق ربما تكشف تورط تلك الدول في الكثير من الحوادث التي من المفترض أن تظل نتائجها مخفية، ربما ذلك لأسباب سياسية أو اقتصادية أو غير ذلك وهذه موضوعات لا نريد الخوض فيها، ولكن منها :

- عدم وجود إحصائيات دقيقة حول مساحات الأراضي الملوثة بالإشعاع وتحديدها.
- عدم رغبة دول الغرب والشرق في تقديم كشوف عن المناطق والمواقع التي استخدمت فيها التجارب النووية والأسلحة .

- لا توجد متابعة حقيقية من قبل المؤسسات لهذا الموضوع تحت مسبب الخجل من الأصدقاء الأمريكان والروس والآخرين .
- عدم سماح الولايات المتحدة الأمريكية وروسيا ودول الغرب لأية جهة بالكشف عن مستويات التلوث الإشعاعي في البلدان التي غزتها وتغزوها .

وكانت هذه من الأسباب الحقيقة لقلة المعلومات التي تتحدث عن هذا الموضوع ، ولكن من خلال العديد من المراكز البحثية والدراسات التي قام بها كثير من الباحثين على المستوى العالمي بنشرها تمكنا من أن نلخص بعضاً من تلك الأضرار سواء بصفة عامة أو مدى تأثيراتها على الإنسان والغذاء .

كيف يتعرض الغذاء للإشعاع ؟

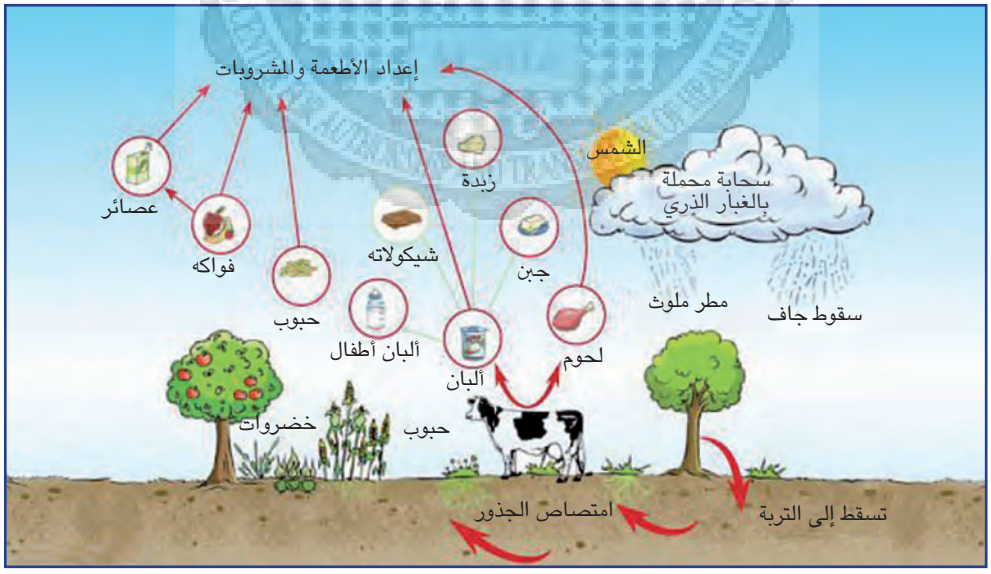
تلعب الفترة التي تتعرض خلالها الأغذية للمواد المشعة دوراً هاماً في زيادة تأثيرها ، ففي حال سقوط المواد المشعة في فترة حصاد المحاصيل فإن ضررها يكون أشد، حيث يؤدي ذلك إلى ترسب المواد المشعة على سطح النباتات فتمتصها الأوراق أو الجذور فيما بعد، وعندما يكون التلوث سطحياً فإن النباتات الخضراء عريضة الأوراق تكون أشد خطراً على الإنسان، كالخس والسبانخ والفاكهة التي لا تنتزع قشرتها عند أكلها ، كالعنب والمشمش والجوافة . وقد دلت نتائج الدراسات التي أجريت للتحري عن كيفية التعرض للتلوث الإشعاعي أن غذاء الإنسان يتعرض للإشعاع بطرق عديدة منها :

1. **التعرض الخارجي للإشعاع المحمول بالهواء :** ويتم ذلك إما عن طريق استنشاق الأكسجين الملوث أثناء عمليات التنفس ، أو ثاني أكسيد الكربون الملوث لإتمام عملية البناء الضوئي في النبات ، وفي كلتا الحالتين تتحد المواد المشعة مع عناصر البناء الأساسية لتكوّن لنا في النهاية غذاء ملوثاً بالإشعاع ، كالفواكه والخضراوات الورقية وما شابه ذلك. وقد يحدث التلوث عن طريق تساقط الجزيئات المشعة بأحجامها المختلفة على أسطح النبات مباشرة ، وهذا يعني أن النبات يصبح كله ملوثاً بالإشعاع وبالتالي تبقى الجسيمات المشعة على الشجرة أو النبتة لفترات طويلة نسبياً، ربما طوال عمر الشجرة ، بمعنى أن تصبح كل منتجات تلك الشجرة ـ طوال الوقت ـ ملوثة ، ليس ذلك فحسب وإنما حتى الحشرات والأحياء التي تقتات على تلك الشجرة تصبح ملوثة ، فتنتقل الجزئيات المشعة عبر السلسلة الغذائية من الشجرة إلى الحشرة ومن كائن إلى كائن حتى تصل في النهاية إلى معدة الإنسان.

2. **التعرض الداخلي للإشعاع المترسب على الأرض :** تمتص النباتات التي تعتبر الصانعة الأولى للغذاء عن طريق جذورها كافة العناصر الكيميائية الضرورية لصناعة الغذاء من التربة لتستفيد منه عبر السلسلة الغذائية كل الكائنات المستهلكة وعلى رأسها الإنسان، وعن طريق نفس هذه الجذور تمتص النباتات العناصر الكيميائية المشعة المترسبة على سطح الأرض فتدخل المواد المشعة مع العناصر الكيميائية في التفاعلات الكيميائية الحيوية لصنع الغذاء ، وعبر السلسلة الغذائية تصل الأطعمة الملوثة بالإشعاع إلى معدة الإنسان .

3. **تلوث لحوم الحيوانات بالمواد المشعة :** نتيجة لتلوث حوافر الحيوان وربما شعره وصوفه، والإهمال في عملية الذبح والسلخ والغسيل قد تتسبب في نقل هذه الملوثات المشعة من الأجزاء الخارجية المهملة لتتساقط على اللحوم المستخدمة كغذاء ، وقد تنتقل هذه الملوثات عبر تلك الحيوانات إلى حليبها وبالتالي المنتجات الغذائية التالية.

4. **اختلاط المواد المشعة بمياه البحار والأنهار :** تختلط المواد المشعة بمياه البحار والأنهار فتسبب تلوثاً للأسماك والأحياء البحرية وتنتقل عبر لحومها ومن خلال السلسلة الغذائية في هذه الأوساط حتى تصل إلى الإنسان في النهاية.



(الشكل 7): تلوث الأطعمة بالإشعاع .

ما يحدث للغذاء عند تعرضه للإشعاع

عند سقوط الإشعاعات المختلفة كالجسيمات الثقيلة ، والإلكترونات ، وأشعة جاما ، والأشعة السينية ، وكذلك النيوترونات تتأين بعض مكونات الخلية الحية ، خاصة جزيئات الماء التي تمثل الجزء الأكبر من الخلية ، ويؤدي هذا التأين في الماء ومكونات الخلية الأخرى إلى حدوث تغيرات كيميائية تؤدي بدورها إلى إحداث تغير في تركيب ووظيفة الخلية، فيضعف هذا التأين من تماسك الروابط الكيميائية التي بين الخلايا والأنسجة ، مما يسبب ـ مثلاً ـ زيادة في نزف اللحوم وضعفاً عاماً في الخضراوات والفواكه فتصبح أكثر عرضة للهجوم والفساد الناتج من المكروبات ، كذلك فإن بعض التغيرات الكيميائية قد تتسبب في انبعاث بعض الروائح الكريهة وإفراز النكهة غير المرغوبة .

كما أنه بالإضافة إلى هذه الآثار الذاتية التي تظهر على الغذاء نفسه، فإن تعرض الأحياء المستخدمة كغذاء للتلوث الإشعاعي يسبب في ضررها أو التأثير على أعضائها التناسلية ، مما ينتج عنه ظهور أعراض الضعف أو الاستعداد للتلف والتشوهات في ذريتها، وهذا يعرف بالآثار الوراثية .

ما يحدث حينما يتناول الإنسان الغذاء الملوث بالإشعاع

عندما يتناول الإنسان غذاءً ملوثاً بالإشعاع ، فإن بعض الخلايا تكون أكثر تأثراً ، مثل خلايا الجلد والجهاز الهضمي والدم ، ويعد الدم أكثر هذه الخلايا حساسية للأشعة، وعند التعرض لجرعة 300 راد من الأشعة (راد هي وحدة قديمة لقياس جرعة الأشعة المؤينة للجسم ورمزها (Rad)) . قدمت تلك الوحدة للاستخدام عام 1918م وكان تعريفها أنها كمية الأشعة السينية التي تقوم عند امتصاصها بتدمير الخلايا الحية المعرضة لها . وانتهى استخدام راد كوحدة لقياس جرعة الأشعة عام 1978م واستعيض عنها بوحدة جراي . [جراي (Gray) هي وحدة قياس الجرعة الإشعاعية من الأشعة المؤينة المتصة ، وتعكس كمية الطاقة التي أودعت في 1 كيلوجرام من الجسم الحي أو المادة، وتستعمل الوحدة جراي لقياس جرعة الأشعة السينية أو أشعة جاما المستخدمة في الطب] فإنه يجري انخفاض سريع لمكونات الدم، وتبدأ الخلايا اللمفاوية في الاختفاء ، وربما تختفي تماماً خلال يومين ، كما ينخفض عدد الصفائح الدموية بصورة كبيرة ، ومن الممكن أن يتعرض الإنسان للموت جرّاء حدوث نزف شديد ، وإذا زادت الجرعة التي تعرض إليها الجسم إلى ألف راد ، فإن إمكانية إصابة الجهاز الهضمي بتلف الغلاف البروتيني المغلف له تتزايد بصورة كبيرة.

أما الجلد ، فإن له قدرة أكبر على مقاومة الإشعاعات أكثر من الدم والجهاز الهضمي، ولكن إذا تعرض لجرعة كبيرة جداً من أشعة بيتا الخارجية أو الأشعة السينية المنخفضة جداً فإن الجسم يصبح غير قادر على تجديد خلايا الجلد فتصبح الطبقة الخارجية من الجلد (أدمة الجلد) رقيقة وتحدث تقرحات في الجلد ويفقد الجسم كمية كبيرة من السوائل ، قد يترتب عليها وفاته فوراً .

كما يسبب تناول الأغذية الملوثة إشعاعياً أضراراً كبيرة للجهاز التناسلي لدى الذكور على وجه الخصوص ، وفي حال تعرض الخصيتين لجرعة من الأشعة تبلغ 600 راد ، فإن هذا يسبب عقماً دائماً عند غالبية الذكور ، أما إذا كانت فترة التعرض للإشعاع قليلة فإن ذلك قد يؤدي إلى عقم مؤقت ، وتتباين فترة العقم وفقاً لجرعة الأشعة التي يمتصها الجسم، أما الجهاز التناسلي للأنثى فهو أكثر مقاومة للإشعاع، إذ يلزم لحدوث العقم عند الأنثى تعرضها لجرعة تبلغ نحو 3000 راد من الأشعة، وتتناقص هذه الجرعة مع تقدم العمر عند المرأة لتصل إلى 625 راد، ويعود سبب مقاومة الجهاز التناسلي للمرأة للإشعاع نسبياً إلى عدم وجود انقسام مشابه للخلايا كما هو عند الذكور.

وتتزايد مخاطر الأغذية الملوثة إشعاعياً بالنسبة للأطفال وكبار السن ، وكذلك الأجنة التي يحدث لها تشوه إذا ما تعرضت للإشعاع ولو بجرعات بسيطة ، ويعود سبب تحسس الأجنة للملوثات إلى الانقسام السريع الذي تشهده خلايا الجنين قبل عملية الولادة وأثناء الحمل، ويكون تحسس الجنين للإشعاع على أشده في الثلث الأول من الحمل ، ففي هذه الفترة تتم عملية تكوين الأعضاء ، وبعد هذه الفترة تؤثر الأشعة في الجهاز العصبي. وبعد الثلث الأول من الحمل يؤدي الإشعاع إلى صغر حجم الرأس (صَعَل) وحدوث تخلف عقلي وتشويه الأيدي والأرجل عند الوليد، وخاصة إذا زادت الجرعات من الأشعة عن 25 راد . وقد دلت الدراسات على أن الأطفال الذين يتعرضون لراد واحد وهم في الثلث الأول من الحمل تكون نسبة الإصابة بالسرطان نحو 5% وترتفع الإصابة إلى 1.5% في حال التعرض بعد ذلك لراد واحد.

كما تؤدي الأغذية الملوثة إشعاعياً إلى الإصابة بالعديد من الأورام السرطانية ، وقد أثبتت الدراسات أن الأشعة تستطيع أن تسبب أنواعاً مختلفة من السرطانات في معظم أنسجة الجسم، وأن تأثير الإشعاعات في الحيوانات يتشابه كثيراً مع تأثيرها في الإنسان .

ما يجب فعله إن تبين أن الغذاء ملوث

عند اكتشاف حالات تلوث الأغذية فإنه يجب إتلاف هذه الأغذية فوراً ، وهو ما يؤدي بالطبع إلى خسائر اقتصادية كبيرة للمنتجين ، ولكن البديل هو خداع المستهلك وتركه يأكل أغذية غير صالحة للاستهلاك تصيبه بأمراض خطيرة .

أما بالنسبة للحيوانات المصابة ، فإنها يجب أن تُنقل إلى مناطق مغطاة ، مع استعمال الأعلاف المخزنة ، وعدم تغذيتها بالأعشاب الملوثة ، وفي حالة تلوث الخضراوات ، فإنه يمكن غسلها بمنظفات ومذيبات خاصة لتخفيف التلوث السطحي إلا أن هذه الطريقة مكلفة وتحتاج إلى خبراء لديهم القدرة على تنفيذ هذه العمليات ، كما يمكن تغطية المحاصيل في حالة انتشار الغبار الذري ، ولكن هذا لا يمكن تنفيذه إلا على نطاق ضيق ومحدود .

ولحماية الأغذية من مخاطر التلوث الإشعاعي ، فإنه يجب الاهتمام بإجراء المزيد من البحوث عن كيفية انتقال الإشعاع إلى المواد الغذائية المختلفة ، ووسائل تجنب الغبار الذري، كما يجب توعية المواطنين بمخاطر التسرب الإشعاعي ، ووضع نظم مدروسة لمراقبة التلوث الإشعاعي على المستويين الدولي والوطني ، وتبني معايير موحدة لتقييم الأخطار النووية الناجمة عن التلوث النووي للغذاء.

الفصل الثالث

حفظ الأغذية بالتشعيع
فوائده وأضراره الصحية

إن تشعيع الأغذية يعني معالجة الطعام بواسطة نوع معين من الإشعاع، وتنطوي العملية على تعريض الطعام بصورة متعمدة إلى كميات دقيقة ومحددة من الإشعاع المؤين الخاضعة للرقابة ولفترة زمنية محددة لتحقيق أهداف معينة مرغوبة كما سيتم تفصيلها لاحقاً .

لماذا نعالج الأغذية بالتشعيع ؟

يتزايد الاهتمام بتقنية التشعيع بسبب استمرار الخسائر الغذائية المرتفعة نتيجة الإصابة والتلوث والتلف، وفي المقابل تتزايد المخاوف من الأمراض المنقولة ، وبالإضافة إلى ذلك تتزايد التجارة الدولية في المنتجات الغذائية التي يجب أن تستوفي معايير صارمة للواردات من حيث الجودة والحجر الصحي ، بالإضافة إلى ذلك فإنه تم التشديد أو ـ ربما ـ الحظر الكامل على استخدام بعض التقنيات التي كانت تستخدم في عمليات تعقيم الغذاء كاستخدام عدد من مواد التبخير الكيميائية لمكافحة الحشرات والمكروبات ، ربما كل ذلك جعل من تقنية التشعيع تبرز كبديل فعّال لحماية الغذاء من أضرار التلوث وكعلاج الحجر الصحي للمنتجات الطازجة .

وقد قدرت منظمة الأغذية والزراعة أن ما يقرب من 25% من جميع المنتجات الغذائية في العالم تتلف بسبب الحشرات والجراثيم والقوارض بعد الحصاد ، ولكن مما يجدر ذكره أن استخدام التشعيع وحده كأسلوب للحفظ لن يحل جميع مشكلات فقد الغذاء بعد الحصاد، ولكنه ـ على الأقل ـ يمكن أن يلعب دوراً هاماً في خفض الخسائر وتقليل الاعتماد على المبيدات الكيميائية. ولقد وجد أن العديد من البلدان تفقد كميات هائلة من الحبوب بسبب غزو الحشرات والعث ، وأما بالنسبة للجذور والدرنات فإن نمو البراعم أثناء التخزين يمكن أن يُعد السبب الرئيسي للخسائر ، لذلك فإن العديد من الدول ـ بما في ذلك بنغلاديش وتشيلي والصين وهنغاريا واليابان وجمهورية كوريا وتايلاند ـ تقوم حالياً بتشعيع منتج غذائي واحد أو أكثر كالحبوب والبطاطس والتوابل والأسماك المجففة والبصل والثوم .. إلخ للتحكم في خسائر الغذاء من الأساس .

وبصورة عامة ، تظل الفكرة الأساسية لاستخدام المعالجة بالإشعاع ـ وهي من التقنيات الحديثة في حفظ الأغذية ـ وكذلك الطرق القديمة كالبسترة والتجفيف والتبريد وما إلى ذلك تهدف بصورة أساسية لمنع تدهور الأغذية وفسادها، وكذلك منع انتشار الأمراض المنقولة بالغذاء ، إلا أنه وجد أن استخدام هذه التقنية تساعد على ضمان جودة الأغذية الصلبة وشبه الصلبة كذبائح الحيوانات والدواجن والمأكولات البحرية التي كان من الصعب حفظها بالطرق القديمة ، كالبسترة وما شابه ذلك التي عادة ما كانت تمارس على الأغذية السائلة أو المطبوخة في السوائل، وعليه فإننا يمكن أن نلخص بعض الفوائد المهمة لمعالجة الغذاء بالإشعاع في النقاط التالية:

- **الحد من المكروبات المسببة للأمراض**

إن انتشار الأمراض المنقولة بالغذاء الناتجة من استهلاك الأغذية الملوثة بالجراثيم المسببة للأمراض في تزايد، وهناك وعي عام متزايد بالخطر الصحي الذي تشكله مسببات الأمراض في الغذاء . ومن بين تلك الجرثيم فإن الإشريكية القولونية O157، والسلمونيلة والضُمية المسببة للكوليرا تعد مصدر قلق رئيسي من وجهة نظر الصحة العامة بسبب شدة الأمراض التي تسببها و/ أو بسبب ارتفاع عدد حالات التفشي والحالات الفردية للغذاء.

ومن الواضح أن الالتزام بممارسات التصنيع الجيدة عملية أساسية في العمليات التصنيعية، إلا أن هذا وحده قد لا يكون كافياً للحد من عدد حالات التسمم الغذائي، وبعدما تبين أن مسببات الأمراض المذكورة سابقاً حساسة لمستويات منخفضة من الإشعاع المؤين، وأنه بجرعات منخفضة قد لا تزيد عن 2.5 كيلو جراي يمكن أن تؤثر في أنواع معينة من السلمونيلة وغيرها من الجراثيم، فإنه تم معالجة كل تلك الأغذية بهذه الجرعات المنخفضة، وكانت النتيجة تشبه إلى حد كبير البسترة كما أوصى بها «لويس باستور»، ولكن هذه المرة عرفت بالبسترة الباردة.

ومع الدواجن الطازجة ، أدى التشعيع حتى جرعة 2.5 كيلو جراي إلى القضاء فعلياً على السلمونيلة في ظروف الإنتاج المناسبة . وعند نفس هذه الجرعة من الإشعاع تم تدمير الإشريكية القولونية O157 ، وهي جرثومة شديدة العدوى يمكن أن تؤدي إلى المرض والموت والتي يقدر أنها تسبب 20,000 إصابة و250 حالة وفاة في الولايات المتحدة الأمريكية وحدها سنوياً.

وغالباً ما يكون البيض ومنتجات البيض ملوثاً بالسلمونيلة وقد كانا موضوعاً لكثير من دراسات التشعيع الغذائي ، ولقد أظهر العمل المبكر في المملكة المتحدة أن البيض المتجمد والبيض المجفف يمكن أن يتم معالجته بجرعات من الإشعاع تصل إلى 5 كيلو جراي دون فقد جودتها وأن هذه الجرعة توفر حماية صحية كافية ، وتشير الدراسات الحديثة إلى أن 2 كيلو جراي باعتبارها الجرعة الأنسب لتثبيط نشاط السلمونيلة في مسحوق البيض ، في نفس الوقت الحفاظ على الخصائص الغذائية والحسية .

وغالباً ما تتلوث المأكولات البحرية ، وخاصة المحار بالكائنات المسببة للأمراض، مثل: السلمونيلة ، والضُمية المسببة للكوليرا والشيجيلة . ويعد استهلاك المحار المطبوخ أو الخام الطازج غير صحي نظراً للمخاطر التي يكتنفها ، ومع ذلك ، فإن العديد من الناس يأكلون المحار النيئ مثل المحار والرخويات . وفي الجمبري المجمد ، يتطلب الأمر إلى جرعة تُقدر بحوالي 3 كيلوجراي من أجل تثبيط الجرثومة الضُمية والسلمونيلة وغيرها حتى تصل إلى المستوى الآمن .

ويعد التشعيع حالياً الطريقة الوحيدة المعروفة لتعطيل كل هذه الجراثيم المرضة في الأغذية الخام والمجمدة. ويوضح الجدول التالي أمثلة لبعض المواد الغذائية والجرعة الإشعاعية الموصى بها من (لجنة خبراء منظمة الأغذية والزراعة ، ومنظمة الصحة العالمية، والوكالة الدولية للطاقة الذرية) عند تشعيعها والغرض من التشعيع .

جدول (1) بعض المواد الغذائية والجرعة الإشعاعية الموصى بها

المادة الغذائية	الغرض من التشعيع	مستوى الجرعة الإشعاعية بالكيلوجراي
الدواجن .	إطالة فترة الصلاحية والقضاء على المكروبات المرضة كالسلمونيلة .	5-1
الأسماك ومنتجاتها .	ـ القضاء على الحشرات في الأسماك المجففة . ـ لخفض أعداد المكروبات المرضة وإطالة الصلاحية .	حتى 1 5-1
اللحوم ومنتجاتها .	القضاء على المكروبات وإطالة فترة الصلاحية .	8-5
البطاطس ، البصل والثوم.	تثبيط التبرعم .	حتى 0.15
الفراولة، البرتقال، الجريب فروت، والليمون .	إطالة فترة الصلاحية .	حتى 3
البلح .	القضاء على الحشرات .	حتى 1
القمح ومنتجاته ، الأرز والبقوليات .	القضاء على الحشرات أثناء التخزين .	حتى 1
التوابل والبهارات والبصل المجفف .	ـ القضاء على الحشرات . ـ القضاء على المكروبات . ـ القضاء على المكروبات المرضة .	حتى 1 حتى 10

- **إزالة التلوث**

ويتم استخدام التوابل والأعشاب والخضراوات المجففة من أجل نكهاتها المميزة والألوان والروائح . ومع ذلك، فإنها غالباً ما تكون ملوثة بشدة بالجراثيم بسبب الظروف البيئية وطرق التجهيز المستخدمة أثناء إنتاجها ، ولكن يجب الملاحظة أن هذه المنتجات لا يتم تناولها بصورة مباشرة كالبيض واللحوم والمأكولات البحرية وإنما عادة ما تضاف كمضافات ومنكهات للأغذية التي يتم تناولها ، ولذلك فإنه يجب أن تكون سليمة وصحية قبل إضافتها للأطعمة الأساسية ، وذلك من أجل تقليل التلوث الجرثومي . ونظراً لأن المعالجة الحرارية يمكن أن تسبب فقداً كبيراً في النكهة والرائحة، فإن «عملية البسترة الباردة» مثل التشعيع تعتبر مثالية . وحتى وقت قريب، كان يتم تطهير وتعقيم معظم التوابل والأعشاب باستخدام الغازات المعقمة مثل: أكسيد الإيثيلين لتدمير المكروبات الملوثة ، ولكن أصبح اليوم استخدام أكسيد الإيثيلين محظوراً بموجب توجيه الاتحاد الأوروبي بسبب ارتباطه بالأمراض السرطانية . وقد استخدم التشعيع منذ ذلك الحين كبديل قابل للتطبيق، وينتج عنه استخدام أعشاب وتوابل أكثر نظافة وأفضل جودة بالمقارنة مع تلك المدخنة بأكسيد الإيثيلين . ويمارس تشعيع التوابل على نطاق تجاري في أكثر من 20 بلداً وقد أدى إلى زيادة الإنتاج العالمي بشكل ملحوظ .

- **تمديد فترة صلاحية الغذاء**

يمكن إطالة فترة الصلاحية للعديد من الفواكه والخضراوات واللحوم والدواجن والأسماك والمأكولات البحرية إلى حد كبير عن طريق المعالجة بمزيج من الجرعات المنخفضة من الإشعاع والتبريد الذي لا يغير النكهة أو الملمس، إذ أن الكثير من المكروبات المسببة للتلف حساسة نسبياً للإشعاع، فعلى سبيل المثال فإن الدواجن الطازجة التي يتم معالجتها وفقاً لممارسات التصنيع الجيدة إن تمت معالجتها بجرعة 2.5 كيلو جراي تكون كافية للقضاء على أنواع عديدة من الجراثيم المسببة للتلف، وليس كلها . وهذا ما سيؤدي إلى مضاعفة فترة صلاحية اللحم، بشرط إبقائه محفوظاً تحت درجة حرارة أقل من 5 درجات مئوية .

وكذلك فإن تمديد فترة الصلاحية القصيرة جداً للعديد من السلع النباتية المهمة تجارياً وهو أمر مرغوب فيه للغاية ، وفي بعض الحالات أمر بالغ الأهمية. ويمكن أن يؤدي تعريضها لجرعة منخفضة من الإشعاع إلى إبطاء نضج بعض الفاكهة والثمار، والتحكم في العفن الفطري في بعضها الآخر ، والنضج في بعض الخضراوات، وبالتالي تمديد فترة صلاحيتها . فعلى سبيل المثال، يمكن تأجيل نضج الموز والمانجو والبابايا بتعريضها لجرعة من الإشعاع

تتراوح ما بين (1-0.25) كيلو جراي، وكذلك فإننا يمكن أن نلاحظ أن الفراولة يمكن أن تفسد في قوالبها الخاصة، ولكن معالجتها بجرعة تتراوح ما بين (2-3) كيلو جراي متبوعاً بالتخزين عند درجة حرارة 10 درجات سلزية يؤدي إلى تمديد فترة صلاحية تصل إلى 14 يوماً، ولكن الامتداد الذي يتم الحصول عليه يعتمد على الجودة الأولية للطعام الطازج التي يجب أن تكون جيدة قدر الإمكان.

(الشكل 8): يوضح الفرق بين الفراولة (أ) غير المعالجة بالإشعاع والفراولة (ب) المعالجة بالإشعاع .

ويجب الملاحظة أن المرضى الذين يعانون مشكلات ضعف جهاز المناعة يجب أن يخضعوا لنظام غذائي معقم وأغذية تمت معالجتها بالإشعاع ، ومن جانب آخر فإن رواد الفضاء لا يتناولون إلا المنتجات التي تم تعقيمها للمحافظة على جودتها العالية وسلامة وتنوعها بهدف بقائها لفترات طويلة نسبياً وهي صالحة للاستهلاك الآدمي عند مقارنتها بالأغذية التي تمت معالجها بتقنيات الحفظ الأخرى ، وكذلك وُجد أن العديد من الدول تستخدم تقنية التشعيع في معالجة الأغذية التي يتم تناولها من قبل الأفراد العسكريين خارج حدود البلاد .

- **التخلص من الآفات والحشرات (التطهير)**

إن المشكلة الرئيسية التي تواجه تخزين الحبوب ومنتجات الحبوب هي الإصابة بالحشرات . فقد وجد أن معظم الآفات المثيرة للقلق ، مثل الخنافس والفراش والسوس وغيرها لا تُعد من حشرات الحجر الصحي ، لكنها تسبب أضراراً واسعة النطاق للمنتجات

المخزنة. وقد ثبت أن المعالجة بالإشعاع طريقة فعالة لمكافحة هذه الآفات ، حيث تُعد بديلاً جيداً لبروميد الميثيل المستخدم على نطاق واسع كمواد تبخير لمكافحة الحشرات التي يجري التخلص منها حالياً بصورة تدريجية عالمياً بسبب خصائصها المستنفِذة لطبقة الأوزون ، وبعض المشكلات الأخرى .

وبخلاف بروميد الميثيل والفسفين ـ وهي مادة تبخير أخرى تستخدم في مكافحة آفات الحبوب ـ فإن المعالجة بالإشعاع لا تُعد من المواد المستنفذة لطبقة الأوزون أو ثبت حتى الآن أنها ذات أضرار صحية ، حيث تعتبر المعالجة بالإشعاع علاجاً سريعاً يمكنه القضاء على الآفات المقاومة لبروميد الميثيل والفسفين، ومن الجدير بالذكر أن الجرعة المطلوبة لمكافحة هذه النوعيات من الحشرات منخفضة بشكل معقول ، إذ لا تزيد عن كيلو جراي واحد أو ربما أقل ، ويهدف التطهير أو التخلص من الآفات والحشرات إلى منع الخسائر التي تسببها الحشرات في الحبوب المخزنة ، والبقوليات، والطحين ، والحبوب ، وحبوب البن ، والفواكه المجففة ، والمكسرات المجففة وغيرها من المنتجات الغذائية الجافة بما في ذلك الأسماك المجففة . وعلى الرغم من ذلك فإنه يلزم التغليف المناسب للمنتجات التي تتم معالجتها بالإشعاع لمنع إعادة إصابتها بالحشرات .

يمكن للتطهير الإشعاعي تسهيل التجارة في الفواكه الطازجة ، مثل الحمضيات والمانجو والبابايا التي غالباً ما تحتوي على آفات حشرية ذات أهمية، ولقد وجد أن الحشرات تنتشر بسهولة عبر الدول والقارات عن طريق التجارة الدولية من خلال هذه الثمار ، لذلك وجدت الدول أنه لكي يتم منع هذا الخطر أو تقليله فإنها قامت بحظر استيراد مثل هذه الفواكه أو إخضاعها للحجر الصحي ، ولكن وُجد أن بعضاً من هذه التدابير يمكن أن تؤدي إلى إيجاد بعض العوائق الكبيرة أمام التجارة الدولية والتدفق الحر للمنتجات النباتية ، ولكنها في نفس الوقت مبررة تماماً من وجهة نظر البلد المستقبلة، ويمكن أن نلاحظ أن ظهور ذبابة الفاكهة أدى إلى تعطل التجارة بين البلدان مثل: أستراليا، والولايات المتحدة الأمريكية .

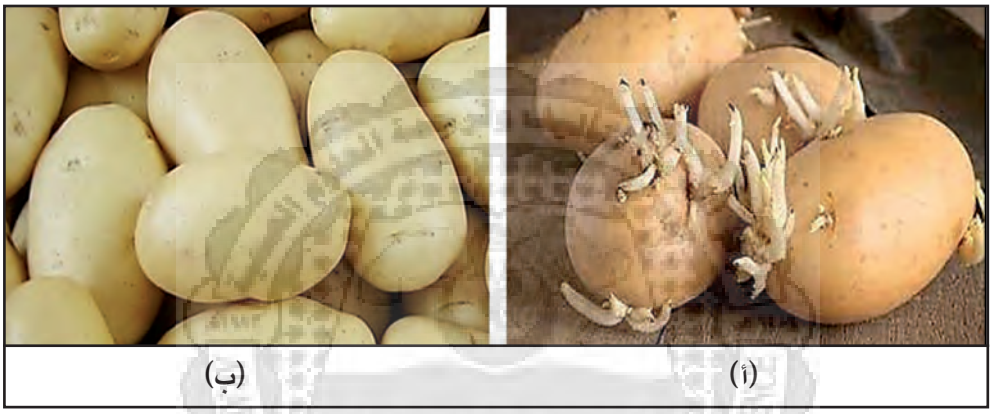
- **تثبيط التبرعم**

من أجل تزويد المستهلكين بإمدادات درنات البطاطس على مدار السنة وبصيلات البصل ، والبطاطا وغيرها من الأطعمة النباتية التي تنمو بنمو براعمها ، فإن هذه النباتات عادة ما تخزن على مدى عدة أشهر ما لم يتم تصديرها لمناطق أخرى ، حيث تباع بأسعار أعلى بكثير، ومن الجدير بالذكر أن هذا التخزين طويل الأجل يمكن أن يتم بالتبريد ، إلا أنه مكلف نوعاً ما، ولا سيما في المناطق شبه الاستوائية والمدارية الحارة.

وكان في السابق يتم تثبيط التفاعلات الكيميائية ونمو البراعم عن طريق استخدام مثبطات إنبات كيميائية ، إلا أنه وُجد أن هذه المواد الكيميائية إما أن تكون غير فعالة في ظل

الظروف المدارية أو أنها تترك بقايا في المنتج ، ولأسباب صحية يعتبرها البعض ضارة ، وهكذا تم حظر استخدامها في العديد من البلدان .

ولكن جرعة منخفضة جداً من الإشعاع تبلغ 0.15 كيلو جراي أو أقل تمنع نمو براعم هذه المنتجات مثل: البطاطس، والبطاطا، والبصل، والثوم، والزنجبيل، والكستناء ، وفي نفس الوقت لا تترك أي بقايا وتسمح بالتخزين عند درجات حرارة أعلى . وعادة ما تتم معالجة البطاطس المخزنة بالإشعاع عند درجات حرارة أعلى (10-15درجات سلزية) إذ تصبح المعالجة فعالة أكثر وذات جودة فضلى .



(الشكل 9): يوضح الفرق بين البطاطس (أ) غير المعالجة بالإشعاع والبطاطس (ب) المعالجة بالإشعاع .

كيف تتم عملية المعالجة بالإشعاع أو تشعيع الأغذية ؟

يمكن تقسيم مراحل المعالجة إلى مرحلتين ، وهما : مرحلة تجهيز الأغذية ، ومرحلة المعالجة بالإشعاع ، وسنلقي الضوء على كل مرحلة على حدة .

مرحلة تجهيز الأغذية قبل معاملتها بالإشعاع

وتُعد هذه المرحلة مهمة جداً لأنه لا يمكن معالجة الأغذية الفاسدة أو التالفة بالإشعاع ، فمثل هذه النوعية من الأغذية لا يجب معالجتها بالإشعاع لأن التعامل معها يعتبر هدراً للمال والجهد ، لذلك فإنه لابد في هذه المرحلة أن يتم التالي :

- ***انتخاب واختيار الأغذية*** ، ويتم اختيار الأغذية المعدة للتشعيع بعناية تامة مع مراعاة استبعاد الثمار أو أي نوع من الغذاء الذي يظهر عليه الفساد بأي شكل من الأشكال .

- ***تنظيف الأغذية المختارة :*** يجب التخلص من كل القاذورات والأتربة والشوائب المرئية على السطح الخارجي للمادة الغذائية المراد تشعيعها .
- ***التعبئة :*** من الواجب تعبئة الأغذية المراد تشعيعها في أوعية خاصة لوقايتها من تأثير الجرعات المرتفعة من الإشعاع ، أو حتى لوقايتها من أعراض الفساد والتلوث بعد معالجتها الإشعاعية .
- ***المعاملة الحرارية :*** تتميز الإنزيمات الموجودة طبيعياً في العديد من المواد الغذائية بدرجات مقاومة عالية للإشعاع ، ولذلك فإنه من الضروري القيام بتثبيط أو تدمير تلك الإنزيمات حتى لا تؤثر على عمليات التشعيع.

مرحلة المعالجة بالإشعاع

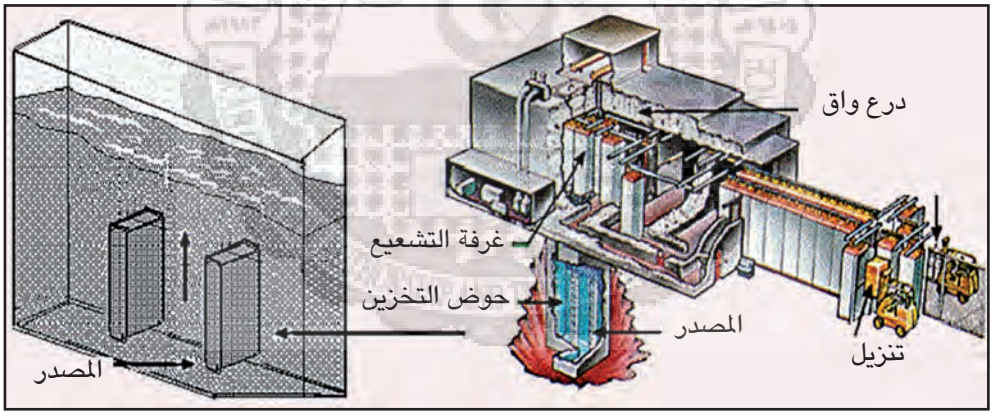
هناك العديد من العمليات التي يشار إليها مجتمعة باسم (تشعيع الأغذية) ، إلا أن الهدف منها كلها هو قتل أو إضعاف قدرة الكائنات الحية على التكاثر غير المرغوب فيه أو التأثير مورفولوجياً على المنتج بطريقة مفيدة من شأنها إطالة مدة الصلاحية كما أشرنا سابقاً . ومما يجدر ذكره هو أن لكل عملية جرعة مثالية من الإشعاعات المؤينة تعتمد على التأثير المطلوب ، ومن الناحية التطبيقية فإنه توجد ثلاث فئات للتطبيق في الصناعات الغذائية وهي كالتالي :

- ***التعقيم البارد :*** في هذه المعاملة تستخدم جرعات من الإشعاع تكفي للقضاء على كل المكروبات الموجودة في الغذاء ، وينتج عنها درجة من التعقيم للمادة الغذائية تعادل ما ينتج عن المعاملات الحرارية المستخدمة في حفظ الأغذية بالتعليب ، حيث يتم اختزال التلوث الجرثومي لجرثومة المطثية الوشيقية (Clostridium botulinum) بمقدار ما يتراوح ما بين (10-12%)، وهذا يعني أن كل عشرة آلاف بليون خلية جرثومية لا يتبقى منها سوى خلية جرثومية واحدة نتيجة هذه المعاملة ، وهذه المعاملة عادة يطلق عليها (التعقيم البارد) . وفي هذا التطبيق تبلغ جرعة الإشعاع أكثر من 10 كيلو جراي.
- ***البسترة الباردة :*** ويطلق هذا الاصطلاح على المعاملة الإشعاعية التي تختزل فيها عدد المكروبات الموجودة في الغذاء إلى الحد الذي يؤدي إلى زيادة فترة الصلاحية ، وهذه المعاملة تقارب في تأثيرها عملية البسترة . ويتطلب الأمر تخزين الأغذية المعاملة بالإشعاع على درجة حرارة منخفضة ، بحيث يمكن التحكم في نمو المكروبات التي قد تقاوم الجرعات المستخدمة خاصة أن بعض سلالات المطثية الوشيقية المسببة للتسمم الوشيقي تستطيع أن تنمو على درجات حرارة تبلغ 5 درجات سلزية وربما أقل . وفي هذا التطبيق تتراوح جرعة الإشعاع من 1 إلى 10 كيلو جراي .

- ***الحفظ البارد :*** في هذه الحالة تستخدم المعاملة الإشعاعية بهدف القضاء على الجراثيم الممرضة مثل السلمونيلة وغيرها ، كما يحدث مثلاً عند تشعيع الأغذية المجمدة أو المجففة، حيث إن الهدف هنا من استخدام الإشعاع هو القضاء على هذه الكائنات الممرضة ، وليس إطالة فترة الصلاحية أو حفظ الغذاء أو ما إلى ذلك . وفي هذا التطبيق تبلغ جرعة الإشعاع حتى 1 كيلو جراي.

كيف تتم عملية المعالجة بالتشعيع ؟

يتم التشعيع بتمرير الأغذية المراد تعقيمها على شريط متحرك (الشكل 10) ، وذلك إما في صناديقها أو في أكوام بمركز الإشعاع أو غرف الإشعاع أو أجهزة الإشعاع الذي يكون مصدره غالباً (كوبالت -60 أو السيزيوم -137) وهما مادتان تبثان أشعة جاما بمستوى منخفض، فتمر عبرها الأغذية المنقولة، فتؤدي العمل المنوط منها. ولقد تم تصميم أجهزة الإشعاع لتتمكن من قذف المنتجات الغذائية بجرعات محددة ومنظمة من الإشعاع دون تعريض العمال أو أفراد الجمهور للأشعة ودون أي تأثير على البيئة.



(الشكل 10): يوضح جهاز المعالجة بالتشعيع وحوض التخزين .

ويتم تشعيع الطعام في «الأجهزة التي تصدر الإشعاعات» التي تقذف حزماً من الإلكترونات أو أشعة جاما أو الأشعة السينية كمصدر للطاقة أو الإشعاعات المؤينة، ولقد وجد أن جميع الذين يستخدمون تقنية التشعيع التجارية لديهم أربعة مكونات أساسية، وهي: مصدر للإشعاع ، وسيلة لنقل المنتج ، الدروع لمنع تعرض الأفراد والبيئة لأنظمة الإشعاع ، وأخيراً أنظمة السلامة . كما تعرف الأشعة المؤينة أنها ذات قدرة على اختراق مواد التعبئة، لذلك عادة يتم تشعيع المنتجات بعد تعبئتها بالكامل .

أما مصدر الإشعاع المستخدم في معالجة المواد فيقتصر على الإشعاعات الصادرة عن أشعة جاما عالية الطاقة والأشعة السينية والإلكترونات المتسارعة فقط، ويشار إليها على أنها الأشعة المؤينة. وعادة ما تستخدم الإشعاعات الناتجة عن كوبالت -60 أو السيزيوم -137 ، إذ تُعد الطاقات الناتجة عن مصادر الإشعاع هذه منخفضة جداً ، بحيث لا تؤدي إلى النشاط الإشعاعي في أية مادة ، بما في ذلك المواد الغذائية .

وتجدر الملاحظة أن أشعة جاما الناتجة عن الكوبالت -60 تؤدي إلى اختراق كبير في المواد الغذائية، ويمكن استخدامها لمعالجة صناديق كاملة من الطعام الطازج أو المجمد ، وفي المقابل فإن هناك نقصاً كبيراً في الكميات التجارية للسيزيوم -137، لذلك أصبح كوبالت -60 هو الخيار الأفضل لمصدر إشعاع جاما الأكثر انتشاراً من الناحية التجارية .

ومن نافلة القول إنه يجب أن تكون منشآت تشعيع الأغذية الصناعية مرخصة ومنظمة ومفتوحة من قبل السلطات الوطنية للسلامة والصحة الإشعاعية التي يعتمد الكثير منها على قواعد الإشعاع وقواعد الممارسة التي وضعتها بشكل مشترك الوكالة الدولية للطاقة الذرية ومنظمة الأغذية والزراعة ومنظمة الصحة العالمية. وتتمثل السمات المشتركة لجميع منشآت التشعيع التجاري في وجود غرفة التشعيع ونظام لنقل الطعام إلى داخل الغرفة وخارجها. والفرق البنيوي الرئيسي بين هذا النوع من المصانع وأي مبنى صناعي آخر هو التدريع الخرساني الذي يتراوح ما بين (1.5-1.8) متراً الذي يحيط بغرفة الإشعاع التي تضمن عدم تسرّب الإشعاع المؤين إلى خارج الغرفة.

وفي حالة جهاز أشعة جاما يصدر المصدر المشع ما يعرف بالنويدات المشعة باستمرار، لذلك فإنه عندما لا يتم استخدامه لمعالجة الطعام يجب تخزينه وحفظه في حوض مائي (عادة ما يكون عمقه 6 أمتار) ، وذلك بسبب أن الماء يعرف على أنه واحد من أفضل الدروع التي يمكن استخدامه ضد طاقة الإشعاع ، إذ أنه يمتص طاقة الإشعاع ويحمي العمال من التعرض إن كان يجب عليهم دخول الغرفة . وعلى النقيض من أشعة جاما تعمل الآلات التي تنتج إلكترونات عالية الطاقة على الكهرباء ويمكن إيقاف تشغيلها .

ويشبه نظام النقل المستخدم في المصنع لتوزيع المواد الغذائية نفس الطريقة المستخدمة في تعقيم المنتجات الطبية . وفي جهاز أشعة جاما يمكن أن يختلف حجم الحاويات التي يتحرك فيها الطعام عبر غرفة التشعيع ، إذ يمكن أن تبلغ حتى 1 متر مكعب. من ناحية أخرى، فمع استخدام الآلات يكون الجزء الأكبر أو سمك المنتج الذي يمكن معالجته أقل بكثير، وبالتالي هناك فرق تصميم أساسي بين نوعي التشعيع .

ما التغيرات التي يمكن أن تظهر على الأغذية المعالجة بالتشعيع ؟

وفقاً للبروتوكولات فإن الغذاء الذي تم تشعيعه بصورة صحيحة يمكن أن يظهر تغيراً طفيفاً جداً في الطعم، وإن كان معظم الناس لا يستطيعون اكتشاف ذلك، لنتعرف على بعض من هذه التغيرات.

هل التغيرات الكيميائية في الغذاء المعالج بالتشعيع ضارة ؟

بعد أكثر من 50 عاماً من الدراسة تم تحديد مركب واحد فريد من نوعه في الطعام المشعع وهو [ألكيل 2- سيكلوبوتانون (2-Alkyl cyclobutanone;2-ACB)] ، إذ يمكن أن يؤثر بعض الإشعاع على بعض أنواع الدهون لينتج كميات صغيرة جداً من 2- ألكيل سيلكوبوتانون . وفي الآونة الأخيرة أجريت العديد من الاختبارات على العديد من الأطعمة غير المشععة لمحاولة الكشف عن 2- ألكيل سيلكوبوتانون ، وحتى الآن تم اكتشافه فقط في الأطعمة المشععة ، وخاصة تلك التي تحتوي على أنواع معينة من الدهون . وقد قامت هيئة الغذاء والدواء الأمريكية بمراجعة البيانات الداعمة لسلامة الأغذية المشععة ، وخلصت إلى أنه لا يوجد أي تأثير ضار من تناول الأطعمة المشععة التي قد تحتوي على 2- ألكيل سيلكوبوتانون في الأغذية المعالجة. ومن ناحية أخرى وجد بعد العديد من الدراسات المنفصلة أن التغيرات التي يحدثها التشعيع يمكن أن تُعد أقل من التغيرات التي تحدث في الطعام بسبب الطهي أو التعليب أو التجميد ، كما وجد أن تشعيع الأغذية يسبب من ناحية أخرى بعض التغيرات الكيميائية التي تنتج ما يسمى المنتجات الراديوية (المعالجة إشعاعياً).

وأظهرت تقييمات ما يقرب من 100 مادة غذائية أن (المنتجات المعالجة إشعاعياً) لا تشكل أي مخاطر صحية طويلة الأجل . وعلى سبيل المثال ، فإن معظم المركبات التي وجدت في الأغذية المعالجة إشعاعياً توجد بشكل طبيعي في الأغذية الأخرى (غير المشععة) عند مستويات أكبر بمرات عديدة من المستويات الناتجة عن التشعيع . ويتم تعزيز هذا الاستنتاج من خلال مقارنة الآثار الكيميائية للإشعاع مع تلك المعالجة حرارياً . وباستثناءات قليلة تتطابق الهويات الكيميائية للمنتجات المعالجة إشعاعياً مع تلك المولدة حرارياً ، في حين أن مستوياتها تكون عادة أقل بكثير مما هو موجود في الأطعمة المعالجة حرارياً . وعلى الرغم من ذلك فإن الأطعمة المعالجة حرارياً تُعد آمنة، وكذلك الأطعمة المشععة. وأخيراً، في مقارنة مختلفة ولكنها مكملة تعتمد على الوظيفة بدلاً من الكيمياء تم تطبيق تقنية الأطعمة المشععة على أنظمة اختبار بيولوجية متنوعة، مثل اختبار (آيمز) للمطفرات ، أو تغذية الأطعمة لاختبار الحيوانات ، وقد وجد أن مثل هذه الاختبارات كانت تفشل باستمرار في الكشف عن وجود مواد مسببة للطفرات أو غيرها من المواد السامة في الأطعمة المشععة ، مما يعزز من التوصل إلى السلامة .

هل من الممكن أن تنتج تقنية التشعيع مواد مسرطنة مثل البنزين ؟

وجدت الدراسات أنه توجد بعض المواد المسرطنة ، مثل البنزين في الأغذية المعالجة بالإشعاع، إلا أنها بمستويات أقل بكثير مما يوجد بصورة طبيعية في مجموعة متنوعة من الأغذية الشائعة، مثل البيض أو منتجات الألبان . ولقد أجريت عديد من الدراسات البيولوجية المسبقة للسرطان، ولم تثبت هذه الدراسات أية سمية على المدى القصير أو على المدى الطويل تتعلق بتأثير الإشعاع على الغذاء . وفي الواقع، فإن دراسة في علم السموم أجريت على التشعيع أو على طرق أخرى لمعالجة الطعام وجدت أن معدل الإصابة بالسرطان في مجموعات الاختبار موجودة بصورة أقل في المجموعة التي كانت تتغذى بالأغذية المشعة. وتم مراجعة النتائج من قبل هيئة الأغذية والأدوية ومجلس المستشارين العلمي لبرنامج علم السموم الوطني فتمت الموافقة على أن الأدلة لم تظهر أية مادة مسرطنة . كما قامت هيئة الغذاء والدواء الأمريكية بمراجعة البيانات التي تدل على أن تركيزات البنزين التي تم إنتاجها بممارسة تقنية التشعيع كانت منخفضة للغاية مقارنة مع تلك التي تم إنتاجها عن طريق تعقيم لحوم الأبقار ، إذ وجدت بجرعات عالية وبجرعات أعلى 35 مرة مما تسمح به اللوائح . وقد خلص التحليل الذي أجراه بعض العلماء إلى أن هذه التركيزات المنخفضة لا تشكل أي قلق على الصحة ، وأن الأطعمة التي يتم تشعيعها بجرعات أقل من شأنها أن تشكل سبباً أقل للقلق ، ولكن، هل يتولد ما يعرف بالجذور الحرة أثناء تقنية التشعيع ، مما يؤثر على صحة وسلامة الغذاء ؟

إن الجذور الحرة هي ذرة أو مجموعة من الذرات تحتوي على إلكترون غير مزدوج على الأقل ، وعندما يتحول الإلكترون من مزدوج إلى غير مزدوج فإنه يزداد خطورة ويصبح غير مستقر . وعموماً فإن هذه الجذور الحرة تنتج طبيعياً من خلال التفاعلات الحيوية داخل الجسم الذي يحاول أن ينظم تركيزها ، ولذلك فإن تواجد هذه الجذور الحرة في الدم بتركيز منخفض يُعد أمراً طبيعياً ، ولكن المشكلة تكمن عندما يزيد تركيز هذه الجذور الحرة . ومن الجدير بالملاحظة إن استهلاك كميات كبيرة من الأكسجين يمكن أن يؤدي إلى إنتاج هذه الجذور الحرة .

ولقد أشارت العديد من الدراسات إلى أن هذه الجذور الحرة يزيد خطرها عند طهي الطعام ، إذ أن رفع درجة الحرارة عند الإعداد وخاصة القلي له تأثير في زيادة إنتاج هذه الجذور الحرة ، لذلك ينصح بالحد من الأغذية المقلية والحرص على تناول الأغذية الطازجة والحرص على عدم زيادة درجات حرارة الطبخ ، لأن ارتفاع درجات الطبخ والاعتماد على الأغذية المطبوخة والمقلية سوف يزيد من إنتاج الجذور الحرة .

ويكمن خطر هذه الجذور الحرة في أنها تقوم بالاعتداء بقسوة على الخلايا ، محدثة أضراراً في جدارها ، مانعة بذلك دخول الغذاء وخروج الفضلات ، مما يؤدي إلى موت الخلية تدريجياً، كما تُحدث كذلك ثغوراً غير قابلة للإصلاح في جدران الخلايا ، مما يجعلها معدومة الحماية وتصبح لقمة سائغة لأي اعتداء مهما كان طفيفاً. وبما أن النواة تحتوي على الحمض النووي (الدنا) الحامل للشفرة الوراثية التي تنتقل خلال الانقسام إلى الخلايا المنتجة ، فإن تضرر هذا الدنا سوف ينتج خلايا مغايرة نوعاً ما ، وهي الخطوة الأولى نحو السرطانات .

علاقة تشعيع الأغذية بالجذور الحرة

تشير معظم الدراسات إلى أنه يمكن تشكّل الجذور الحرة عندما يتم تشعيع الطعام ، كما هو الحال مع طرق معالجة الأغذية الأخرى ، وحتى عملية الأكسدة الطبيعية في الغذاء تؤدي إلى تشكّل هذه الجذور . فعلى سبيل المثال يحتوي الخبز المحمص (غير المشعع) على نسبة عالية من الجذور الحرة مقارنة مع الأطعمة المشععة الجافة للغاية . كما ثبت أن الجذور الحرة يمكن أن تُعد من المنتجات المألوفة والطبيعية مثل : الجلوكوز ، وحمض الفورميك (حمض النمليك) ، والأسيتالدهيد ، وثاني أكسيد الكربون في الأغذية المشععة كما هي موجودة بصورة طبيعية في الأطعمة المعالجة بتقنيات أخرى .

ولكن هذه المخاوف أدت إلى العديد من الدراسات التي تم إجراؤها على الأغذية المشععة، وتم التأكد من خلال دراسة تغذية طويلة المدى أجريت في المركز الفيدرالي للبحوث للتغذية في كارلسروه بألمانيا ، حيث تم تصميم هذه الدراسة خصيصاً للبحث عن التأثيرات المحتملة لنظام غذائي يحتوي على تركيز جذري عال ، وتمت تغذية الحيوانات بالحليب الجاف المشعع بالإلكترونات عند 45 كيلو جراي ، ولم تلاحظ أي آثار طفرات أو تشكّل أي أورام . ولقد ثبت أن تسعة أجيال من الفئران كانت تغذى باستمرار على هذا النظام الغذائي دون أي مؤشر على تأثيرات سامة . وبناءً على مثل هذه الدراسة ودراسات أخرى تم التوصل إلى نتيجة مفادها أنه لا يوجد دليل على أن الجذور الحرة المنتجة أثناء المعالجة بالإشعاع يمكن أن تؤثر على سلامة الأغذية، وفي المقابل فإنه توجد نسبة عالية من الجذور الحرة في قطعة من الخبز المحمص أكثر من قطعة من الطعام المشع .

هل تناول الأغذية المعالجة بالإشعاع يمكن أن تسبب أي تأثيرات على الجينات ؟

يعني مصطلح (تعدد الصيغة الكروموسومية) ظهور الخلايا التي تحتوي على ضعف عدد الكروموسومات أو أكثر من ذلك . فالمعروف أن الخلايا البشرية عادة ما تحتوي

على 46 كروموسوماً ، أما إن كانت متعددة الكروموسومات فيمكن أن تحتوي على 92 أو حتى 138 كروموسوم ، ويحدث ذلك بشكل طبيعي وتتنوع بين الأفراد وحتى في فرد واحد من يوم لآخر ، ويمكن أن تختلف أيضاً من عضو إلى عضو داخل فرد واحد ، وكل ذلك حسب ظروف خاصة.

والأهمية البيولوجية لتعدد الكروموسومات غير معروفة، وعند إجراء دراسات على تعدد الكروموسومات من المهم أن يتم عد آلاف الخلايا لمعرفة تأثير العلاج ، وحيث إن الخلايا (متعددة الكروموسومات) نادرة ، فمن الضروري ملاحظة وجود عدد كاف من الخلايا قبل التوصل إلى أي استنتاجات صحيحة ، ويمكن أن يكون من الصعب التعرف على الخلايا متعددة الكروموسومات إذا كانت الخلايا الطبيعية (ثنائية الكروموسوم) تحدث لتكون متراكبة على شريحة المجهر فهي تشبه إلى حد كبير خلية واحدة متعددة الكروموسومات .

وقد ذكرت تقارير وسائل الإعلام في كثير من الأحيان النتائج المنشورة في منتصف السبعينيات من قبل مجموعة من العلماء من المعهد الوطني للتغذية في حيدر أباد بالهند، وذكرت هذه المجموعة من العلماء زيادات في تواتر الخلايا متعددة الكروموسومات في الأطفال الذين يعانون سوء التغذية ، والجرذان والفئران والقرود التي تعزى إلى استهلاك المنتجات المصنوعة من القمح مباشرة بعد التشعيع عند 0.75 كيلو جراي . وعندما تم فحص التقرير عن كثب تبين قصور شديد في عدد العينات التي تم اعتمادها ، بالإضافة إلى أنه لا يوجد مؤشر على الحدوث الفعلي في كل طفل ، إذ لم يظهر أي تعدد للكروموسومات على الإطلاق عندما تم تشعيع القمح وتخزينه لمدة 12 أسبوعاً قبل الاستهلاك .

ولقد حاولت مجموعة من المؤسسات في الهند وأماكن أخرى إعادة النتائج الموجودة في المعهد الوطني استناداً إلى المعلومات المتاحة لهم. واستخدمت بعض الجرعات الإشعاعية المتصة حتى 45 كيلوجراي ، إلا أنه لم تقدم أي من الدراسات التي أجريت نتائج مماثلة لتلك الموجودة في المعهد الوطني، من أجل التحقيق في أسباب التباين بين النتائج التي أبلغ عنها الباحثون في حيدر أباد ومومباي ، فتم تعيين لجنة من الخبراء من قبل الحكومة الهندية في عام 1975م لمراجعة النتائج. وفي عام 1976م كان تقرير اللجنة منتقداً للغاية لعمل بحث حيدر أباد، وخلص إلى أن البيانات المتاحة أخفقت في إظهار أية قدرة مطفرة للقمح المشعع. ثم قامت مجموعة من اللجان العلمية الوطنية والباحثين المستقلين في أستراليا وكندا والدنمارك وفرنسا والمملكة المتحدة والولايات المتحدة الأمريكية أيضاً بتقييم الحالات المزعومة لتعدد الكروموسومات وخلصوا جميعاً إلى أن الدراسة كانت ببساطة غير مقبولة وأن البيانات الواردة من المعهد الوطني لا تدعم حدوث تعدد الكروموسومات المتزايد.

هل معالجة الأغذية بالإشعاع يجعلها مشعة ؟

يحتوي كل شيء في بيئتنا بما في ذلك الطعام على كميات ضئيلة من النشاط الإشعاعي. وهذا يعني أن كمية النشاط الإشعاعي الطبيعي من عناصر ، مثل البوتاسيوم لا يمكن تجنبها في وجباتنا اليومية. وفي الدول التي يُسمح فيها بالتشعيع الغذائي يتم تنظيم ومراقبة كل من مصادر الإشعاع ومستويات الطاقة الخاصة بها . وكما قلنا سابقاً إن عملية التشعيع تتضمن تمرير الغذاء عبر حقل إشعاعي بسرعة محددة للتحكم في كمية الطاقة أو الجرعة التي يمتصها الطعام ، إلا أن الغذاء نفسه لا يكون على اتصال مباشر مع مصدر الإشعاع، كما أن الحد الأقصى المسموح به من الطاقات للإلكترونات والأشعة السينية من مصدرين للإشعاع المولّدين آلياً، هو 10 مليون ڤولط إلكتروني (MeV) و 5 مليون ڤولط إلكتروني على التوالي. حتى عندما تتعرض الأطعمة لجرعات عالية من الإشعاع من هذه المصادر، فإن أقصى مستوى من النشاط الإشعاعي سيكون فقط واحداً من الألف بيكريل لكل كيلوجرام من الطعام . وهذا أصغر 200,000 مرة من مستوى النشاط الإشعاعي الموجود طبيعياً في الغذاء . ولا تصبح المواد الغذائية التي يمر بها الإشعاع أكثر نشاطاً من الأمتعة التي تمر عبر ماسح ضوئي للأشعة السينية في المطار أو الأسنان التي تم تصويرها بالأشعة السينية .

وبغض النظر عن مدى ارتفاع جرعة الإشعاع ، فإنه عندما يمر الطعام عبر حزمة الإشعاع تمر الطاقة عبر الطعام مثلما تمر أشعة الضوء عبر النافذة . وهذه الطاقة تدمر معظم الخلايا الجرثومية التي يمكن أن تسبب المرض ، لكنها تسمح للأطعمة بالاحتفاظ بجودتها العالية . وبما أن الطاقة المستخدمة في التشعيع ليست قوية بما يكفي للتأثير على نواة الذرات داخل الطعام ، لذلك فلا يمكن أن يصبح الطعام مشعاً ، ويتم تحويل كل طاقة الإشعاع إلى كمية صغيرة جداً من الحرارة .

هل يمكن أن يصبح الطعام المشعع ساماً ؟

تم إجراء عدة مئات من دراسات السمية على حيوانات التجارب على مدى العقود الأربعة الماضية ، وأجريت العديد من اختبارات التغذية الحيوانية بما في ذلك الدراسات الجينية لمختلف أنواع الأغذية المشععة في العديد من البلدان بما في ذلك الصين وألمانيا والهند واليابان وتايلاند والمملكة المتحدة والولايات المتحدة الأمريكية في العقود الخمسة الماضية . وعقدت منظمة الأغذية والزراعة والوكالة الدولية للطاقة الذرية ومنظمة الصحة العالمية عدداً من لجان الخبراء المشتركة المعنية بمجال الأغذية المشععة في عام 1964 و1969 و1976 و1980م، عندها أصبحت البيانات متاحة لتقييم مأمونية استهلاك الأغذية المشععة. ولم تظهر كل هذه التقييمات إلى جانب التقييمات المنفذة من قبل مجموعات الخبراء الوطنية في الدنمارك وفرنسا وهولندا واليابان والمملكة المتحدة والولايات المتحدة الأمريكية أي آثار

سامة نتيجة استهلاك الأغذية المشعّعة. كما قامت لجنة خبراء أخرى بتقييم منظمة الصحة العالمية في عام 1992م لجميع المؤلفات والبيانات التي كانت متاحة منذ عام 1980م ، ونتيجة لذلك تم التأكيد على النتائج السابقة. وخلال سبتمبر 1997م نظمت منظمة الصحة العالمية ومنظمة الأغذية والزراعة والوكالة الدولية للطاقة الذرية اجتماعاً للجنة الدراسات بهدف تقييم مدى سلامة الأغذية المعالجة بالجرعة العالية ، وخلصت هذه المجموعة من الخبراء إلى أن الجرعات التي تزيد على 10 كيلوجراي لن تؤدي إلى تغيرات في تركيبة الغذاء ، من وجهة نظر سمية ، ولن يكون لها تأثير ضار على صحة الإنسان . وهناك ـ شبه ـ إجماع في الرأي من قبل الهيئات التنظيمية الفيدرالية والمنظمات الوطنية والغذائية والصحة العامة على أن معالجة الطعام بالإشعاع يمكن أن يُعد آمناً .

القيمة الغذائية للأغذية المعالجة بالإشعاع

حيث إن التشعيع هو عملية تعقيم أو بسترة باردة، بمعنى أنه لا ترفع درجة حرارة الأغذية التي يتم معالجتها بشكل كبير، فإن خسائر المغذيات عادة ما تكون صغيرة وغالباً أقل بكثير من الخسائر المرتبطة بالطرق الأخرى للحفظ ، مثل التعليب والتجفيف والبسترة بالحرارة .

وقد وجد العلماء بعد أبحاث كثيرة حول تقنية التشعيع الممولة من عدد من منظمات الأمم المتحدة أن الإشعاع يؤثر على مكونات المواد الغذائية بأشكال مختلفة ، فهو قد يشطر جزيئات الغذاء إلى أصول عالية القابلية للتفاعل، فتندمج مع جزيئات أخرى لتشكل مواد جديدة في الغذاء يصعب اكتشافها وتحليلها مختبرياً ، وبالتالي معرفة مدى خطورتها على المستهلك وتعرف هذه أنها منتجات التحلل الإشعاعي . ومن جانب آخر فإن الإشعاع يؤثر على مكونات الغذاء الأساسية (مثل الكربوهيدرات ـ الدهون ـ البروتين) ، بالإضافة إلى تأثيره المباشر على بعض الڤيتامينات . لنحاول أن نلقي نظرة عن قرب للمكونات الغذائية وتأثير الإشعاع عليها .

الكربوهيدرات : يقوم الإشعاع بتكسير وتفكيك روابط جزيئات الكربوهيدرات الطويلة كالسلولوز والبكتين والنشا إلى سكريات أقصر ، كالسكريات الأحادية أو الثنائية ، وباعتبار أن السلولوز من أهم مكونات جدران الخلايا النباتية ، لذلك فإن بعض أنواع الفواكه والخضراوات يمكن أن تصبح طرية وتفقد صفاتها النسيجية نتيجة لتعرضها للإشعاع .

الدهون : يعتبر ثلاثي الجليسريد هو الفئة الأكبر من الدهون التي تتفكك روابط جزيئاتها المزدحمة بالإلكترونات بسهولة ، فينتج عن هذا التحلل الإشعاعي سلسلة من التفاعلات الكيميائية التي قد تستمر عدة أسابيع نواتج مختلفة مثل: الهيدروجين وثاني أكسيد الكربون وأيونات متحررة ، بالإضافة إلى أحماض دهنية ذات سلاسل قصيرة . وفي

وجود كمية من الأكسجين في الغذاء ـ حتى وإن كانت قليلة ـ خلال مرحلة تعرضه للإشعاع يؤدي إلى تسريع عملية التأكسد الطبيعي للدهون ، مما قد يسبب تزنخها وبالتالي فسادها ، لذلك فإن اللحوم المشععة في الغالب تكون محفوظة داخل أغلفة مفرغة من الهواء . وتوضح بعض الدراسات أنه إن تجاوزت جرعات الإشعاع حدود المسموح بها (50 كيلو جراي) فإنها تكسر الكثير من جزيئات الدهن الكبيرة ، مما يغير من خواصها الفيزيائية مثل ظهور هبوط في درجة حرارة ذوبانها وفي لزوجتها كما قد تصبح ذات رائحة عفنة.

البروتينات : يؤثر الإشعاع على الأحماض الأمينية وخاصة في البروتين الخيطي ذي السلاسل الطويلة ، مما يؤدي إلى جعلها أقل قابلية للانحلال، وهو يجعل بياض البيض، مثلاً، أقل استجابة للخفق ، إلا أن تأثيره محدود نوعاً ما على البروتينات كروية الشكل لأنها تتجمع حول بعضها البعض في كرات متراصة تحمي الأحماض الأمينية الداخلية من الإشعاع . كما أن التشعيع قد يؤثر على القيمة الغذائية لبعض البروتينات لفقد الأحماض الأمينية لبعض المجموعات الكيميائية التي تتركب منها ، وكذلك فإن هذه التقنية تساعد في انفلات مجموعات كيميائية معينة من الأحماض الأمينية مما يساهم في تغير رائحة ومذاق بعض البروتينات .

وبصورة عامة فإن هذه المغذيات الكبرى ـ الكربوهيدرات والبروتينات والدهون ـ توفر الطاقة وتعمل ككتل بناء لنمو الجسم وصيانته، وقد أظهرت الأبحاث المكثفة أن هذه المغذيات يحدث بها تغير طفيف خلال المعالجة بالإشعاع حتى عند تناول جرعات تزيد عن 10 كيلو جراي . وبالمثل ، فإن الأحماض الأمينية الأساسية ، والمعادن ، والعناصر النادرة لا تعاني خسائر كبيرة .

الڤيتامينات : تشير بعض التجارب إلى أن الإشعاع قد يدمر ما يتراوح ما بين (30-40%) من ڤيتامينات الطعام، إلا أن تجارب أخرى تبين أن هذه النسبة لا تزيد عن (3-4%) وهذا التباين في النتائج ناتج من عدة عوامل ربما أهمها صعوبة دراسة ما يحدث للڤيتامينات داخل الأنسجة الحية، واختلاف أنواع الڤيتامينات من ناحية حساسيتها للإشعاع .

وتم التعرف على أربعة من الڤيتامينات أنها حساسة للغاية للإشعاع ، وهي : ڤيتامين C (حمض الأسكوربيك) ، ڤيتامين A (الرتينول) و ڤيتامين E (توكوفيرول) . ومع ذلك فإن ڤيتامين B_1 يعتبر أكثرها حساسية للحرارة من للإشعاع ، وقد ثبت أن لحم البقر المعقم عن طريق التشعيع يحتفظ أكثر من ڤيتامين B_1 بالمقارنة مع اللحوم المعلبة المعقمة حرارياً .

وبشكل عام ، فإن تأثيرات التشعيع على القيمة الغذائية للأغذية قليلة للغاية ، وتثبت هذه الملاحظات بنتائج العديد من دراسات التغذية التي أجريت لتحديد مدى جودة الأغذية المشععة، ويجب أن نتذكر أيضاً أن الطعام المشعع سيتم استهلاكه كجزء من نظام غذائي مختلط ، وبالتالي فإن العملية لن يكون لها تأثير يذكر على إجمالي كمية المغذيات المحددة .

البطاقة الإعلامية للأغذية المشعة

تشترط بعض اللوائح الوطنية أنه يتم وضع وسم على المواد الغذائية المعالجة بالإشعاع ببيان يشير إلى أنها معالجة، وغالباً ما يكون بشعار دولي يعرف باسم رمز (Radura)، بالإضافة للجملة (تم معالجتها بالإشعاع) . ولقد أثبتت التجارب مع تجارب السوق والبيع التجاري للأغذية المشعة أن المستهلكين المطلعين ليسوا ضد الطعام المشعع ، لكنهم يفضلون وصفه على هذا النحو (شكل 11) .

توفر العلامة للمستهلكين فرصة الاختيار ، ويمكن أيضاً استخدام عبارات التسمية للإشارة إلى سبب تشعيع المنتجات . وقد ثبت أن الناس أكثر عرضة لشراء الغذاء المشعّع المسمى ببيان يعبر عن الفوائد الإيجابية للتقنية ، فعلى سبيل المثال ، يمكن الكتابة على المادة الغذائية (تم التشعيع للسيطرة على المكروبات) أو (تم التشعيع لإعاقة التلف) .

(الشكل 11): علامة المادة الغذائية المشعة .

وأما بالنسبة للأطعمة المشعة غير المعبأة ، مثل حاويات البضائع السائبة من الفواكه والخضراوات ، فإنه يطلب من تجار التجزئة في بعض البلدان عرض الشعار والعبارة . ومع ذلك تختلف لوائح وضع البطاقات التعريفية بين البلدان . على سبيل المثال ، في الولايات المتحدة الأمريكية تنطبق متطلبات وضع العلامات فقط على الأغذية الكاملة التي تم تشعيعها ولكن ليس على المكونات المشعة في الطعام . وفي الاتحاد الأوروبي يُقترح أن يكون الغذاء الذي يحتوي على مكونات مشعة مثل التوابل ، لكنها ليست مشعة ، مصنفاً بغض النظر عن النسبة المئوية للمنتج المشعع الذي تم دمجه .

وقد أدخلت العديد من الحكومات لوائح تتطلب وضع علامات على الأغذية المشعّعة ، ولكن ليس على الأنظمة التي تعالجها علاجات تنافسية مثل التبخير . ومع ذلك، قامت إدارة الغذاء والدواء الأمريكية في أغسطس 1998م بتعديل متطلبات وضع العلامات على الأغذية المشعة ، فلا يشترط أن يكون الكشف عن العلاج بالإشعاع أكثر بروزاً من إعلان المكونات .

الأغذية المشعة والمستهلك

إن الاختبار النهائي لأي منتج أو أية تقنية حفظ هو السوق ، حيث إن المستهلك هو متخذ القرار الذي يحدد ما إذا كان المنتج أفضل من المنتجات السابقة أو المنافسة . وهذا هو الحال بالنسبة للأغذية التي تم تشعيعها التي لن تكون في نهاية المطاف ناجحة أو تسويقية ما لم يتم قبولها من قبل المستهلك . وفي الحقيقة فإن التقدم في الاستخدام التجاري للأغذية المعالجة بالإشعاع كان بطيئاً في بداية الأمر ، ويرجع ذلك أساساً إلى سوء الفهم ، وكما يقال فإن المرء عدو لما يجهل ، حيث كان الكثير من الناس يعتقدون أن هذه التقنية قد تحفز النشاط الإشعاعي في المنتجات الغذائية نفسها لتتحول المادة الغذائية إلى مادة مشعة ، أو أن الإشعاع سيؤدي إلى تكوين منتجات ثانوية سامة وخطيرة في الغذاء . في ضوء هذه المخاوف، غالباً ما يجد المستهلكون صعوبة في تقييم فوائد تقنية المعالجة هذه بشكل موضوعي .

وفي أحيان عديدة فإن المستهلكين غير ملمين بالتشعيع الغذائي ، لذلك فإن أبحاث المستهلكين تظهر أنه كلما توفرت معلومات واقعية أكثر، فإن الجمهور ينظر بشكل متزايد إلى الإشعاع في ضوء أكثر إيجابية. وفي الواقع، أظهرت بعض الدراسات استعداد المستهلك لدفع سعر أعلى للمنتجات المشعة . ويشير المستهلكون إلى أن التأييد من قبل سلطة صحية محترمة يزيد من ثقتهم في سلامة هذه التقنية ، ولقد تم إقامة مشروع تموله وزارة الزراعة الأمريكية في كاليفورنيا وإنديانا وهو تأثير برنامج تعليمي موجز على مواقف قادة المجتمعات المحلية ومعرفتهم بتشعيع الغذاء، وبعد مشاهدة فيديو مدته 10 دقائق عن تشعيع الطعام، زاد احتمال تجربة الأطعمة المشعة من (57-83%) .

وتم تنفيذ برنامج تسويقي وتعليمي موسع في جنوب إفريقيا قبل إدخال الأغذية المشعة في السوق، وفيما يتعلق بمنتجات اللحوم المشعة وجد مسح تسويقي بين عموم السكان أن 15 % من الأشخاص الذين شملهم الاستطلاع أشاروا في البداية إلى احتمال قيامهم بشراء الطعام المشعع. وبعد تلقي المعلومات المرئية ارتفعت نسبة أولئك المستعدين لشراء هذه النوعية من الأغذية إلى 54% ، وبعد تلقي المعلومات وتذوق الطعام أشار 76% إلى أنهم سيشترون المنتجات المعالجة بالإشعاع، في حين أشار 5% أنهم ربما لن يشتروا . لذلك يمكن أن يقال إنه عندما يتم تزويد المستهلكين بمعلومات واقعية عن تشعيع الأغذية سيختارون الطعام المشعع بثقة .

الخلاصة

اليوم هناك ما يقارب من 40 دولة تستخدم هذه التقنية وتمارسها على أكثر من 50 نوعاً من الطعام. تشير التقديرات إلى أن أكثر من مليار طن من الأغذية يتم تشعيعها سنوياً، فبالإضافة إلى الولايات المتحدة ، تشمل البلدان الأخرى التي تستخدم الأغذية المشعة: اليابان وكندا وفرنسا وبلجيكا وهولندا والبرتغال وتايلاند وروسيا والصين وجنوب إفريقيا والبرازيل ، وإن كانت هذه التقنية أصبحت واقعاً اليوم ، فإن على حكوماتنا في وطننا العربي أن تضع التشريعات اللازمة وتنشيء المختبرات التي على أثرها يمكن أن تكتشف إن كانت هناك تجاوزات أو ما شابه ذلك ، وذلك من أجل حماية المستهلك العربي .

وختاماً يمكننا القول إن معالجة الأغذية بالإشعاع أو ما يعرف بتشعيع الأغذية تُعد آمنة لدرجة أنه طالما تم الاحتفاظ بالصفات الحسية للأغذية وتدمير الكائنات الحية الدقيقة الضارة، فإن الكمية الفعلية للإشعاع المؤين المطبقة تعتبر ذات أهمية ثانوية .

الفصل الرابع

أفران الميكروويف والغذاء

من الصعب تحديد الفترة الزمنية التي اكتشفت فيها موجات الميكروويف ، ومن ثم تحول هذا الاكتشاف إلى اختراع الأفران واستخدامها في العمليات الحياتية وخاصة عمليات الطهي حتى وصلت إلى المنازل والمطاعم . إذ تروى في بعض الأدبيات أنه وجد العلماء خلال الحرب العالمية الثانية أن الطيور التي كانت تصطدم بصواري الرادار تسقط على الأرض ساخنة وربما مطهية، فلفتت هذه الظاهرة انتباههم ، فتحولت هذه الظاهرة إلى حقائق علمية تمت دراستها بعد فترة من الزمن ، حتى توصل العلماء إلى أن تلك الموجات التي تبث من خلال صواري الرادار تؤدي إلى رفع درجة حرارة الأجسام وربما إلى طهيها ، وبعد فترة وجيزة من ذلك تم تقديم فرن الميكروويف للجمهور .

إلا أن الروايات الأكثر تداولاً تقول إنه في عام 1945 م وأثناء القيام ببعض الأبحاث الخاصة بالرادار للجيش البريطاني مع شركة رايثيون لاحظ المهندس الأمريكي «بيرسي سبنسر» حينما كان يختبر صماماً مفرغاً يسمى المغنطرون [(المعجل المغنطي) وهو صمام مغناطيسي إلكتروني] أن الشوكولاتة التي كانت في جيبه تعرضت إلى حرارة ما جعلها تتعرض للذوبان على الرغم من أن الغرفة التي كان يعمل بها كانت باردة، لم يفهم السبب في بداية الأمر. ففكر أثناء عمله في سبب ذلك وأرسل في طلب كيس من بذور الذرة (البوشار أو الفشار) وأمسك بها بجوار الصمام الإلكتروني وخلال دقائق معدودة راحت حبات الذرة تنفجر وتتناثر في أرضية الغرفة .

وفي صباح اليوم التالي أحضر «سبنسر» غلاية شاي وبعض البيض معه إلى المعمل ، ثم قام بفتح ثغرة في جانب غلاية الشاي ووضع البيضة النية داخل الوعاء ثم صوب الفتحة باتجاه الصمام ، وخلال بضع ثوان انفجرت البيضة وتناثر قشرها وما بداخلها إلى خارج الغلاية ملطخة وجه مهندس آخر يقف بجواره ، فتأكد «سبنسر» أن موجات الراديو القصيرة أو ما يسمى بالموجات المكروية هي السبب وراء ذلك ، وإذا كانت قد طهت البيض بهذه السرعة فلم لا تفعل نفس الشيء مع الأطعمة الأخرى ؟

عرض «سبنسر» تجربته على المسؤولين في شركة رايثون الذين استقر رأيهم على إنتاج أجهزة طهي تعمل بالميكروويف . وبدأت التجارب وطور «سبينسر» صندوقاً معدنياً له فتحة صغيرة تسمح بدخول الموجات المكروية وتمنع الحرارة من الهروب ، وكانت بذلك واحدة من أكبر صناعات القرن العشرين التي بدأت تأخذ أشكالاً عديدة .

في عام 1947 م (وبعض المراجع تقول إنه في 1953)، قامت الشركة ببناء (رادارانج)، أول فرن ميكروويف في العالم (شكل 12) وكان طوله تقريباً 1.8 متر (5.9 قدم) ، ويزن حوالي 340 كيلوجرام (750 رطل) ، وتشير الأدبيات أن هذا النوع من الأفران كان محصوراً على المنشآت الغذائية والفنادق والمستشفيات فقط . وبحلول منتصف القرن العشرين أصبحت أفران الميكروويف متوفرة للاستعمالات الاستهلاكية والتجارية .

(الشكل 12): أول فرن ميكروويف في العالم.

وتشير بعض المراجع الأخرى أن الألمان هم من ابتكر أفران الميكروويف أثناء الحرب العالمية الثانية لتساعد في حمل المؤن المحمولة والانتقال إلى غزو روسيا ، فقد كان تفكير المهندس الألماني منصباً على كيفية استغلال المعدات الإلكترونية في طهي الطعام بدلاً من حمل كميات كبيرة من الوقود كل تلك المسافات، وكذلك توفير كميات كبيرة من الأطعمة في أقصر وقت ممكن، وبعد الحرب اكتشف الحلفاء الأبحاث التي أجراها الألمان على أفران الميكروويف ، وتم نقل تلك المستندات مع بعض أفران الميكروويف العاملة لوزارة الدفاع الأمريكية وحفظت في سرية تامة بهدف إجراء مزيد من الأبحاث والتحقيقات عليها، كما أخذ الروس بعضاً من تلك الأفران وأجروا عليها أبحاثاً شاملة حول آثارها ، ونتيجة لذلك تم حظر استخدامها في روسيا ، وأصدر الاتحاد السوفيتي تحذيراً دولياً حول المخاطر الصحية الحيوية والبيئية لأفران الميكروويف وأشباهها من الأجهزة الإلكترونية .

وأيما كانت الرواية الصحيحة ، ففي عصرنا اليوم أصبحت أفران الميكروويف واقعاً ملموساً وموجودة في كل منازلنا ، وغدت وسيلة سهلة لطهي وتسخين الأغذية ، وذلك على الرغم من كل الكلام الذي يقال عنها ، فقد قيل مثلاً إن أفران الميكروويف أشبه ما تكون بمحطة نووية موجودة في المطبخ . وعلى الرغم من تلك المخاطر التي تم طرحها في الماضي ، وسوف يتم طرحها في المستقبل فإن العديد من المجتمعات أقرت استخدام أفران الميكروويف كوسيلة سهلة للطهي وتسخين أنواع كثيرة من الأغذية ، فدخلت هذه الأفران في الكثير من المنازل ، ومع دخولها كل منزل وحياة كل مستهلك زادت الأسئلة حول مخاطر هذه الأفران وتأثيرها على الغذاء ، وبالتالي على الإنسان.

ما أفران الميكروويف ؟ وكيف تعمل ؟

موجات الميكروويف هي موجات مكروية وهي شكل من أشكال الموجات الكهربية المغناطيسية ، مثل موجات الضوء أو موجات الراديو، وتشغل جزءاً من الطيف الكهربي المغناطيسي ، وهي ذات نطاق تردد يتراوح ما بين (300-300,000) ميجاهيرتز . واستخدمت ومازالت تستخدم الموجات المكروية لنقل الإشارات الهاتفية بعيدة المدى والبرامج التليفزيونية ومعلومات الكمبيوتر عبر الأرض أو إلى القمر الصناعي في الفضاء . ويتم استخدامها كذلك للكشف عن السيارات المسرعة ، ومع ذلك فقد يكون الميكروويف هو الأكثر إفادة وأكثر انتشاراً كمصدر للطاقة لطهي الطعام .

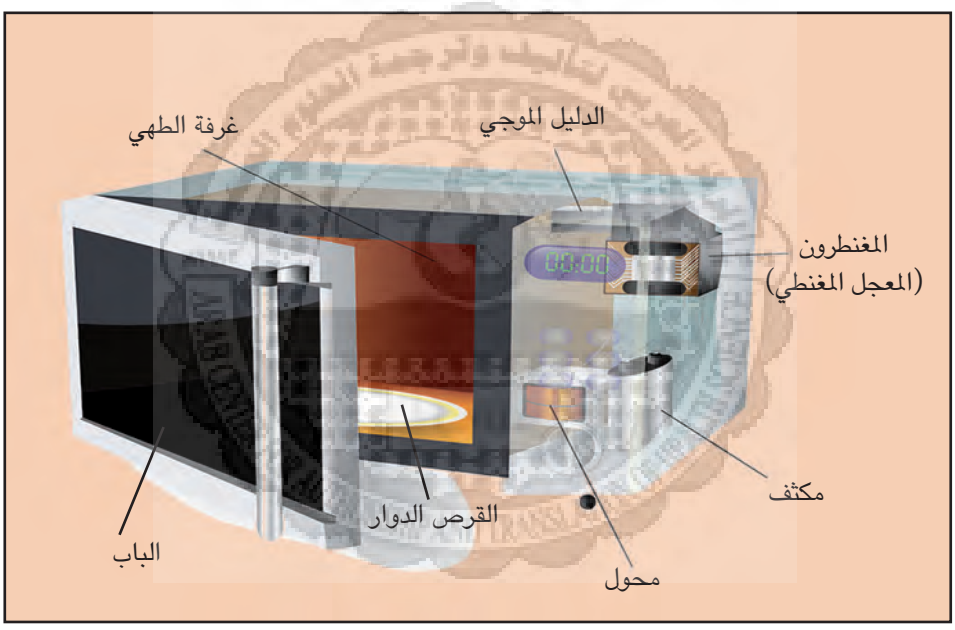
ومن المعروف أن الموجات الكهربية المغناطيسية أنها موجات قصيرة غير مؤينة وذات اهتزازات عالية قدرت بحوالي مليون اهتزازة في الثانية، فهي بذلك تسبب تهيج جزيئات المادة الداخلية المعرضة لها، فيتسبب في احتكاكها وتصادمها بسرعة كبيرة، فينتج عن هذا الاحتكاك طاقة حرارية ، لذلك فإنها تستخدم في تسخين وطهي الطعام . وتنتقل هذه الطاقة الحرارية في خطوط مستقيمة تنعكس بواسطة بعض المواد وتنفذ من خلال مواد أخرى كالهواء والزجاج والورق والبلاستيك فلا تسبب ارتفاعاً في درجات حرارتها، ولكن تمتصها جميع المواد الغذائية والماء فترتفع درجات حرارتها ، لذلك فإن المستخدم لهذه الأفران يلاحظ أنها تقوم بتسخين الأطعمة فقط ولا تلامس الحرارة الأطباق والأغلفة البلاستيكية .

تركيب أفران الميكروويف

يتكون جهاز فرن الميكروويف من المكونات الأساسية كما هو موضح في (شكل 13) وهي كالتالي :

1. **مصدر إمداد الطاقة والتحكم فيها** ، فهي تتحكم في القدرة على تغذية المغنطرون وقت الطهي .
2. **المغنطرون** ، هو المعجل المغنطي ، وهو عبارة عن أنبوب مفرغ يتم فيه تحويل الطاقة الكهربية إلى مجال كهربي مغناطيسي متذبذب ، وعادة تستخدم التردد 2450 ميجاهيرتز لفرن الميكروويف للاستخدام المنزلي . ويتصف عمل المغنطرون بالتفاعل المتبادل بين المجال الكهربي والمجال المغناطيسي لتوليد اهتزاز عال جداً ، يتم هذا التفاعل حول المهبط ، وبما أن المصعد مكون من عدد من الفجوات الرنانة حيث عامل الجودة لها مرتفع فإن المردود سوف يكون مرتفعاً .
3. **الدليل الموجي** ، وهو أنبوب معدني مستطيل يوجه الموجات المكروية المتولدة من المغنطرون إلى غرفة الطهي، وإنه يساعد على منع تعرض المغنطرون مباشرة لأي أطعمة متناثرة تتداخل مع وظيفته .

4. **المحرك** ، هو مروحة التوزيع ويستخدم عادة لتوزيع الموجات المكروية من الدليل الموجي ويسمح بتسخين أكثر للغذاء .
5. **القرص الدوار** ، يقوم بتدوير الأطعمة المراد تسخينها أو طبخها من خلال البقعة الساخنة والباردة الثابتة داخل غرفة الطهي ، ويسمح للمنتجات الغذائية بالتعرض بالتساوي للموجات المكروية .
6. **غرفة الطهي** ، هي المكان الذي يتم فيه تسخين الطعام عند تعريضه للموجات المكروية .
7. **الباب** ، وهو الجزء الذي يسمح بإدخال الطعام إلى غرفة الطهي . ولقد تم تصميم الباب خصيصاً بحيث يمنع تسرّب موجات الميكروويف عبر الفجوات بين الباب وغرفة الطهي .



(الشكل 13): يوضح التركيب الداخلي لفرن الميكروويف .

آلية عمل فرن الميكروويف

ببساطة إن أفران الميكروويف تعمل بالطريقة التالية :

1. يتم تحويل الطاقة الكهربية ـ القادمة من المصدر الكهربي الذي على شكل تيار مباشر ذي جهد منخفض وتيار مباشر عالي الجهد ـ إلى تيار مباشر .

2. يستخدم المغنطرون هذا التيار المباشر ويولد موجات مكروية بتردد 2450 ميجاهيرتز في الثانية أو 2.45 جيجاهيرتز .

3. يتم توجيه الموجات المكروية بواسطة هوائي في قمة المغنطرون إلى موجه موجي .

4. ومن قنوات الموجات المكروية إلى جهاز يشبه المروحة يسمى جهاز تقليب يتم توزيعها داخل تجويف الفرن .

5. يتم عكس الموجات المكروية على الجدران المعدنية للمقصورة الداخلية للفرن وتمتصها الجزيئات في الطعام .

6. ولأن كل موجة لها مكون موجب وسالب فإن الجزيئات في الغذاء تتزاحم ذهاباً وإياباً بمعدل ضعف تردد الميكروويف أي: 4.9 مليار مرة في الثانية .

فبمجرد تشغيل الفرن يتم إرسال الموجات المكروية إلى غرفة الفرن ، وتنعكس هذه الموجات بواسطة المروحة ، بحيث يتم نشر الموجات في جميع الاتجاهات . وهي تنعكس على الجوانب المعدنية لغرفة الفرن ولكن تمتصها الأطعمة . وتخترق الموجات المكروية الغذاء الموجود على القرص الدوار الموجود في مركز الفرن، وهذا ما يؤدي إلى اهتزاز جزيئات الماء الموجودة في الغذاء عندما تمتص طاقة الموجات المكروية وينتج عن ذلك الاحتكاك بين جزيئات الماء الحرارة اللازمة التي تطهي الطعام . وبمعنى آخر ، يتم اهتزاز جزيئات الماء داخل الطعام ذهاباً وإياباً من خلال الموجات المكروية، وتؤدي هذه الاهتزازات وتلك الحركة إلى احتكاكات ينتج عنها تسخين الطعام .

والموجات المكروية ليست حرارية في حد ذاتها ، ولكن المجالات الكهربية المتولدة عن تلك الموجات تُعد صورة من صور الطاقة التي تتحول لحرارة من خلال تفاعلها مع الجزيئات القطبية والذرات التي يتم إطلاقها ، ويتم انتقال الحرارة للأغذية التي يتم طهيها بالميكروويف بواسطة التفاعلات الأيونية وثنائية القطب . ومن ناحية أخرى فإن الطهي بالميكروويف يؤدي إلى قصر وقت الطهي ، فعادة ما يكون زمن الطهي أقصر بكثير في فرن الميكروويف مقارنة بالفرن التقليدي . ويعتمد معدل التسخين على محتوى الرطوبة وشكل وحجم ووزن الطعام الموجود . ويتميز استخدام فرن الميكروويف ببعض الخصائص المهمة ، مثل :

الخاصية الأولى : إمكانية امتصاص الموجات المكروية عن طريق الماء والمواد الدهنية والمواد السكرية ، وهذا يعني أن جزيئات تلك المواد التي تحتوي على الماء والدهون والسكريات تمتص هذه الموجات ، مما يجعلها تتصادم مع بعضها البعض وينتج من تلك الحركة حرارة التسخين اللازمة لطهيها .

الخاصية الثانية : وهي أن المواد البلاستيكية والمواد الزجاجية والسيراميك والفخار لا تمتص أشعة الميكروويف ولا تتأثر بها، وهذا يعني أنها لن ترتفع درجة حرارتها ، وهذه ميزة مهمة لفرن الميكروويف ، حيث يتم استغلال الطاقة بأكملها في الطهي ، وذلك يسرّع من عملية الطهي كما ذكرنا ، ومما يجدر ذكره أنه يحظر استخدام المواد المعدنية اللامعة مثل الألومنيوم داخل أفران الميكروويف لأنها تعكس الأشعة مما قد يؤدي لتلف الجهاز .

وعموماً، فإنه يجب على مستخدمي فرن الميكروويف قراءة تعليمات المصنع والامتثال لها بعناية ، لأن الأفران الجديدة تختلف بشكل كبير في التصميم والأداء . في حين أن معظم الأفران الحديثة يمكنها تحمل بعض مواد التغليف المصنوعة من المعدن، إلا أن مصممي الأفران يوصون بصورة عامة بعدم وضع المعادن في الفرن ، لا سيما على مقربة من الجدران، لأن هذا قد يسبب الشرر الكهربي وتلف جدران الفرن . أيضاً ، لأن المعدن يعكس الموجات المكروية ، فلن يتم طهي الطعام الملفوف بورق معدني في حين أن الطعام في الغلاف المعدني قد يتلقى طاقة أكثر مما هو مقصود مما يتسبب في طهي غير ناضج .

(الشكل 14): نصائح يجب اتباعها عند استخدام الميكروويف .

أفران الميكروويف والغذاء

يجد كبار الطهاة والطهاة المحترفون أن أفران الميكروويف ذات فائدة محدودة ، بسبب أنها لا تحمر الطعام ، ولا تعزز النكهة وتعطيها صفة القرمشة أو التحميص ، وأن الوصفات الغذائية التي تطهى باستخدام أفران الميكروويف لا يمكنها أن تنافس الوصفات التي تستخدم المواقد والأفران التقليدية ، ولكن ، وفي المقابل فإن أفران الميكروويف تساعد كثيراً في الطهي السريع ، إذ يمكن للمستهلك العادي أن يحضر الوجبة الغذائية التي يريدها باستخدام أفران الميكروويف ، أو أن يعيد تسخين الوجبة الغذائية المخزنة بما في ذلك الأطباق التجارية المجمدة قبل الطهي في بضع دقائق فقط . كما أن أفران الميكروويف يمكنها أن تساهم بصورة كبيرة وعملية في إذابة أو إزالة تجميد الأغذية المجمدة بدرجة فضلى وبوقت أقل من ممارسة الطرق التقليدية ، وأفران الميكروويف أيضاً مفيدة لتخفيف بعض المهام التي يمكن تنفيذها بالأفران التقليدية المرهقة في الطهي ، مثل تليين الزبدة أو ذوبان الشوكولاتة ، وما إلى ذلك .

كل هذه الأمور أو المقارنات بين الطهي بالميكروويف والطهي بالطرق التقليدية أثارت الكثير من الجدل بين الطرفين ، فطرف يقف مؤيد ويفضل استخدام الميكروويف والطرف الآخر يفضل الطرق التقليدية ، واليوم يتحد مصنعو وتجار الأغذية لتلبية مطالب المستهلكين الذين يرغبون في الإعداد السريع للغذاء والمذاق والملمس الممتاز، حيث يتم تطوير الأغذية القابلة للمعاملة بالميكروويف بسرعة لتوفير وقت المستهلكين والوعي الغذائي والرغبة في الحصول على أغذية ذات مذاق ورائحة كما لو كانت مطهية في فرن تقليدي . ولتلبية تلك الاحتياجات يقوم مصنعو الغذاء بتكوين جيل جديد من السلع القابلة للمعاملة بالميكروويف للاستخدام داخل وخارج المنزل من خلال ميكروويف سواء في المكاتب أو المتاجر ، ويعتمد نجاح السلعة في حالات كثيرة على توليفة من إعادة التشكيل أو التركيب وإعادة تصميم العبوة .

ويشمل الجيل الجديد من منتجات الميكروويف وجبات خفيفة وأيضاً دجاج وأسماك طازجة ومأكولات سابقة الطهي وشطائر الجبن والبطاطس المحمرة والبسكويت والبيتزا . وتعكس المجموعة الكبيرة من المأكولات القابلة للمعاملة بالميكروويف الاتجاهات الموجودة في السوق، مثلاً تتوفر الأغذية العضوية والطبيعية في صورة قابلة للمعاملة بالميكروويف . وتظهر أيضاً مأكولات طازجة جاهزة للتسخين بشكل جيد في الميكروويف كما يزداد عدد المنتجات الذي يدخل سوق المنتجات الجاهزة والمعبأة، وذلك تلبية لرغبات المستهلك . وتقدم بعض متاجر التجزئة وجبات طازجة داخل عبوات خاصة حيث تعمل تلك العبوات كوعاء ضغط وتحتوي العبوة البلاستيكية شديدة الإحكام على وجبة مضغوطة من المأكولات الطازجة من

أسماك أو دجاج أو معكرونة أو خضر أو بطاطس أو أرز ، وأثناء طهي تلك الوجبات في فرن الميكروويف يتراكم البخار داخل الوعاء ويبدأ طهي الطعام وتتمدد العبوة تدريجياً ويخرج البخار الزائد من خلال صمام في غطاء العبوة ، ويستغرق طهي الوجبة حوالي 6 دقائق .

كيف تتم عملية طهي الطعام في الميكروويف ؟

بشكل عام وبصورة مبسطة ، يؤدي الحقل الكهربي المغناطيسي المتولد داخل فرن الميكروويف إلى إثارة ودوران الجزيئات ، وبالتالي تتصادم الجزيئات والأيونات القطبية داخل الطعام. وهذه الاحتكاكات الجزيئية التي تحدث في الطعام تولد حرارة ، وبالتالي تؤدي إلى ارتفاع درجة حرارة الطعام . ولقد وجد أن العملية تتم عبر عمليتين رئيسيتين ، وهما : التفاعل ثنائي القطب والتفاعلات الأيونية، لنحاول أن نشرح هاتين العمليتين .

1. **تفاعل ثنائي القطب :** عندما يتم امتصاص طاقة الميكروويف تدور الجزيئات القطبية كما يحدث في جزيئات الماء داخل الغذاء، وذلك وفقاً للمجال الكهربي المغناطيسي المتناوب أو البديل. ومن المعروف أن جزيء الماء يُعد «ثنائي القطب» ، بمعنى أن في نهاية القطب الأول توجد شحنة موجبة وفي نهاية القطب الآخر توجد شحنة سالبة ، وعلى غرار عمل المغناطيس فإن هذه «ثنائيات القطب» ستنظم نفسها عندما تكون خاضعة للمجال الكهربي المغناطيسي ، ولقد وجد أن دوران جزيئات الماء من شأنه أن يولد حرارة للطهي.
2. **التفاعل الأيوني:** بالإضافة إلى أن جزيئات الماء ثنائية القطب ، فإن المركبات الأيونية ـ مثل الأملاح الذائبة ـ في الغذاء يمكنها أن تتسارع عن طريق المجال الكهربي المغناطيسي وتتصادم مع جزيئات أخرى لإنتاج الحرارة . وبالتالي فإن تركيب الطعام يؤثر على كيفية تسخينه داخل فرن الميكروويف . فالطعام ذو المحتوى العالي من الرطوبة يمتص الحرارة بصورة عليا وذلك بسبب التفاعلات ثنائية القطب . ومع زيادة تركيز الأيونات ، مثل الأملاح الذائبة فإن معدل التسخين يتزايد أيضاً بسبب التفاعلات الأيونية مع الموجات المكروية . وعلى الرغم من ذلك فإن جزيئات الزيت التي تُعد أقل قطبية بكثير من جزيئات الماء وكذلك فهي غير أيونية ، فإن المنتجات الغذائية ذات المحتوى العالي من الزيت ذات معدل تسخين سريع ، وذلك لأن الحرارة النوعية للزيت تقل عن نصف كمية الماء .

ومن جانب آخر ـ وكما أشرنا سابقاً ـ فإن المغنطرون يحول الطاقة الكهربية العادية الآتية من مقبس الحائط داخل الفرن إلى موجات راديوية قصيرة جداً، ليصبح الفرن بواسطة المغنطرون ذا تردد يبلغ حوالي 2450 ميجاهيرتز . وعند هذا التردد يتم امتصاص الطاقة بسهولة عن طريق الماء والدهون والسكريات ، مما يؤدي إلى حدوث اهتزازات سريعة جداً ودرجات حرارة عالية تعمل على طهي الطعام .

والأطعمة التي يفضل طهيها على الطاقة العالية هي في الأساس الأطعمة الطرية والأطعمة التي تحتوي على نسبة عالية من الماء ، مثل اللحم البقري المفروم والدواجن والخضراوات والفواكه ، ويمكن للبيض والجبن واللحوم الصلبة أن تشتد وتتصلب في الموجات المرتفعة، لذلك يفضل طهيها عند الطاقة المنخفضة، كما يجب طهي قطع كبيرة من اللحم على قوة متوسطة (50%) ولكن لفترات أطول ، فهذا يسمح للحرارة للوصول إلى مركز القطعة دون مناطق خارجية مكتظة .

ومن المعروف أنه كلما ارتفعت قوة الميكروويف زادت سرعة طهي الطعام ، لذلك فإنه من المهم في موضوع طهي الأغذية وسلامتها أن نعرف قوة الطاقة الكهربية التي يمكن أن نستخدمها في تشغيل الفرن ، ولكن ماذا يمكن أن يحدث إن لم نعرف قوة الميكروويف ؟

بكل بساطة يمكن البحث عن المعلومات بالنظر إلى داخل باب الفرن أو على لوحة الأرقام المسلسلة على الجزء الخلفي من الفرن أو في دليل المالك، وإن لم نجد أية معلومات حول قوة الميكروويف فإنه يمكن إجراء اختبار «وقت الغليان» لتقدير القوة الكهربية ، وذلك بوضع كأس به ماء بارد في فرن الميكروويف لمدة أربع دقائق على درجة عالية من التشغيل ، حسب الفترة الزمنية التي يغلي فيها الماء من خلال النافذة لتراه عندما يغلي .

- فإن غلى الماء في أقل من دقيقتين فتكون الطاقة 1000 واط أو أكثر .
- وإن غلى الماء خلال دقيقتين ونصف فإن الطاقة 800 واط أو ربما أكثر .
- وإن غلى الماء في ثلاث دقائق فإن الطاقة متوسطة تتراوح ما بين 650 إلى 700 واط تقريباً .

الفرق بين الطهي بأفران الميكروويف والفرن التقليدي

يتم تسخين الطعام أو طهيه في الفرن التقليدي عبر الهواء الساخن المحيط به في حين يتم تسخين الطعام أو طهيه في فرن الميكروويف نتيجة الموجات الكهربية المغناطيسية ، فالموجات الكهربية المغناطيسية المتولدة لا يتم توزيعها بصورة موحدة داخل غرفة الطهي ، ومن ثم يؤدي إلى تسخين غير متساو للأغذية .

وعادة يتم تسخين الدهون بسرعة كبرى عن الماء بسبب قدرتها الحرارية المنخفضة نسبياً. ومن ناحية أخرى، فإنه يمكن تسخين الأطعمة ذات المحتوى العالي من الدهون عند درجة حرارة أعلى من 200 درجة سلزية ، بينما يتم طهي الطعام ذي المحتوى المرتفع من الرطوبة عند درجة حرارة لا تزيد عن 100 درجة سلزية ما لم يتبخر كل الماء ، وذلك لأن للمياه درجة حرارة غليان أقل .

وبشكل عام ، يعتمد وقت ودرجة حرارة عملية التسخين على عدة عوامل بما في ذلك التكوين والحجم والكمية والشكل والكثافة والحالة المادية للمادة الغذائية . ويقل عمق تغلغل الموجات المكروية عند زيادة درجة الامتصاص . فالغذاء ذو المحتوى العالي من الماء أو الملح له تأثير أكبر على السطح لأنه يميل إلى امتصاص المزيد من الموجات المكروية ويحد من تغلغل الموجات المكروية ، كما أن التسخين يكون أكبر في الجزء الذائب من الطعام المجمد ، حيث إن الماء يمتص الموجات المكروية بدرجة أعلى من الجليد .

وقد تنتج عملية التسخين غير المتساوية للمواد الغذائية بقعاً ساخنة وأخرى باردة ، مما قد يؤدي بدوره إلى إثارة القلق بشأن سلامة الأغذية من الناحية الميكروبيولوجية ، وفي الوقت الحاضر ، فإن هناك محاولات لتطوير تصميم فرن الميكروويف بحيث يتم الحد من مشكلات التسخين غير المتكافئ . ومع ذلك ، فإن وضع المادة الغذائية لفترة من الوقت قبل الاستهلاك قد يسمح بفترة لإعادة توزيع الحرارة إلى أجزاء أخرى من المادة الغذائية .

تأثير طهي الأغذية في فرن الميكروويف على الصفات الحسية للأطعمة

هناك فرق واضح عند المقارنة مع الطهي التقليدي وهو نقص التحمير السطحي أو ما يعرف بظهور اللون البني والقرمشة، حيث تظل دائماً درجة حرارة السطح منخفضة في الأطعمة المطبوخة في فرن الميكروويف وتظل أكثر رطوبة مقارنة مع الطهي التقليدي ، حيث لا تتم التفاعلات المسؤولة عن اللون والنكهة في الطهي التقليدي أو أنها تبدأ ببطء شديد، وفي هذه الحالة يتم استخدام فرن مزج مع هواء ساخن أو إشعاع أو استخدام مواد حساسة للحرارة ، وقد تم تطوير مكونات خاصة تتفاعل عند درجات حرارة منخفضة وتعطي السطح اللون البني .

يؤثر كل من الوقت ودرجة الحرارة على النكهة والملمس ، وبما أن زمن الطهي في الميكروويف قصير فإن النهكة أو الملمس المطلوب فيه يتطلب إجراءات خاصة ، واستخدام أزمنة ودرجات حرارة مختلفة تؤدي إلى تدرج رطوبي مختلف ، فالتركيبات المختلفة للمخبوزات والعجائن الشبيهة بالخبز تكوّن عند تسخينها بالميكروويف ملمساً غير مرغوب، وفي المأكولات متعددة المكونات يصبح الخبز ليناً ومطاطياً ، وإذا كان التعرض للموجات المكروية طويلاً تكون النتيجة فتات صلبة ومطاطية ، أما في المنتجات المغطاة بالزبدة فتحدث هجرة للماء ، ويكون بخار الماء ضئيلاً جداً على السطح ، وغياب اللون البني .

ويتم تسخين الحواف والزوايا أسرع من الأجزاء الأخرى من الطعام نتيجة التعرض لموجات الميكروويف القادمة من اتجاهات مختلفة، وبعد 50 ثانية من التسخين في الميكروويف

تصل درجة الحرارة إلى قرب نقطة غليان الماء عند الحواف ، وقد لوحظت ظاهرة فقد الحرارة بالانتقال والتبريد التبخيري عند الحواف . ومن المعلوم أن مكونات كثيرة تؤثر على طهي وتسخين الطعام في فرن الميكروويف ، مثل الدهون والنشا ، والسكريات والعسل ، والأحماض الأمينية الحرة ، والبروتينات والفسفات .

تأثير الميكروويف على القيمة الغذائية

تبين للدارسين أن الميكروويف مثل الطريقة الحديثة والمتطورة لعملية الطهي ، وخاصة إذا أخذ في الحسبان كفاءة هذه الأفران في توفير الطاقة وتقليل زمن الطهي ، ولكن يجب مراعاة الاختلافات في درجة نضج واكتمال الطبخ وخواص قوام المادة الغذائية عند مقارنتها بطرق الطهي الاعتيادية، وخاصة بوجود دراسات كثيرة توضح أنه لا توجد اختلافات حقيقية في القيمة الغذائية للأطعمة المطهوة في أفران الميكروويف عن تلك التي تم طهيها بالطرق التقليدية، وإن وجدت بعض الاختلافات فإنها لا تمثل إلا الحد الأدنى من ذلك .

تأثير الميكروويف على بعض العناصر الغذائية

1. **الماء :** عندما تمت دراسة كميات الماء المفقودة في منتجات اللحم عند طهيها في أفران الميكروويف اتضح أن كمية الفقد كبيرة مقارنة بطريقة الطهي الاعتيادية ، أما بالنسبة للخضراوات فلقد وجد أنه لا يوجد فرق حقيقي بين كميات الرطوبة المفقودة باستخدام كلتا الطريقتين .

2. **البروتين الحيواني :** لم تظهر الدراسات التي أجريت على لحم البقر والخراف اختلافات كمية ونوعية مهمة في القيمة الغذائية لهذه النوعية من الأطعمة عند طهيها باستخدام الميكروويف ومقارنتها مع طرق الطهي الاعتيادية، إلا أنه تبين في بعض الدراسات أن التسخين بالميكروويف يساعد في المحافظة على البروتينات الكلية في الغذاء ، وهذا قد يعود إلى أن طرق الطهي التقليدية تزيد من كمية البروتينات غير الذائبة الموجودة في العضلات وخاصة عندما ترتفع درجة حرارة الطعام بسرعة كبيرة ، بينما حرارة الميكروويف تسبب زيادة تدريجية لهذه النوعية من البروتين .

3. **البروتين النباتي :** عندما تمت المقارنة بين تأثير الطهي الاعتيادي واستخدام الميكروويف على أنواع مختلفة من البطاطس تبين أن البطاطس المطهوة بالميكروويف احتفظت بنكهتها أكثر من تلك المطهوة بالطريقة الأخرى ، كما وجد أن فول الصويا الذي تعرض لأشعة الميكروويف ولمدة لا تزيد عن ثلاث دقائق زادت قيمته الغذائية ، وظهر ذلك جلياً عندما

تم استخدامه على فئران التجارب عن تلك التي عولجت بالطريقة الاعتيادية ، بالإضافة إلى أن بعض الدراسات أظهرت أن الطهي الاعتيادي يقلل من ذوبانية بعض البروتينات ويثبط من نشاط التريبسين . وعموماً فإن هذه الدراسات تشير إلى أن الطهي باستخدام الميكروويف يمكن أن يسبب بعض التغيرات المرغوبة في البروتين غير الحيواني .

4. **الكربوهيدرات :** لم يدرس تأثير الطهي باستخدام الميكروويف على المواد الكربوهيدراتية دراسة وافية ، وكل الدراسات التي أجريت في هذا الصدد كانت على بعض الأعشاب والنباتات لتساعد في تجفيفها ، وعند دراسة محتوى الكربوهيدرات لهذه النباتات اتضح أنها نسبياً أعلى من تلك التي تم تجفيفها باستخدام الطرق التقليدية .

5. **الدهون :** اتضح أن تأثير الميكروويف على أجزاء الدهون في الطعام غير هامة ، حيث أظهرت الدراسات أن نسبة الدهون الكلية المفقودة في جميع عينات اللحوم المطهوة بالطريقة التقليدية لا تزيد إلا نسبة قليلة جداً مقارنة مع المطهوة باستخدام الميكروويف. أما بالنسبة للكوليستيرول فلقد تبين أنه ينقص في حالة الطهي الاعتيادية مقارنة مع استخدام الميكروويف .

6. **الأملاح المعدنية :** وجدت بعض الاختلافات في نسبة الفسفور والحديد الموجودة في لحم البقر والأنواع الأخرى من اللحوم ، مثل الخراف المطهوة بالطرق التقليدية مقارنة مع تلك المطهوة بالميكروويف، كما تبين أن محتوى الصوديوم في لحم الخراف المطهو بالطرق التقليدية تزيد بنسبة 10% عن ما هو موجود في اللحم المطهو بالميكروويف . ولم تظهر الدراسات اختلافات في نسبة الأملاح المعدنية الموجودة في المصادر النباتية بصرف النظر عن طريقة الطهي .

وتشير معظم الدراسات أنه لا يتم عادة تدمير المعادن أثناء الطهي بما في ذلك طهي الميكروويف . ومع ذلك ، فإنها قد تفقد في ماء الطهي أو مرق اللحم . فقد تبين من خلال بعض الدراسات بعد مقارنة طهي اللحم البقري بين الميكروويف والطهي التقليدي أنه تم الاحتفاظ بدرجة كبرى عن الفسفور والبوتاسيوم حينما يكون الطهو باستخدام الميكروويف، لذلك يمكن أن نستخلص من أن القيمة الغذائية للأطعمة المطهوة بواسطة الميكروويف يمكن أن تكون مساوية بتلك المطهوة بالوسائل التقليدية .

7. **الڤيتامينات :** أجريت العديد من الدراسات لمقارنة الاحتفاظ بالڤيتامينات في أنواع مختلفة من اللحوم والخضراوات التي يتم طهيها بالطرق التقليدية وبالميكروويف . وبشكل عام، فإن الڤيتامينات الذوابة بالماء مثل ڤيتامين C وڤيتامين B المركب أكثر عرضة للتأثيرات الحرارية. إن تفاوت الاحتفاظ بالڤيتامينات يتغير حسب حجم وشكل الطعام ووقت الطهي ودرجة الحرارة الداخلية وبعض العوامل الأخرى . وقد أظهرت

الأدبيات المتاحة أن الاحتفاظ بالڤيتامين في الأطعمة المعالجة بالميكروويف إن لم يكن مساوياً للاحتفاظ به في الأطعمة المعالجة بطرق الطهي التقليدية فإنها ربما تكون أفضل، وذلك بسبب قصر زمن الطهي .

الاحتياطات المتبعة أثناء الطهي

من المهم جداً ملاحظة الجهاز أثناء تشغيله ، فإن ذلك يوفر على المستهلك الكثير من المشكلات التي هو في غنى عنها ، وبالإضافة لذلك فإنه من الأجدى مراعاة الأمور التالية :

1. يفضل دائماً تقطيع أجزاء اللحمة الكبيرة إلى قطع صغيرة ومتساوية بقدر الإمكان ، فالأغذية ذات الأحجام الكبيرة تحتاج إلى زمن أكبر حتى يتم اختراقها بالأشعة وبالتالي تسخينها ، وعدم تقارب أحجام قطع الأغذية يسبب تفاوتاً في الوقت اللازم لتسخين كل قطعة.
2. في حالة الدواجن وقطع اللحم متوسطة الحجم أو الكبيرة نسبياً، فإنه يفضل دائماً استخدام درجات الحرارة المتوسطة (وهي ما تقارب حوالي 50% من قوة الجهاز) ، وهذا ما يجعل الحرارة تصل إلى جميع أجزاء الغذاء حتى تنضج دون أن تحترق .
3. الأغذية الباردة تحتاج إلى وقت أطول للطهي ، من تلك الأغذية ذات درجات الحرارة الاعتيادية (درجة حرارة الغرفة) .
4. الأطعمة زائدة الرطوبة تطهى أسرع من الأطعمة قليلة الرطوبة، وعليه فإن تغطية الغذاء أو إضافة ماء له يمكن أن تسرّع من عملية الطهي .
5. لا يستحسن استخدام الأواني محكمة الغلق أو الأواني ذات الفتحات المحدودة .
6. في حالة الأغذية السائلة كالشوربة والمرق بأنواعه المختلفة ، فإنه من الأفضل تحريكها بالملعقة عدة مرات أثناء عملية الطهي .
7. لا يفضل طهي أو تسخين أغذية الرضع باستخدام الميكروويف وإن كان لابد في بعض الحالات فإنه من المهم ألا يتم تسخين زجاجات الأغذية السائلة باستخدام الجهاز ، حيث إن الحرارة قد لا تسري بانتظام داخل الزجاجة .
8. يمكن استخدام الأواني الزجاجية والخزفية في الفرن ، كما يمكن استخدام الأواني والأغطية المصنوعة من الأوراق المشمعة لأنها لا تتأثر بالأشعة ، وعند الرغبة في استخدام الأغطية البلاستيكية فإن من الضروري ألا تلامس الطعام ، بالإضافة إلى أنه من المهم قبل استخدام الأوعية الجديدة التأكد من صلاحيتها وثباتها لهذه النوعية من الأفران ، كما يجب التأكد من أنها لا تحوي مواد كيميائية يمكن أن تلوث الأغذية إذا حدث تلامس بينها .

9. لا يستحسن قطع عملية الطهي، ويفضل أن تترك الأطعمة حتى يتوقف الجهاز أو حسب تعليمات دليل التشغيل ، كما يجب التأكد بصورة شخصية من نضج الطعام ، وخاصة اللحوم والدواجن وبعض الأغذية الأخرى التي يمكن أن تسبب بعض المشكلات الصحية عند تناولها وهي غير مكتملة النضج .

تسخين الطعام المطهي مسبقاً

يُعد تسخين الأغذية المطهية أو إعادة تسخينها من أكثر الأمور خطورة من الناحية المتعلقة بسلامة الأغذية ، ليس أثناء استخدام الميكروويف فحسب وإنما حتى في الأفران التقليدية ، لذلك دائماً يجب اتخاذ الخطوات اللازمة والمهمة حتى يتم رفع درجة حرارة الغذاء إلى الدرجة المطلوبة على مقياس حرارة الطعام التي عندها يمكن القضاء على الجراثيم المنقولة بالغذاء التي تحدث الكثير من الأضرار الصحية ربما من أهمها التسمم الغذائي ، حيث يؤدي تسخين الطعام إلى تفاعلات تحلل مختلفة ـ أي تفاعلات حرارية وأكسدة لمكوناتها الدهنية، بما في ذلك ثلاثي الجليسريد والأحماض الدهنية المشبعة وغير المشبعة ، وكذلك الكوليستيرول في وجود الأكسجين . ولقد وجد أن الزيادة في منتجات الأكسدة الدهنية هي مصدر قلق صحي خاص عند العلماء ، لذلك عند استخدام الميكروويف، من الأفضل أن :

- نغطي الغذاء بغطاء بلاستيكي خاص لأفران الميكروويف من أجل الاحتفاظ بالرطوبة أثناء عملية التسخين حتى يتم تسخين الغذاء ، ومن الأفضل تقليب زوايا الإناء من أجل تنفيس البخار .
- تسخين الأطعمة الجاهزة للأكل مثل اللحوم المصنعة، ولحوم اللانشون، وبقايا الطعام حتى يصبح بخارها ساخناً.
- وبعد إعادة تسخين الأطعمة في فرن الميكروويف يجب أن نترك الطعام المعاد تسخينه لبعض الوقت لفترة نسميها (وقت الطهي المستمر)، وهي بضع دقائق لا تتجاوز ثلاث دقائق في الحد الأعلى، ثم نستخدم مقياس حرارة الطعام (ترمومتر) نظيف للتحقق من وصول الطعام إلى درجة الحرارة المطلوبة .

إذابة الأغذية المجمدة

من الأمور المهمة والمرتبطة أيضاً بسلامة الأغذية أكثر من ارتباطها بطهي الطعام ، الموضوع المتعلق بإذابة الجليد وذوبان الأطعمة المجمدة ، وإن كانت من ناحية أخرى مرتبطة بعملية الطهي ، لذلك وجدنا أنه من المهم أن نذكرها هنا وفي هذه الجزئية من الكتاب ، ما أفضل طريقة لاستخدام الميكروويف في عملية إذابة الجليد ؟

يجب اتباع الخطوات التالية لإذابة الأطعمة المجمدة بصورة آمنة في فرن الميكروويف :

- إخراج الطعام من الغلاف الأصلي الذي جاء فيه قبل الإذابة .
- تحديد الطاقة «إزالة الصقيع»، وأثناء إزالة الجليد بالميكروويف يجب تدوير الطعام وتقلبيه رأساً كلما أمكن .
- يجب فصل القطع المجزأة مثل أجزاء الدجاج كلما أمكن ذلك ، ثم تدويرها ونقل المزيج عدة مرات أثناء إزالة الجليد . وعند ذوبان اللحوم المفرومة يجب إزالة الجزء المذاب وإخراجه كلما أمكن ذلك ، ثم الاستمرار في إذابة الجزء المتبقي .
- تغطية الطعام بغطاء أو غلاف بلاستيك آمن للميكروويف للاحتفاظ بالرطوبة ولتوفير طهي متساوٍ وآمن .

من الأفضل دائماً اتباع التعليمات المرفقة مع الجهاز من حيث الوقت اللازم والطاقة المستخدمة لإذابة الأحجام والأوزان المختلفة من هذه الأطعمة ، على أنه يجب أن يكون معلوماً أن الأغذية التي تمت إذابتها بمثل هذه الأفران لابد أن تطهى بسرعة بعد عملية الإذابة حتى لا تكون مصدراً من مصادر جراثيم التسمم الغذائي .

إرشادات استخدام الميكروويف في تسخين الطعام

- ابتعدي عن الميكروويف أثناء عملية التشغيل ما لا يقل عن متر ونصف .
- استخدمي أدوات الطهي والتغليف المخصصة لفرن الميكروويف .
- يجب عدم فتح باب الفرن أثناء عملية الطهي تجنباً لتسريب الأشعة .
- تأكدي من أن الأطعمة المجمدة تم تذويبها بشكل كامل قبل طهيها لأن الأجزاء الباردة الموجودة على الطعام تكون بيئة مهيأة لتكاثر الجراثيم ونموها ونشاطها .
- غلفي الأطعمة بالأكياس البلاستيكية المخصصة لفرن الميكروويف قبل أن تضعيها في الفرن.
- استعملي الأواني «البايركس» عند تسخين الأطعمة.

(الشكل 15): إرشادات استخدام الميكروويف في تسخين الطعام .

وقت الطهي المستمر

تتسبب أجهزة الميكروويف والموجات المكروية في اهتزاز الماء والدهون وجزيئات السكر بمعدل 2.5 مليون مرة في الثانية، مما تنتج عنه حرارة ، ولكن هذه الاهتزازات تستمر في توليد الحرارة حتى عند إطفاء الجهاز وإخراج الطعام من الفرن ، وهذا الوقت الإضافي الذي عادة ما يكون بعد توقف الميكروويف يعرف باسم «وقت الطهي المستمر» ، أو «وقت الراحة» أو «وقت الوقوف» ، وربما تطول هذه الفترة نوعاً ما في الأطعمة السميكة مثل الديك الرومي الكامل أو اللحم البقري المشوي أكثر من الأطعمة الرقيقة مثل الخبز والخضراوات والفواكه الصغيرة . وخلال هذا الوقت يمكن أن تزيد درجة حرارة الطعام عدة درجات، ولهذا السبب فإنه ينصح بإعطاء الطعام فترة «راحة» لبضع دقائق على ألا تزيد على ثلاث دقائق بعد إيقاف تشغيل الفرن أو إخراج الطعام من الفرن.

التهيج والغليان

يظهر التهيج أو الغليان العنيف عندما تصبح درجة حرارة السائل ـ وفي الغالب الماء ـ المسخن في فرن الميكروويف أكثر من درجة حرارة الغليان التقليدية 100 درجة سلزية ، بمعنى أن تصبح فائقة السخونة . وتغلي السوائل بدرجة عالية عند إضافة القهوة أو الشاي أو الجيلاتين إلى الماء الساخن . وفي الحالات النادرة فإن كل المطلوب لبدء غليان سائل بصورة مفرطة هو الحركة ، لذلك يمكن أن ينفجر كوب ماء فائق الحرارة من الناحية النظرية بعنف عند إزالته من فرن الميكروويف . وعادة ما يحدث التسخين الزائد عندما يتم وضع الماء في وعاء نظيف جداً أو عند تسخين الماء ذي الحرارة العادية ، ويحدث ذلك أيضاً لأن السوائل تسخن داخلياً من نقاط ما يعرف «بالنقاط الساخنة» ، وهي نقاط أسخن من غيرها بسبب التداخل بين الموجات .

وعلى الرغم من ذلك فإنه يمكننا أن نمنع حدوث ثوران في فرن الميكروويف ، إذ يمكن اتخاذ بعض الاحتياطات اللازمة للتقليل من احتمال حدوث هذه المشكلة، وذلك كالتالي :

- استخدام وعاء ذات جدران منحدرة ، مثل كوب قياس .
- ترك ملعقة خاصة بالميكروويف في الوعاء أثناء التسخين .
- تقليب السائل من حين لآخر .
- إضافة القليل من القهوة أو كيس الشاي أو الجيلاتين في البداية أو في منتصف فترة الغليان .

أواني الطهي واللفائف ، أيهما أفضل في الاستخدام ؟

توجد حالياً العديد من المواد الشائعة لتعبئة الأغذية مثل: البلاستيك والورق والزجاج والسيراميك والمعادن وما إلى ذلك ، ولكن ليس كل تلك المواد مناسبة للطهي بالميكروويف . وبصورة عامة فإن بعض المواد مثل البلاستيك والورق والزجاج والخزف قد تكون شفافة لموجات الميكروويف ، ولكنها على الرغم من ذلك فإنه قد يمتص بعضها كمية معينة من الموجات ، ومن ثم فإنها تقلل من كمية الموجات التي يمتصها الطعام ، وهذا يعني أنها تقلل من كفاءة تسخين الطعام .

ومن ناحية أخرى فقد أشارت بعض الدراسات إلى تأثير شكل الآنية على طريقة تفاعل الطعام مع إعادة التسخين، فالأواني البيضاوية أو الدائرية تمنع احتراق حواف الطعام لأن امتصاص الطاقة يكون متساوياً عند الحواف ، أما الأواني المربعة فتشجع احتراق حواف المنتج، وتعد الأواني المسطحة اختياراً جيداً لأنها توفر مساحة سطحية كبيرة للتسخين .

ومن ناحية أخرى، فقد كانت هناك شكوك بشأن إمكانية حدوث تسرّب بعض المواد الكيميائية الضارة من الحاويات نفسها (مثل اللدائن ، وما إلى ذلك) للمادة الغذائية أثناء استخدام الميكروويف . وقبل التحدث عن الأضرار الكيميائية دعونا نلقي نظرة على أنواع الأواني آمنة الاستخدام في أفران الميكروويف ، كالتالي :

الحاويات البلاستيكية

تستخدم الحاويات البلاستيكية عادة في الطهي بالموجات المكروية وإعادة تسخين الأغذية ، وتحظى بشعبية في الوقت الحاضر لنقل الوجبات السريعة ، ولكن للعلم فإنه ليس كل أنواع المواد البلاستيكية مناسبة للطهي بالميكروويف . وعلى الرغم من أنه يمكن استخدام البولي إيثيلين (وهي مادة بلاستيكية عالية الكثافة للأطعمة ذات المحتوى المائي العالي) ، فإنه لا يمكن استخدامه للأطعمة التي تحتوي على نسبة عالية من الدهون أو نسبة عالية من السكر ، وذلك لأن هذه الأطعمة قد تصل إلى درجة حرارة أعلى من 100 درجة سلزية وفقاً لمقياس الحرارة للطعام أثناء الطهي بالموجات المكروية . ومن بين المواد البلاستيكية ، وأكثرها شيوعاً في الطهي بالموجات المكروية هي البولي بروبلين والبولي إيثيلين تيرفثالات التي عادة ما يكون درجة انصهارها تتراوح ما بين 210 إلى 230 درجة سلزية .

وأما بالنسبة للفافات البلاستيكية، فإن المادة المستخدمة عادةً هي كلوريد عديد الفينيل والبولي إيثيلين . ولتعزيز مرونة لفائف الكلوريد عديد الفينيل يمكن إضافة مواد بلاستيكية مثل ثنائي إيثيل هيدروكسيل أمين . وقد كانت هناك مخاوف كثيرة بشأن السرطنة المحتملة من ثنائي إيثيل هيدروكسيل أمين التي قد تتسرب للأطعمة . ولقد قيمت الوكالة الدولية لبحوث

السرطان التابعة لمنظمة الصحة العالمية إمكانية السرطنة من ثنائي إيثيل هيدروكسيل أمين وخلص إلى أنه لا توجد بيانات ذات صلة بالسرطان البشري ، وأن الأدلة محدودة للسرطان مرتبطة بصورة أو بأخرى بما يصيب الحيوانات ، لذلك لم يكن من الممكن تصنيفها ضمن المواد المسرطنة بالنسبة للبشر . ويمكن أن تتشكل كميات منخفضة جداً من ثنائي إيثيل هيدروكسيل أمين عند تناول أنواع معينة من الأطعمة الدهنية الملفوفة في البلاستيك على سبيل المثال واللحوم والجبن . ومن الجدير بالذكر أن مستويات المواد البلاستيكية التي يتم استهلاكها نتيجة لاستخدام أغلفة بلاستيكية عادة ما تكون أقل بكثير من المستويات التي يمكن أن تُظهر التأثير السام ، وذلك حسب الدراسات التي تم إجراؤها على الحيوانات . ومع ذلك أكدت بعض الدراسات أن تسرّب ثنائي إيثيل هيدروكسيل أمين من رقائق الكلوريد عديد الفينيل الرقيقة إلى الطعام المطبوخ في أفران الميكروويف قد يكون أعلى في ظل ظروف معينة، لذلك فقد خلصت معظم تلك الدراسات أنه من غير المناسب استخدام رقائق الكلوريد عديد الفينيل الرقيقة لتغطية الأطباق أو تغليف الأطعمة في الميكروويف .

الأغلفة الورقية

يمكن أن يمتص الورق والخشب بعضاً من الموجات المكروية. ومع ذلك ، فهي ليست مثالية للأطعمة المطهية في الميكروويف ، لأن قوة الورق ستتأثر عندما يصبح رطباً ، وليس جميع أنواع الورق مناسبة للطهي بالميكروويف . وقد بينت بعض الدراسات أن المواد الغذائية المغلفة بأوراق مشمعة أو أكياس الشمع قد تكون ملوثة بالهيدروكربونات المشمع بعد الطهي بالميكروويف ، لذلك يجب على المستهلك التحقق من البطاقة الإعلامية الخاصة بأواني الورق المشمع إن كانت آمنة الاستخدام في الميكروويف قبل الاستخدام .

الحاويات الزجاجية

عندما يستخدم الميكروويف لطهي الطعام ، فإن الزجاج يحتفظ بالحرارة، وتعتمد درجة امتصاص الموجات على أنواع الزجاج . علاوة على ذلك، فإن موجات الميكروويف تتركز في المركز بعد مرورها عبر الحاويات الزجاجية ، وخاصة ذات نصف القطر الصغير. وبالتالي ، قد تكون درجة الحرارة في المركز أعلى بكثير من الخارج .

الحاويات الخزفية

وجد أن السيراميك مناسب للطهي بالميكروويف . ومع ذلك ، فقد لوحظ أنه في بعض الأحيان تولد الشرر الكهربي ـ سنتعرف عليه لاحقاً ـ وخاصة إن استخدمت حاوية خزفية ذات حافة معدنية أو مطلية بالمعدن في فرن الميكروويف . وقد نتج تأثير الشرر الكهربي عن انعكاس موجات الميكروويف أو ارتدادها عن المكونات المعدنية ، ثم يصبح الهواء بين مكوّنين

معدنيّين قريبين متأينين ، ويضيء التيار الكهربائي بدوره عبر الفجوة بين المكوّنين . والشرر الكهربي يمكن أن يكون واسع النطاق غير مرغوب فيه لأن من شأنه أن يضر بالمغناطيس داخل فرن الميكروويف .

الحاويات المعدنية

بصفة عامة ، تنعكس موجات الميكروويف بالمعادن ولا تكون قادرة على اختراقها . وبسبب تأثير الشرر الكهربي الذي تم ذكره سابقاً فإنه لا ينصح باستخدام حاويات معدنية للطهي بالموجات المكروية. ومع ذلك، فبعض الأنواع الخاصة من مواد التعبئة والتغليف، مثل أكياس الفشار، أو أي نوع من الأكياس أو مواد التغليف المحتوية على طبقة معدنية رقيقة يمكن استخدامها إن ذكر ذلك على بطاقتها الإعلامية وإن كانت الموجات يمكن اختراقها ولاتسبب أي أضرار للجهاز.

(الشكل 16): تحذير من استخدام المعادن داخل الميكروويف .

رقائق الألومنيوم

من المعلوم أن الموجات المكروية لا تستطيع اختراق المعادن، لذلك لا يجب وضع الأطعمة مغطاة بصورة كاملة بورق الألومنيوم أو في وعاء معدني مغطى في فرن الميكروويف ، لأن الموجات الكهربية المغناطيسية في الفرن لا تستطيع اختراق المعدن ، وهذا يعني أنه لا يصل للطعام بمعنى آخر لا يحقق الهدف المطلوب منه .

كيف يمكنك تحديد ما إذا كان استخدام الأواني آمناً في فرن الميكروويف ؟

إن لم تكن هناك علامة على الإناء توضح إن كان آمناً للاستخدام في الميكروويف ، فيمكن اختبارها قبل الاستخدام للتأكد من أنها آمنة في الميكروويف ، ويتم ذلك بوضع كوب واحد من ماء الصنبور في كأس زجاجي ذي مقياس مدرج وذلك بأن نضع كأس الماء في فرن الميكروويف على ألا يلمس جدران الفرن مع الإناء الذي سيتم اختباره ، ثم نشغل الميكروويف على درجة عالية لمدة دقيقة واحدة ، فإذا شعرنا أن الآنية دافئة أو ساخنة ، فإن هذا يعني أنها ليست آمنة الاستخدام في فرن الميكروويف ، وذلك لأنها تحتوي على معدن في المادة أو طبقة زجاجية، لذلك فإنه من الأفضل عدم استخدامها . إذ أن الوعاء قد يتلف أو يذوب في حال استخدامه في الميكروويف .

القوس أو الشرارة الكهربية

القوس أو الشرارة الكهربية هي شرارة تحدث داخل فرن الميكروويف عندما تصطدم الموجات المكروية مع الطلاء المعدني الموجود على الأطباق أو غيرها من المواد المعدنية .

ووجود هذه النوعية من الشرار ولفترات طويلة يمكن أن يضر بالفرن ، وكذلك الأواني حيث إنها تكون حارة للغاية ، لذلك فإنه من الأفضل التخلص من كل الأواني غير صالحة الاستخدام للميكروويف واستبدالها بتلك النوعية التي يمكن أن تكون آمنة لطهي الطعام في هذه النوعية من الأفران .

صحة وسلامة الغذاء

تُعد سلامة الأغذية هي القضية الصحية الأساسية المهمة والأكثر تداولاً وجدلاً في الموضوعات المتعلقة بالطهي في أفران الميكروويف، إلا أننا نعرف أن معدل التسخين في فرن الميكروويف يعتمد على نسبة الطاقة الموجية في الفرن وعلى المحتوى المائي وكثافة وكمية الطعام المراد طهيه وتسخينه . ومن الملاحظ أن الموجات المكروية لا تخترق قطع الطعام السميكة بصورة جيدة ، وربما هذا يعني أنها تنتج طهياً غير متساوٍ، وهذا يمكن أن يؤدي إلى خطر صحي ، فإن لم يتم تسخين أجزاء من الطعام وطهيه بصورة كافية لقتل المكروبات التي يحتمل أن تكون خطرة فإن الطعام يمكن أن يصبح خطراً . وبسبب احتمالية التوزيع غير المتكافئ للطهي فإنه يجب طهي الطعام أو تسخينه في فرن الميكروويف لعدة دقائق بعد الانتهاء من الطهي للسماح بتوزيع الحرارة في جميع أنحاء الطعام .

ولكن بصورة عامة ، وجد أن الطعام المطهو في فرن الميكروويف آمن ، وله نفس القيمة الغذائية ، مثل الطعام المطهي في الفرن التقليدي . والفرق الرئيسي بين هاتين الطريقتين في الطهي هو أن طاقة الميكروويف تتغلغل في الغذاء بشكل أكثر عمقاً وفي زمن أقل . وعلى الرغم من كل العبارات المطمئنة التي تكتبها الشركة الصانعة في الدليل المرافق للفرن إلا أن المستهلك ينتابه الكثير من الشكوك حول صحة وسلامة المادة الغذائية، وخاصة في ثلاثة موضوعات أساسية ، وهي : هل من الممكن أن يصبح الغذاء مشعاً ؟ سلامة الغذاء من الناحية الكيميائية ، وأخيراً ماذا يحدث للمكروبات وخاصة المنقولة بالغذاء حينما نتعامل مع تلك الأطعمة بالميكروويف ؟ لنحاول أن نجيب على هذه الأسئلة.

هل الغذاء يصبح مشعاً بعد طهيه بالميكروويف ؟

وكما هو معروف أن أفران الميكروويف تستخدم موجات ذات طول موجة مماثلة لموجات التليفزيون والراديو وأجهزة الحلاقة الكهربية والرادار وما إلى ذلك ، وهذا يعني أن الغذاء لا يصبح مشعاً ، وفي المقابل فإنه لا تبقى أي من الموجات المكروية في تجاويف الطعام بعد إغلاق فرن الميكروويف . وفي هذا الصدد ، فإن الميكروويف يعمل مثل الضوء ، فعندما يتم إيقاف تشغيل المصباح لا يبقى أي ضوء .

المخاطر الكيميائية المرتبطة بطهي الطعام في الميكروويف

من المعروف أن عمليات الطهي ـ ولا سيما تلك التي ترتفع فيها درجات الحرارة مثل الشوي والخبز وما إلى ذلك ـ تحفز إنتاج مواد مسرطنة محتملة . لذلك تولدت مخاوف كثيرة من أن الطهي بالميكروويف قد يزيد أيضاً من إنتاج المواد المسرطنة أو المطفرة في الأطعمة .

ولكن لا يوجد حالياً أي دليل علمي يمكن أن يثبت تواجد أي من المواد المسرطنة أو تزايدها عند استخدام الموجات المكروية . ومن ناحية أخرى فقد تمت دراسة إنتاج الطفرات في لحم الضأن المطهو ولحوم البقر فلم يُعثر على أي دليل على طفرات في قطع لحم الضأن المطهو بالموجات المكروية ، سواء في شريحة لحم الخاصرة ، أو ساق الضأن أو اللحم البقري . وأشارت نتائج دراسة أخرى أيضاً إلى عدم وجود آثار ضارة في الأغذية المطهوة في الموجات المكروية مقارنة مع تلك المطهوة بشكل تقليدي عند تغذية الجرذان .

ومن العوامل المسببة للسرطان تشكيل الأمينات متغايرة المنشأ ، والهيدروكربونات الأروماتية عديدة الحلقات ، والنتروزامينات التي تثير القلق بوجه خاص .

الأمينات متغايرة المنشأ هي مجموعة من المركبات التي تتولد في اللحوم العضلية المطهوة وتظهر بعد الطهي على درجة حرارة عالية ، مثل القلي والشوي والتحمير بصورة عامة ، وقد صنفت الوكالة الدولية لبحوث السرطان التابعة لمنظمة الصحة العالمية أحد هذه الأمينات كمسرطن بشري محتمل ، وذات سمية وراثية شاملة في حين أن تسعة أنواع أخرى من هذه الأمينات من الممكن أن تكون مواد مسرطنة للبشر . وعادة يتم تشكيل كميات ضئيلة من الأمينات متغايرة المنشأ عندما يتم طهي اللحوم في درجات أقل من 100 درجة سلزية ومع وقت الطهي القصير. وبالتالي ، فإن طرق الطهي في الميكروويف والغلي يمكن أن يؤدي إلى ترسب كميات صغيرة جداً من الأمينات متغايرة المنشأ في الطعام . ولقد بينت بعض الدراسات أن تشّكل أنواع معينة من الأمينات متغايرة المنشأ في أرجل الدجاج يمكن أن يتم بكميات قليلة عندما تطهى بالميكروويف مقارنة مع القلي ، وأيضاً فإن تجهيز اللحوم في فرن الميكروويف قبل الشواء من شأنه أن يقلل بشكل كبير من تشكيل الأمينات متغايرة المنشأ . وأشارت بعض الدراسات أنه عند مقارنة فطائر اللحم غير المطهوة بالميكروويف مع أخرى مطهوة بالميكروويف في ظل ظروف متجانسة يمكن أن يخفض من كمية الأمينات متغايرة المنشأ ثلاثة إلى تسعة أضعاف بعد معالجتها بالميكروويف.

الهيدروكربونات الأروماتية عديدة الحلقات ، يشير مصطلح الهيدروكربونات الأروماتية عديدة الحلقات إلى مجموعة كبيرة من المواد الكيميائية العضوية التي تحتوي على اثنين أو أكثر من الحلقات الأروماتية المندمجة التي تتكون من ذرات الكربون والهيدروجين . وعموماً فإن الاحتراق غير المكتمل يؤدي إلى تكوين الهيدروكربونات الأروماتية عديدة الحلقات، وخلال خطوات التصنيع الغذائي أو الطهي مثل التحميص والشوي والتدخين تتولد الهيدروكربونات الأروماتية عديدة الحلقات ، بل وتزيد مستواها في الأطعمة المطهية . ويحتوي الطعام المطهي على الهيدروكربونات الأروماتية عديدة الحلقات، بينما كانت كمية الهيدروكربونات الأروماتية عديدة الحلقات في الأغذية المطهوة بالبخار أو في أفران الميكروويف أقل ، وأوضحت بعض الدراسات أن كمية كبيرة من الهيدروكربونات الأروماتية عديدة الحلقات تشكلت عند طهي لحم البقر في زيت الذرة عن طريق القلي التقليدي وإعادة التسخين، في حين أن الكمية التي تكونت في أفران الميكروويف كانت لا تذكر .

تتكون مادة النيتروزامين عند تخفيف أو طهي بعض الأطعمة التي تصنف أنها مسرطن بشري محتمل بواسطة الوكالة الدولية لبحوث السرطان . أظهرت بعض الدراسات أن بعض عينات اللحوم المقددة المطهوة بالموجات المكروية أعطت مستويات أقل بكثير من النيتروزامين من العينات المقلية ، وأظهرت نتائج دراسة أخرى أن طهي بعض من منتجات الأطعمة البحرية المجففة باستخدام التسخين غير المباشر ، مثل الطهي بالميكروويف والبخار يمكن أن تتسبب في وجود أقل كمية من نتروزو ثنائي مثيل ألانين ، مقارنة مع التسخين المباشر عن طريق طرق الطهي التقليدية .

وفي الختام ، لم تشير الدراسات إلى أن ما ينتج من المركبات سابقة الذكر في منتجات اللحوم مطهوة بأفران الميكروويف يمكن أن تكون بكميات تشكل خطورة على الإنسان ، لذلك فإنه يوصى باستخدام الطهي بالميكروويف قبل الطهي بالشواء وذلك من أجل تقليل نسبة الأمينات متباينة الحلقات والهيدروكربونات الأروماتية عديدة الحلقات . وربما يرجع ذلك إلى انخفاض درجة حرارة الطبخ وقصر وقت الطهي مقارنة مع الأنواع الأخرى من الطهي . وقد كان من المعتقد أنه يمكن أن تتكون مواد كيميائية أخرى نتيجة للطهي بالميكروويف. ومع ذلك لم يتم توثيقها أو ربطها مع طهي الميكروويف علمياً . وبوجه عام فإنه أشيعت الكثير من المفاهيم الخاطئة حول فرن الميكروويف ، منها أن طاقة الميكروويف تغير التركيب الكيميائي للغذاء، وهذا غير صحيح فالتغيرات الوحيدة التي تحدث هي تلك التي تتم عند الطهي السريع، كما ولا توجد أدلة على تكوّن مركبات سامة أو خطيرة بفعل طاقة الميكروويف .

المخاطر الجرثومية المرتبطة بالطهي بالميكروويف

نعلم جميعاً أن جميع الأغذية تعتبر ملوثة بالجراثيم، وقد ظهرت مخاوف عديدة بشأن ما إذا كان الطهي بالموجات المكروية فعالاً في القضاء على الكائنات المسببة للأمراض المنقولة بالغذاء مثل الطرق التقليدية أم لا ؟ وذلك لأن طهي الميكروويف يتطلب عادة وقتاً قصيراً نوعاً ما مقارنة مع الطهي التقليدي ، وأحياناً تكون أسطح المادة الغذائية ذات درجات حرارة منخفضة .

وقد خلصت نتائج العديد من الدراسات إلى أن فعالية الطهي بموجات الميكروويف في القضاء على الكائنات الحية الدقيقة يمكن مقارنتها بالطرق التقليدية شريطة أن يتم الوصول إلى درجة الحرارة المناسبة والوقت اللازم للقضاء على تلك النوعيات من الكائنات الحية . ويمكن أن تنطبق نفس العلاقة بين درجات الحرارة والفترة الزمنية على كل أنواع الطهي الأخرى ، بمعنى أنه يُنصح ـ عموماً ـ بتسخين الأطعمة الحيوانية الخام إلى درجة حرارة لا تقل عن 75 درجة سلزية ولمدة لا تقل عن 15 ثانية للقضاء على أي كائن ممرض منقول بالغذاء قد يكون موجوداً في الطعام .

وتشير بعض الدراسات إلى نتائج معاكسة ، وهذه يمكن أن تعزى إلى التسخين غير المتكافئ للأطعمة التي كان يمكن تجنبها بطرق تشمل تغطية الطعام أثناء الطهي باستخدام الميكروويف . لذلك ، فإنه أثناء تصميم فرن الميكروويف والطهي بالميكروويف يجب أن تؤخذ عملية التسخين وخصائص الطهي بالميكروويف بالحسبان لضمان الوصول إلى درجات حرارة مناسبة للقضاء على كل المكروبات .

ولكن بصورة عامة ، تموت الجراثيم أثناء الطهي بالموجات المكروية شأنها في ذلك شأن الطهي في أنواع الأفران الأخرى ، لذلك فإن طهي الطعام يكون آمناً بصورة أو بأخرى في

فرن الميكروويف ، ولكن بسبب الطهي أو توزيع الحرارة غير المتكافئ فإنه من المهم استخدام مقياس حرارة الطعام واختبار الغذاء في عدة أماكن بهدف التأكد من أن درجة الحرارة قد بلغت الدرجة الموصى بها في كل أجزاء الطعام من أجل القضاء على الجراثيم ومسببات المرض الأخرى التي يمكن أن تسبب الأمراض المنقولة بالغذاء .

ولتشجيع الطهي الموحد والطهي المتكافئ، فإنه يمكن:

1. ترتيب الطعام بشكل متساوٍ في طبق مغطى مع إضافة بعض السائل عند الحاجة وتغطية الطبق بغلاف بلاستيك وإرخاء الغطاء أو تهويته لإخراج البخار ، ويمكن الاستفادة من الحرارة الرطبة المتكونة في القضاء على الجراثيم الضارة وضمان طهي متساوٍ كما توفر أكياس الطهي طهياً آمناً ومتساوٍ .
2. عدم طهي قطع كبيرة من اللحم على طاقة عالية 100% طبقاً لمقياس حرارة الطعام ، ويجب أن تطهى تلك القطع على طاقة متوسطة 50% طبقاً لمقياس حرارة الطعام لفترات أطول ، وهذا يسمح بوصول الحرارة للمركز بدون الإفراط في طهي المناطق الخارجية .
3. تقليب الطعام خلال المعاملة بالميكروويف لإزالة المناطق الباردة التي تعيش فيها الجراثيم الضارة ولتحقيق طهي متساوٍ .
4. من المهم عند القيام بطهي جزئي في الميكروويف لاستكمال الطهي على الشواية أو في الفرن التقليدي أن يتم نقل الطعام المعامل في الميكروويف للفرن أو الشواية فور انتهاء المعاملة بالميكروويف وعدم تخزين الطعام المطهي جزئياً للاستخدام في وقت لاحق وحتى لو خزن الطعام المطهي جزئياً في الثلاجة بشكل فوري ، فقد لا يبرد بسرعة كافية لضمان السلامة .
5. استخدام مقياس حرارة الطعام للتأكد من وصول الطعام لدرجة الحرارة الآمنة وبوضع المقياس في أسمك منطقة من اللحم أو الطيور وليس بالقرب من العظام أو الدهن ، وقد يتباين زمن الطهي لتباين الأفران من حيث الطاقة والكفاءة ، ويتم قياس درجة الحرارة في مناطق متعددة للتأكد من أن اللحم الأحمر قد وصل إلى درجة حرارة 71.1 درجة سلزية والدواجن 82.2 درجة سلزية والأطباق المحتوية على البيض 71.1 درجة سلزية، ويجب دائماً ترك وقت ليهدأ فيه الطعام ، حيث يتم فيه اكتمال الطهي قبل قياس درجة الحرارة الداخلية بمقياس حرارة الطعام .
6. لا ينصح بطهي الطيور الكاملة المحشوة بفرن الميكروويف ، حيث من الممكن ألا يصل الحشو لدرجة الحرارة اللازمة للقضاء على الجراثيم .

وعموماً ، قد تقوم أفران الميكروويف بالطهي بشكل غير متساوٍ تاركة مناطق باردة يمكن للجراثيم الضارة أن تعيش فيها ، ولذلك لابد من الحرص على طهي الأطعمة بشكل آمن فيها .

أفران الميكروويف وثقافة الناس

إن عدم وجود مواصفات عربية محددة لهذه النوعية من الأفران وكمية الأشعة التي تبثها ونوعيتها، بالإضافة إلى ضعف التوعية والتثقيف الصحي ولّد تخوفاً عاماً لدى المواطن العربي من استخدام هذه الأفران ، هذا على الرغم من أن الكثير من الأسر تستخدمها بشكل أو بآخر ـ ربما ـ غير مدركة عواقب استخدامها ، وفي كثير من الأحيان تكون هذه الأسر غير متطلعة على الكيفية الصحيحة في تجنب مخاطرها واستخدامها بالطرق السليمة .

ولكن ـ بصورة عامة ـ فإنه عندما تستخدم هذه الأفران وفقاً لتعليمات الشركات المصنعة، فإن استخدام أفران الميكروويف تكون آمنة سواء للتسخين أو طهي مجموعة متنوعة من الأطعمة . ومع ذلك يجب اتخاذ العديد من الاحتياطات خاصة فيما يتعلق بالتعرض المحتمل لأفران الميكروويف والحروق الحرارية وتناول الطعام . لنحاول أن نتعرف على بعض الأمور العامة المتعلقة بهذه النوعية من الأفران .

هل تتسرب موجات الميكروويف خارج الأفران ؟

تُعد أبواب الميكروويف القديمة أو التالفة من أهم أسباب تسرّب إشعاع الميكروويف ، وكذلك فإن سوء الاستخدام وتراكم الأوساخ أو الاهتزاز الناتج عن الاستخدام المتواصل قد يقلل من إحكام غلق الباب . ونظرياً ستكون هناك كميات صغيرة من التسرب من خلال زجاج الرؤية ، وأثبتت القياسات أنها غير خطيرة . وهناك تحذير موجه للمستهلكين حول بعض أجهزة الاختبار التي يمكن أن تستخدم لقياس الإشعاع خارج الجهاز والتي تباع في الأسواق ، فقد اختبرت هيئة الأغذية والأدوية الأمريكية بعضاً من هذه الأجهزة ووجدت أنها غير دقيقة ولا يمكن الاعتماد عليها ، ويجب الاعتماد عليها فقط لقراءة تقريبية ، أما أجهزة الاختبار التي تستخدمها سلطات الصحة لقياس التسريب من الفرن فهي أكثر دقة ويتم اختبارها دورياً .

خطر الإشعاع وتأثيراته على صحة الإنسان

من المعلوم أن أفران الميكروويف تصمم اليوم بصورة خاصة بحيث يتم قطع التيار الكهربي عندما يكون الباب مفتوحاً ، ولكن ماذا يحدث إن تعرض الإنسان بطريقة أو بأخرى لمثل موجات الميكروويف ؟ هل سيتأثر ؟

من المعروف أن إشعاع الميكروويف قد يسخن أنسجة الجسم كما يسخن الغذاء ، وقد يسبب التعرض لمستويات مرتفعة من موجات الميكروويف حدوث حروق مؤلمة ، وتُعد عدسة العين ذات حساسية خاصة للحرارة الشديدة ، وقد يسبب التعرض لمستويات عالية من موجات الميكروويف حدوث اعتام العدسة ، وبالمثل فالخصية تتأثر بالتغيرات في درجة الحرارة ، ويمكن أن يتسبب التعرض الدائم لمستويات عالية من طاقة الميكروويف في قتل أو تغيير أو تشوه الحيوانات المنوية ، مما يسبب عقماً مؤقتاً ، ولكن تلك الأنواع من الإصابات تحدث فقط نتيجة التعرض لكميات ضخمة من موجات الميكروويف أكثر بكثير مما يمكن أن يتسرب من الفرن .

إن المعلومات حول ما يحدث عند تعرض الأشخاص لمستويات منخفضة من موجات الميكروويف قليلة ، ولمعرفة ذلك لا بد من دراسة أعداد ضخمة من الأشخاص الذين تعرضوا لموجات الميكروويف ودراستهم لسنوات كثيرة ، وهذه المعلومات غير متوافرة ، وقد أجريت أبحاث كثيرة على حيوانات التجارب ولكن يصعب إسقاط تأثير الميكروويف على الحيوانات إلى آثار محتملة على البشر ، فهناك على سبيل المثال فروق في طريقة امتصاص البشر والحيوانات لموجات الميكروويف ، كما أن ظروف التجارب لا يمكنها محاكاة ظروف استخدام البشر لأفران الميكروويف ، ولكن هذه الدراسات تفيد في فهم التأثيرات المحتملة للإشعاع، وأظهرت إحدى التجارب أن التعرض المتكرر لمستويات منخفضة من الموجات المكروية (أقل من 10 ملي واط لكل سنتي متر مربع) لا يسبب إعتام عدسة العين في الأرانب ، ومن جهة أخرى أبدت بعض الحيوانات رد فعل التجنب عند تعرضها لمستويات منخفضة من الموجات المكروية، حيث تحاول الابتعاد عن الميكروويف ، وقد لوحظت تأثيرات أخرى على حيوانات التجارب منها انخفاض المقدرة على أداء بعض المهام والتغيرات الوراثية في الاستجابة المناعية ، وعلى الرغم من ملاحظة تلك الآثار على الحيوانات فإن أهميتها لصحة الإنسان ما تزال غير واضحة ، وتشير هذه النتائج بالإضافة إلى الأسئلة الكثيرة التي لم يجاب عليها حول التعرض لمستويات منخفضة من الميكروويف بضرورة مواصلة وفرض ضوابط صارمة على التسرب الإشعاعي .

سلامة جهاز الميكروويف

يضمن تصميم أفران الميكروويف وجود الموجات المكروية داخل الفرن ، وعادة تتواجد هذه الموجات عند تشغيل الفرن وإغلاق الباب فقط ، وعادة لايوجد تسرب للموجات عبر الباب الزجاجي ومن حوله ، وإن وجد فإنه يكون في أدنى مستوياته حسب ما توصي به المعايير الدولية . ومع ذلك ، يمكن أن يحدث تسرّب الموجات المكروية حول الأفران التالفة أو القذرة أو القديمة ، لذلك من المهم الحفاظ على الفرن في حالة جيدة . ويجب على المستخدمين التحقق

من أن الباب يغلق بشكل صحيح وأن أجهزة الغلق الآمنة محكمة لمنع تسرّب الموجات أثناء غلق الباب ، وكذلك أن الأجهزة المولدة للموجات تعمل بشكل صحيح وخاصة أثناء فتح الباب. ويجب أن تبقى سدادات الباب نظيفة ألا تكون هناك علامات واضحة للضرر على السدادات أو أي جزء من أجزاء الفرن الخارجية ، فإن تم العثور على أي أخطاء أو تلف في أجزاء الفرن فإنه لا ينبغي أن تستخدم حتى يتم إصلاحه من قبل فني مؤهل بشكل مناسب .

المحافظة على الجهاز

بعد التأكد من سلامة الجهاز وطرق تشغيله المبدئية فإنه من المهم المحافظة عليه ، فسلامته تعني في كثير من الأحيان وقف تسرّب الأشعة التي قد تصيب الإنسان ببعض الأضرار ، ولهذا الغرض فإنه من المهم أن :

1. لا يستخدم الجهاز إلا للغرض الذي صنع من أجله فقط، وهو طهي وتسخين الطعام، فلا يستخدم أبداً في تجفيف الملابس أو ما شابه ذلك فإنه قد يؤدي إلى عواقب وخيمة.
2. لا يتم تشغيل الفرن فارغاً، فإن ذلك قد يسبب بعض التلف في بعض الأنابيب الداخلية.
3. لا يسمح للأطفال بتشغيل الفرن، وذلك خوفاً عليهم من سوء الاستخدام، وكذلك للمحافظة على الجهاز من عبثهم.
4. توفير مساحة لا تقل عن بوصتين حول الجهاز وخاصة في المنطقة العلوية ، حتى لا يعيق ذلك ثقوب التهوية .
5. لا يستخدم الجهاز تحت أشعة الشمس المباشرة، أو خارج المباني .
6. يمسح الفرن إن ابتل بالماء مباشرة ، ومن المستحسن أن يتم تنظيفه بشكل دوري .
7. لا يستخدم في هذه الأفران المواد المعدنية مثل (الأواني المعدنية، ورق الألومنيوم ، الأطقم الفضية ، الأطباق ذات الحواف المعدنية ، وما شابه ذلك) فهي قد تسبب تلفيات لبعض أجزاء الجهاز .
8. لا يتم إصلاح الجهاز مهما كان العطب بسيطاً إلا من قبل جهة فنية مؤهلة لذلك .

كيف يتم تنظيف الجزء الداخلي من فرن الميكروويف ؟

يجب مراجعة دليل استخدام المصنّع ، وقراءة الجزء الخاص بالعناية بالجهاز للحصول على أفضل النصائح لفرن الميكروويف الخاص بك . وكذلك يوصي بعض المصنّعين فصل التيار الكهربي عن جهاز الميكروويف قبل تنظيفه ، وذلك من أجل تقليل احتمال حدوث صدمة

كهربية ، فإن لم تتمكن من قراءة الدليل فيمكنك اتباع بعض الإرشادات العامة التالية :

1. قم بإزالة البقع والانسكابات عند حدوثها مباشرة حتى لا تصبح بقايا الطعام جافة .
2. امسح الفرن باستمرار ـ أو بعد كل استخدام ـ بقطعة قماش ناعمة أو منشفة ورقية نظيفة مبللة بالماء الدافئ .
3. استخدم صودا الخبز أو صابوناً خفيفاً أو بعض سوائل غسل الأواني ، عند وجود أوساخ ثقيلة .
4. لا تستخدم الليف الخشن المصنوع من الفولاذ أو الحديد أو أية مواد كاشطة أو حتى منظف الأفران التقليدية .
5. لإزالة روائح الطعام أو التخلص من مخلفات الطعام المخلوطة امزج ست ملاعق طعام من صودا الخبز أو 1/2 كوب عصير ليمون بكوب واحد من الماء في كوب زجاجي خاص بالميكروويف ثم ضع الخليط في الفرن حتى يغلي ، بعد ذلك اترك الخليط في الميكروويف دون فتح الباب حتى يبرد الخليط، وهذا سوف يساعد البخار على إزالة بقايا الطعام وإزالة الروائح الكريهة ، أو يمكن إزالتها بغلي محلول من الماء وعصير الليمون فيه لمدة زمنية لا تقل عن خمس دقائق .

وفي الختام

يمكننا أن نشير إلى أن داخل الفرن التقليدي يتم فقد الحرارة عندما ينفث الهواء الساخن داخل الفرن ، وبالتالي يمكن أن يتسرب إلى الخارج ، بينما في حالة الطهي بالموجات المكروية (الميكروويف)، فإن الحرارة عادة ما تكون داخل الطعام، وهذا لا يتسبب في فقد الطاقة. وفي المتوسط، لا تستغرق معظم أفران الميكروويف إلا 20% فقط من الوقت اللازم لطهي الطعام الذي يستغرق في الفرن التقليدي، ويوفر على الأقل 20% من الطاقة اعتماداً على نوع الطعام، بمعنى أن استخدام أفران الميكروويف يوفر الكثير من الطاقة والزمن ، وكذلك فإنه آمن للغذاء والإنسان .

المراجع
References

أولاً : المراجع العربية

1. أ. د . أحمد، محمد فاروق ، أ. د. السريع ، أحمد بن محمد، مبادئ الإشعاعات المؤينة والوقاية منها ، سلسلة من النشرات المتخصصة تصدر عن اللجنة الدائمة للوقاية من الإشعاعات ، جامعة الملك سعود ، المملكة العربية السعودية ، 2007 م .
2. أ. د. أحمد، محمد فاروق ، الأشعة من حولنا ، مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية ، الرياض ، المملكة العربية السعودية ، 2002 م .
3. توصيات اللجنة الدولية للوقاية من الإشعاعي ، المطبوعة رقم 113 ، 39 (5) ، 2010 م .
4. عليّ ، مسطر عبد الله ، دراسة النشاط الإشعاعي في السلسلة الغذائية للنظام البيئي في نهر المصب العام ، محافظة البصرة ، العراق، Marina Mesoptamica, 23(1):215-244 -2007 م .
5. فايس ، جوزيف ، الاندماج النووي ، ترجمة : زينا مغربل ، مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية ، الرياض ، المملكة العربية السعودية ، 2014 م .

ثانياً : المراجع الأجنبية

6. Food Irradiation, WHO / OMS, December, 1988.
7. International Consultative Group on Food Irradiation (ICGFI) Facts about Food irradiation, 1999.
8. International Consultative Group on Food Irradiation, WHO, 1989.
9. Tull, A. Food and nutrition, Oxford university press, England, 1991.
10. World Health Organization, Food Irradiation, A technique for preserving and improving the safety of food, 1988.

إصدارات المركز العربي لتأليف وترجمة العلوم الصحية

أولاً : سلسلة الثقافة الصحية والأمراض المعدية

1 ـ الأسنان وصحة الإنسان	تأليف: د. صاحب القطان
2 ـ الدليل الموجز في الطب النفسي	تأليف: د. لطفي الشربيني
3 ـ أمراض الجهاز الحركي	تأليف: د. خالد محمد دياب
4 ـ الإمكانية الجنسية والعقم	تأليف: د. محمود سعيد شلهوب
5 ـ الدليل الموجز عن أمراض الصدر	تأليف: د. ضياء الدين الجماس
6 ـ الدواء والإدمان	تأليف الصيدلي: محمود ياسين
7 ـ جهازك الهضمي	تأليف: د. عبدالرزاق السباعي
8 ـ المعالجة بالوخز الإبري	تأليف: د. لطفية كمال علوان
9 ـ التمنيع والأمراض المعدية	تأليف: د. عادل ملا حسين التركيت
10 ـ النوم والصحة	تأليف: د. لطفي الشربيني
11 ـ التدخين والصحة	تأليف: د. ماهر مصطفى عطري
12 ـ الأمراض الجلدية في الأطفال	تأليف: د. عبير فوزي محمد عبدالوهاب
13 ـ صحة البيئة	تأليف: د. ناصر بوكلي حسن
14 ـ العقم: أسبابه وعلاجه	تأليف: د. أحمد دهمان
15 ـ فرط ضغط الدم	تأليف: د. حسان أحمد قمحية
16 ـ المخدرات والمسكرات والصحة العامة	تأليف: د. سيد الحديدي
17 ـ أساليب التمريض المنزلي	تأليف: د. ندى السباعي
18 ـ ماذا تفعل لو كنت مريضاً	تأليف: د. چاكلين ولسن
19 ـ كل شيء عن الربو	تأليف: د. محمد المنشاوي
20 ـ أورام الثدي	تأليف: د. مصطفى أحمد القباني
21 ـ العلاج الطبيعي للأمراض الصدرية عند الأطفال	تأليف: أ. سعاد الثامر

22 ـ تغذيـة الأطفـال	تأليف: د. أحمـد شوقي
23 ـ صحتـك في الحـج	تأليف: د. موسى حيدر قاسه
24 ـ الصرع، المرض.. والعلاج	تأليف: د. لطفي الشربيني
25 ـ نمـو الطفـل	تأليف: د. منـال طبيلة
26 ـ السِّمنـة	تأليف: د. أحمد الخولي
27 ـ البُهاق	تأليف: د. إبراهيم الصياد
28 ـ طـب الطَّوارئ	تأليف: د. جمـال جـودة
29 ـ الحساسية (الأرجية)	تأليف: د. أحمد فرج الحسانين
30 ـ سلامة المريض	تأليف: د. عبدالرحمن لطفي عبد الرحمن
31 ـ طـب السفـر	تأليف: د. سـلام محمد أبـو شعبـان
32 ـ التغذيـة الصحيـة	تأليف: د. خالد مدني
33 ـ صحة أسنان طفلك	تأليف: د. حبـابـة المزيدي
34 ـ الخلل الوظيفي للغدة الدرقية عند الأطفال	تأليف: د. منال طبيلة
35 ـ زرع الأسنـان	تأليف: د. سعيد نسيب أبو سعدة
36 ـ الأمراض المنقولة جنسياً	تأليف: د. أحمد سيف النصر
37 ـ القثـطـرة القلبيـة	تأليف: د. عهـد عمر عرفة
38 ـ الفحص الطبي الدوري	تأليف: د. ضياء الدين جماس
39 ـ الغبار والصحة	تأليف: د. فـاطمة محمد المأمون
40 ـ الكاتاراكت (السـادّ العيني)	تأليف: د. سُـرى سبـع العيـش
41 ـ السمنة عند الأطفال	تأليف: د. يـاسر حسين الحصـيني
42 ـ الشخيـــــر	تأليف: د. سعاد يحيى المستكاوي
43 ـ زرع الأعضـــاء	تأليف: د. سيد الحديدي
44 ـ تساقط الشعر	تأليف: د. محمد عبدالله إسماعيل
45 ـ سـن الإيـاس	تأليف: د. محمد عبيد الأحمد

46 ـ الاكتئـــاب	تأليف: د. محمد صبري
47 ـ العجـز السمعـي	تأليف: د. لطفية كمال علوان
48 ـ الطب البديل (في علاج بعض الأمراض)	تأليف: د. علاء الدين حسني
49 ـ استخدامات الليزر في الطب	تأليف: د. أحمد علي يوسف
50 ـ متلازمة القولون العصبي	تأليف: د. وفاء أحمد الحشاش
51 ـ سلس البول عند النساء (الأسباب ـ العلاج)	تأليف: د. عبد الرزاق سري السباعي
52 ـ الشعرانية «المرأة المُشْعِرة»	تأليف: د. هناء حامد المسوكر
53 ـ الإخصاب الاصطناعي	تأليف: د. وائل محمد صبح
54 ـ أمراض الفم واللثة	تأليف: د. محمد براء الجندي
55 ـ جراحة المنظار	تأليف: د. رُلى سليم المختار
56 ـ الاستشارة قبل الزواج	تأليف: د. ندى سعد الله السباعي
57 ـ التثقيف الصحي	تأليف: د. ندى سعد الله السباعي
58 ـ الضعف الجنسي	تأليف: د. حسان عدنان البارد
59 ـ الشباب والثقافة الجنسية	تأليف: د. لطفي عبد العزيز الشربيني
60 ـ الوجبات السريعة وصحة المجتمع	تأليف: د. سلام أبو شعبان
61 ـ الخلايا الجذعية	تأليف: د. موسى حيدر قاسه
62 ـ ألزهايمر (الخرف المبكر)	تأليف: د. عبير محمد عدس
63 ـ الأمراض المعدية	تأليف: د. أحمد خليل
64 ـ آداب زيارة المريض	تأليف: د. ماهر الخاناتي
65 ـ الأدوية الأساسية	تأليف: د. بشار الجمّال
66 ـ السعـال	تأليف: د. جُلنار الحديدي
67 ـ تغذية الأطفال ذوي الاحتياجات الخاصة	تأليف: د. خالد المدني
68 ـ الأمراض الشرجية	تأليف: د. رُلى المختار
69 ـ النفايات الطبية	تأليف: د.جمال جوده

70 ـ آلام الظهر	تأليف: د.محمود الزغبي
71 ـ متلازمة العوز المناعي المكتسب (الإيدز)	تأليف: د.أيمن محمود مرعي
72 ـ التهاب الكبد	تأليف: د.محمد حسن بركات
73 ـ الأشعة التداخلية	تأليف: د. بدر محمد المراد
74 ـ سلس البول	تأليف: د. حسن عبد العظيم محمد
75 ـ المكملات الغذائية	تأليف: د.أحمد محمد الخولي
76 ـ التسمم الغذائي	تأليف: د. عبدالمنعم محمود الباز
77 ـ أسرار النوم	تأليف: د. منال محمد طبيلة
78 ـ التطعيمات الأساسية لدى الأطفال	تأليف: د. أشرف إبراهيم سليم
79 ـ التوحد	تأليف: د. سميرة عبد اللطيف السعد
80 ـ التهاب الزائدة الدودية	تأليف: د. كفاح محسن أبو راس
81 ـ الحمل عالي الخطورة	تأليف: د. صلاح محمد ثابت
82 ـ جودة الخدمات الصحية	تأليف: د. علي أحمد عرفه
83 ـ التغذية والسرطان وأسس الوقاية	تأليف: د. عبد الرحمن عبيد مصيقر
84 ـ أنماط الحياة اليومية والصحة	تأليف: د. عادل أحمد الزايد
85 ـ حرقة المعدة	تأليف: د. وفاء أحمد الحشاش
86 ـ وحدة العناية المركزة	تأليف: د. عادل محمد السيسي
87 ـ الأمراض الروماتزمية	تأليف: د. طالب محمد الحلبي
88 ـ رعاية المراهقين	تأليف: أ. ازدهار عبد الله العنجري
89 ـ الغنغرينة	تأليف: د. نيرمين سمير شنودة
90 ـ الماء والصحة	تأليف: د. لمياء زكريا أبو زيد
91 ـ الطب الصيني	تأليف: د. إيهاب عبد الغني عبد الله
92 ـ وسائل منع الحمل	تأليف: د. نورا أحمد الرفاعي
93 ـ الداء السكري	تأليف: د. نسرين كمال عبد الله

94 ـ الرياضة والصحة	تأليف: د. محمد حسن القباني
95 ـ سرطان الجلد	تأليف: د. محمد عبد العاطي سلامة
96 ـ جلطات الجسم	تأليف: د. نيرمين قطب إبراهيم
97 ـ مرض النوم (سلسلة الأمراض المعدية)	تأليف: د. عزة السيد العراقي
98 ـ سرطان الدم (اللوكيميا)	تأليف: د. مها جاسم بورسلي
99 ـ الكوليرا (سلسلة الأمراض المعدية)	تأليف: د. أحمد حسن عامر
100 ـ ڤيروس الإيبولا (سلسلة الأمراض المعدية)	تأليف: د. عبد الرحمن لطفي عبد الرحمن
101 ـ الجهاز الكهربي للقلب	تأليف: د. ناصر بوكلي حسن
102 ـ الملاريا (سلسلة الأمراض المعدية)	تأليف: د. أحمد إبراهيم خليل
103 ـ الأنفلونزا (سلسلة الأمراض المعدية)	تأليف: د. إيهاب عبد الغني عبد الله
104 ـ أمراض الدم الشائعة لدى الأطفال	تأليف: د. سندس إبراهيم الشريدة
105 ـ الصداع النصفي	تأليف: د. بشر عبد الرحمن الصمد
106 ـ شلل الأطفال (سلسلة الأمراض المعدية)	تأليف: د. إيهاب عبد الغني عبد الله
107 ـ الشلل الرعاش (مرض باركنسون)	تأليف: د. سامي عبد القوي علي أحمد
108 ـ ملوثات الغذاء	تأليف: د. زكريا عبد القادر خنجي
109 ـ أسس التغذية العلاجية	تأليف: د. خالد علي المدني
110 ـ سرطان القولون	تأليف: د. عبد السلام عبد الرزاق النجار
111 ـ قواعد الترجمة الطبية	تأليف: د. قاسم طه السارة
112 ـ مضادات الأكسدة	تأليف: د. خالد علي المدني
113 ـ أمراض صمامات القلب	تأليف: د. ناصر بوكلي حسن
114 ـ قواعد التأليف والتحرير الطبي	تأليف: د. قاسم طه السارة
115 ـ الفصـــام	تأليف: د. سامي عبد القوي علي أحمد
116 ـ صحة الأمومة	تأليف: د. أشرف أنور عزاز
117 ـ منظومة الهرمونات بالجسم	تأليف: د. حسام عبد الفتاح صديق

118 ـ مقومات الحياة الأسرية الناجحة	تأليف: د. عبير خالد البحوه
119 ـ السيجارة الإلكترونية	تأليف: أ. أنور جاسم بو رحمه
120 ـ الڤيتامينات	تأليف: د. خالد علي المدني
121 ـ الصحة والفاكهة	تأليف: د. موسى حيدر قاسه
122 ـ مرض سارس (المتلازمة التنفسية الحادة الوخيمة) (سلسلة الأمراض المعدية)	تأليف: د. مجدي حسن الطوخي
123 ـ الأمراض الطفيلية	تأليف: د. عذوب علي الخضر
124 ـ المعادن الغذائية	تأليف: د. خالد علي المدني
125 ـ غذاؤنا والإشعاع	تأليف: د. زكريا عبد القادر خنجي

ثانياً : مجلة تعريب الطب

1 ـ العدد الأول «يناير 1997»	أمراض القلب والأوعية الدموية
2 ـ العدد الثاني «أبريل 1997»	مدخل إلى الطب النفسي
3 ـ العدد الثالث «يوليو 1997»	الخصوبة ووسائل منع الحمل
4 ـ العدد الرابع «أكتوبر 1997»	الداء السكري (الجزء الأول)
5 ـ العدد الخامس «فبراير 1998»	الداء السكري (الجزء الثاني)
6 ـ العدد السادس «يونيو 1998»	مدخل إلى المعالجة الجينية
7 ـ العدد السابع «نوفمبر 1998»	الكبد والجهاز الصفراوي (الجزء الأول)
8 ـ العدد الثامن «فبراير 1999»	الكبد والجهاز الصفراوي (الجزء الثاني)
9 ـ العدد التاسع «سبتمبر 1999»	الفشل الكلوي
10 ـ العدد العاشر «مارس 2000»	المرأة بعد الأربعين
11 ـ العدد الحادي عشر «سبتمبر 2000»	السمنة المشكلة والحل
12 ـ العدد الثاني عشر «يونيو 2001»	الچينيوم هذا المجهول
13 ـ العدد الثالث عشر «مايو 2002»	الحرب البيولوچية
14 ـ العدد الرابع عشر «مارس 2003»	التطبيب عن بعد
15 ـ العدد الخامس عشر «أبريل 2004»	اللغة والدماغ
16 ـ العدد السادس عشر «يناير 2005»	الملاريا
17 ـ العدد السابع عشر «نوفمبر 2005»	مرض ألزهايمر
18 ـ العدد الثامن عشر «مايو 2006»	أنفلونزا الطيور
19 ـ العدد التاسع عشر «يناير 2007»	التدخين: الداء والدواء (الجزء الأول)
20 ـ العدد العشرون «يونيو 2007»	التدخين: الداء والدواء (الجزء الثاني)
21 ـ العدد الحادي والعشرون «فبراير 2008»	البيئة والصحة (الجزء الأول)
22 ـ العدد الثاني والعشرون «يونيو 2008»	البيئة والصحة (الجزء الثاني)
23 ـ العدد الثالث والعشرون «نوفمبر 2008»	الألم.. «الأنواع، الأسباب، العلاج»
24 ـ العدد الرابع والعشرون «فبراير 2009»	الأخطاء الطبية

25 ـ العدد الخامس والعشرون «يونيو 2009» اللقاحات.. وصحة الإنسان

26 ـ العدد السادس والعشرون «أكتوبر 2009» الطبيب والمجتمع

27 ـ العدد السابع والعشرون «يناير 2010» الجلد..الكاشف..الساتر

28 ـ العدد الثامن والعشرون «أبريل 2010» الجراحات التجميلية

29 ـ العدد التاسع والعشرون «يوليو 2010» العظام والمفاصل...كيف نحافظ عليها ؟

30 ـ العدد الثلاثون «أكتوبر 2010 » الكلى ... كيف نرعاها ونداويها ؟

31 ـ العدد الحادي والثلاثون «فبراير 2011» آلام أسفل الظهر

32 ـ العدد الثاني والثلاثون «يونيو 2011» هشاشة العظام

33 ـ العدد الثالث والثلاثون «نوڤمبر 2011» إصابة الملاعب «آلام الكتف.. الركبة.. الكاحل»

34 ـ العدد الرابع والثلاثون «فبراير 2012» العلاج الطبيعي لذوي الاحتياجات الخاصة

35 ـ العدد الخامس والثلاثون «يونيو 2012» العلاج الطبيعي التالي للعمليات الجراحية

36 ـ العدد السادس والثلاثون «أكتوبر 2012» العلاج الطبيعي المائي

37 ـ العدد السابع والثلاثون «فبراير 2013» طب الأعماق.. العلاج بالأكسجين المضغوط

38 ـ العدد الثامن والثلاثون «يونيو 2013» الاستعداد لقضاء عطلة صيفية بدون أمراض

39 ـ العدد التاسع والثلاثون «أكتوبر 2013» تغير الساعة البيولوجية في المسافات الطويلة

40 ـ العدد الأربعون «فبراير 2014» علاج بلا دواء ... عالج أمراضك بالغذاء

41 ـ العدد الحادي والأربعون «يونيو 2014» علاج بلا دواء ... العلاج بالرياضة

42 ـ العدد الثاني والأربعون «أكتوبر 2014» علاج بلا دواء ... المعالجة النفسية

43 ـ العدد الثالث والأربعون «فبراير 2015» جراحات إنقاص الوزن: عملية تكميم المعدة ... ما لها وما عليها

44 ـ العدد الرابع والأربعون «يونيو 2015» جراحات إنقاص الوزن: جراحة تطويق المعدة (ربط المعدة)

45 ـ العدد الخامس والأربعون «أكتوبر 2015» جراحات إنقاص الوزن: عملية تحويل المسار (المجازة المعدية)

46 ـ العدد السادس والأربعون «فبراير 2016» أمراض الشيخوخة العصبية: التصلب المتعدد

47 ـ العدد السابع والأربعون «يونيو 2016» أمراض الشيخوخة العصبية: مرض الخرف

48 ـ العدد الثامن والأربعون «أكتوبر 2016» أمراض الشيخوخة العصبية: الشلل الرعاش

49 ـ العدد التاسع والأربعون «فبراير 2017»
حقن التجميل: الخطر في ثوب الحسن

50 ـ العدد الخمسون «يونيو 2017»
السيجارة الإلكترونية

51 ـ العدد الحادي والخمسون «أكتوبر 2017»
النحافة ... الأسباب والحلول

52 ـ العدد الثاني والخمسون «فبراير 2018»
تغذية الرياضيين

53 ـ العدد الثالث والخمسون «يونيو 2018»
البـــــهـــاق

54 ـ العدد الرابع والخمسون «أكتوبر 2018»
متلازمة المبيض متعدد الكيسات

55 ـ العدد الخامس والخمسون «فبراير 2019»
هاتفك يهدم بشرتك

56 ـ العدد السادس والخمسون «يونيو 2019»
أحدث المستجدات في جراحة الأورام
(سرطان القولون والمستقيم)

ARAB CENTER FOR AUTHORSHIP AND TRANSLATION OF HEALTH SCIENCE

The Arab Center for Authorship and Translation of Health Science (ACMLS) is an Arab regional organization established in 1980 and derived from the Council of Arab Ministers of Public Health, the Arab League and its permanent headquarters is in Kuwait.

ACMLS has the following objectives:

- Provision of scientific & practical methods for teaching the medical sciences in the Arab World.
- Exchange of knowledge, sciences, information and researches between Arab and other cultures in all medical health fields.
- Promotion & encouragement of authorship and translation in Arabic language in the fields of health sciences.
- The issuing of periodicals, medical literature and the main tools for building the Arabic medical information infrastructure.
- Surveying, collecting, organizing of Arabic medical literature to build a current bibliographic data base.
- Translation of medical researches into Arabic Language.
- Building of Arabic medical curricula to serve medical and science Institutions and Colleges.

ACMLS consists of a board of trustees supervising ACMLS general secretariate and its four main departments. ACMLS is concerned with preparing integrated plans for Arab authorship & translation in medical fields, such as directories, encyclopeadias, dictionaries, essential surveys, aimed at building the Arab medical information infrastructure.

ACMLS is responsible for disseminating the main information services for the Arab medical literature.

© COPYRIGHT - 2019
ARAB CENTER FOR AUTHORSHIP AND TRANSLATION OF HEALTH SCIENCE
ISBN: 978-9921-700-37-4

All Rights Reserved, No Part of this Publication May be Reproduced, Stored in a Retrieval System, or Transmitted in Any Form, or by Any Means; Electronic, Mechanical, Photocopying, or Otherwise, Without the Prior Written Permission of the Publisher.

ARAB CENTER FOR AUTHORSHIP AND TRANSLATION OF HEALTH SCIENCE
KUWAIT

P.O. Box 5225, Safat 13053, Kuwait

Tel. : + (965) 25338610/5338611
Fax. : + (965) 25338618/5338619

E-Mail: acmls@acmls.org
http:// www.acmls.org

Printed and Bound in the State of Kuwait.

ARAB CENTER FOR AUTHORSHIP AND TRANSLATION OF HEALTH SCIENCE - KUWAIT

Health Education Series

The Radiation and our Food

By

Dr. Zakariya abdul Quder Khunji

Revised by

Arab Center for Authorship and Translation of Health Science

في هذا الكتاب

إن الإشعاع هو طاقة تطلق على شكل موجات أو جسيمات صغيرة من مادة ما ، وله أشكال عديدة مثل: أشعة الشمس والأشعة السينية وأشعة جاما وغيرها ، والضوء بحد ذاته إشعاع يطلقه الإلكترون المرتبط في الذرة. والتشعيع هو عملية يتم فيها تعريض مادة للإشعاع ، مثل أشعة جاما التي لها طول موجي قصير للغاية وطاقة عالية وتأثير فتاك على الحياة ، ولكن عند التحكم فيها فإنه يمكن أن تستخدم في تعقيم الأدوات الطبية كما يمكن استخدامها في تطهير وتعقيم المواد الغذائية .

تنتج الأغذية في مواسم محددة من السنة، وقد تنتج في مناطق دون مناطق أخرى في حين تكون حاجة الإنسان إلى الغذاء على مدار السنة، لذلك لجأ الإنسان إلى حفظ الأغذية الزائدة عن الحاجة في موسم إنتاجها لاستخدامها في الأوقات التي لا يمكن إنتاجها فيها ، أو حفظها لتصديرها إلى المناطق التي لا تنتج فيها ، وقد لوحظ أن المنتج المخزون لفترة ما بعد إنتاجه يتعرض إلى التلف الكبير مما لا يمكن إطالة عمره التسويقي كثيراً ، هذا على الرغم من استخدام طرق التخزين التقليدية فتكون النتيجة ارتفاع نسبة الخسارة في الغذاء المنتج وخاصة في الدول التي لا تعتمد طرق التخزين الجيدة ، لذا لجأ العلماء إلى استخدام الإشعاع كوسيلة لحفظ الغذاء وإطالة عمرها التسويقي وبدأت تجارب استخدام الإشعاع لحفظ وتعقيم الغذاء منذ بداية الخمسينيات من القرن الماضي وأطلق على تلك العملية بالتعقيم البارد .

يناقش هذا الكتاب المواد المشعة والإشعاع وتلوث الأغذية بالإشعاع ، كما يعرض الفوائد والأضرار الناتجة عن حفظ الأغذية بالتشعيع ، وأخيراً تناول الكتاب الحديث عن أفران الميكروويف واستخدامها في طهي الطعام . نأمل أن يكون هذا الكتاب قد استوفى بالشرح كل ما تطرق إليه في قضية الغذاء والإشعاع ، وأن يكون إضافة تضم إلى المكتبة الطبية .