

الفصل الثامن

التسمم الغذائي الكيماوي

Chemical food intoxication

مقدمة

يمثل التلوث بكل صوره وأشكاله ، أكبر التحديات للإنسان فى العصر الحالى ، ولا شك أن التلوث البيئى هو من صنع الإنسان نفسه ، خاصة أن التلوث البيئى الكيماوى ، الذى يؤدى إلى تدهور فى البيئة نتيجة تلوثها بمواد كيماوية (مثل المعادن الثقيلة ، المبيدات بأنواعها المختلفة وغيرها) ، ينتج عنها حالات من التسمم الحاد أو المزمن ، قد يؤثر على أعداد كبيرة من الناس . وقد حدث فى كثير من دول العالم كوارث بيئية متعددة ، حيث تزايدت فى العقود الأربعة الأخيرة الماضية آثار التلوث الصناعى على البيئة على نحو ينذر باختفاء صور الحياة النباتية والحيوانية من على وجه الأرض ، كما يهدد لدرجة خطيرة رفاهية الإنسان ، بل وحياته ذاتها . وقد تم تسجيل العديد من الكوارث البيئية بالدول الصناعية الكبرى فى عقد السبعينات ، مما دفع هذه الدول إلى نقل بعض مصانعها إلى دول أخرى نامية ، لتجنب آثار التلوث على مواطنيها. والواقع أن الوصول إلى بيئة بالغة النقاء (التلوث الصفرى) ، أملاً بعيد المنال ، فقد يؤدى إلى وقف النشاط الصناعى بأسره ، لكن المأمول هو الوصول إلى مستوى معقول من نقاء البيئة لا يضر البشر والأحياء ولا يؤثر بدرجة كبيرة على النشاط الصناعى .

نهر النيل صورة من صور البيئات الطبيعية ، التى تأثرت بشكل كبير بالتلوث خلال السنوات الثلاثين الماضية ، حيث تم تسجيل ذلك التلوث فى العديد من القياسات المسجلة والمنشورة . والواقع أن نهر النيل قد تحالفت عليه العديد من العوامل التى أثرت على سلامته بيئياً ، خاصة زيادة الملوثات الصناعية والزراعية وغيرها ، نتيجة زيادة السكان والنشاط الصناعى والزراعى . فقد قام مركز صحة البيئة والصحة المهنية التابع لوزارة الصحة المصرية بالإشتراك مع معهد بحوث الآثار الجانبية للسد العالى فى عام ١٩٨٤ ، بإجراء دراسة هيدروكيميائية لنهر النيل ، وقد أظهرت هذه الدراسة أن عدد

المصبّات من أسوان إلى القناطر الخيرية يبلغ ٦٧ مصباً رئيسياً (٢٢) للمخلفات الصناعية، ٤٥ مصرفاً زراعياً، وقدرت كمية المخلفات فى هذه الفترة بحوالى ٣٥٠ مليون م^٣ مخلفات صناعية، ٣٥٠٠ مليون م^٣ مخلفات زراعية، وتحمل هذه المخلفات معها مواد كيميائية متنوعة، منها الأحماض والقلويات والفينولات والكحولات، والكرميّات، والسيانيد، والزيوت والشحوم، ومبيدات ومخصبات تربة، والمعادن الثقيلة (النحاس، الزنك، الكاديوم، الرصاص، الزئبق، الزرنيخ....)، ومواد أخرى عديدة من الأملاح الذائبة فى صورة أيونية، ومنها الصوديوم، البوتاسيوم، الكالسيوم، المغنسيوم، المنجنيز والكلوريدات، النترات، الفوسفات والكبريتات، إلى جانب المخلفات الآدمية التى تصرف فيها دون معالجة، تؤدى فى النهاية إلى صعوبات فى عمليات تنقية مياه الشرب، وبذلك تمثل مصدراً دائماً للخطر على صحة الإنسان نتيجة لتلوّثها.

كما توجد عدة مئات من البواخر السياحية وعدة آلاف من مراكب نقل البضائع والأفراد فى نهر النيل، تصب عادم محركاتها والصرف الصحى للركاب، دون معالجة قبل صرفه مباشرة فى مياه النيل. وقد قفزت كمية المخلفات الصناعية والزراعية، التى تلقى فى النيل سنوياً إلى أكثر من ٤ مليارات م^٣ فى عام ١٩٨٧.

من ناحية أخرى فإن دور السد العالى وأثاره الجانبية فى تجفيف المياه بشكل كلى، قد يؤثر على معدل انتشار الملوثات فى مياه نهر النيل، حيث أشارت بعض الدراسات أن الفيضان الأخير، قد تسبب فى حدوث إنخفاض محسوس، يبلغ ٢٠٪، فى معدل الملوثات، وإن كان لم يصل بالتلوث فى النهر إلى المعدلات الآمنة، رغم أن الفيضان الأخير يعد فيضاناً عالياً للغاية، بالنظر إلى تاريخ الفيضان بنهر النيل خلال السنوات المائة والعشرين الماضية.

يعتبر تلوث الهواء من أخطر أنواع التلوث البيئى وأكثرها شيوعاً فى المدن الصناعية وكذلك المدن المزدحمة. وقد يحدث تلوث الهواء نتيجة اضطراب فى مكوناته الأساسية ناجمة عن عمليات طبيعية بحثة لا دخل للإنسان فيها مثل هبوب الرياح المحملة بالأتربة، تصاعد غازات من بعض البرك والمستنقعات أو البراكين وحرارة الغابات، أو نتيجة لفعل الإنسان ويتمثل ذلك فى العمليات الصناعية المختلفة، أحترق الوقود، وسائل النقل والمواصلات وإنتاج الطاقة بأنواعها المختلفة... وقد أصبحت هذه المشكلة عالمية تتحدى الإنسان وقدراته وتغرق أحياناً طاقته وتقاوم كل علاج أو محاولة للتخلص

منها ، كما أن لها آثار سلبية سيئة على الكائنات الحية وخاصة الإنسان ، حيث يعتبر الهواء الملوث هو الطريق الرئيسى لوصول بعض المركبات السامة إلى أنسجة الجسم عن طريق الاستنشاق (الجهاز التنفسي) أو عن طريق الفم (القناة الهضمية) نتيجة تلوث الأغذية النباتية والحيوانية.ملوثات الهواء من معادن ثقيلة ومبيدات وغيرها .ويمثل التلوث بالمعادن الثقيلة (مثل الرصاص ، الكاديوم ، الزئبق وغيرها) والمبيدات بأنواعها المختلفة خطراً كبيراً على صحة الإنسان ، حيث تعتبر هذه الملوثات من أخطر السموم التي تصل إلى غذاء الإنسان بطريقة مباشرة أو غير مباشرة ، وتسبب للإنسان كثيراً من المشاكل الصحية الخطيرة . وعموماً فإن أهم مصادر تلوث الأغذية فى مصر :

١- عادم السيارات والقاطرات والمصانع حيث تكون مصدراً هاماً لبعض المعادن الثقيلة وخاصة الرصاص والكاديوم .

٢- طرق عرض الأغذية للبيع ، حيث تعرض الأغذية بطرق بدائية وغير صحية فى الشوارع والطرق العامة ، غير مغلفة أو محفوظة فى عبوات خاصة ، مما يعرضها للتلوث بنواتج عادم السيارات والقاطرات والمصانع من معادن ثقيلة وخلافه .

٣- تلوث الأغذية بالمبيدات الحشرية والفطرية أو مبيدات الحشائش التي تستخدم فى مقاومة الآفات والأمراض ، وبعض هذه المبيدات شديدة السمية وبعضها قليل السمية .

٤- التلوث نتيجة استخدام الأسمدة .

أ- أسمدة معدنية (غير عضوية) . الأسراف فى استخدام هذه الأسمدة ، يؤدى إلى تراكم أيون النترات فى المجموع الخضرى والثرى ، يصل إلى حد السمية .

ب- الأسمدة العضوية الناتجة من القمامة يزيد من التلوث بعناصر الرصاص .

٥- تلوث مياه الرى نتيجة صرف مخلفات المصانع والصرف الصحى فى الترع والمصارف مما يزيد من المعادن الثقيلة فى المحاصيل الناتجة (خاصة الخضر والفاكهة) عند استخدام هذه المياه فى ربيها وكذلك الكائنات البحرية الموجودة فى هذه المياه.

عادة تضاف للغذاء أثناء أعداده ، وتصنيعه ، وتعبئته وتخزينه ، مواد تعرف بالمضافات الغذائية food additives . هذه المواد قد تكون مواد مكسبه للطعم والرائحة ، مواد محسنه للقوام ، مواد مانعة للتكتل (تضاف للملح لمنع تكتله) ، أنزيمات،

مواد مكسبه للرغوة ، مواد رافعة (تضاف عند اعداد الكيك) وغيرها . معظم هذه المواد من أصل طبيعي ، أو مواد كيميائية مأمونة safe ، وتستخدم فى أغذية معينة بتركيزات منخفضة . ويقصد بتعبير " المادة المضافة " إلى الغذاء ، بأنها أى مادة ينتج عن استخدامها بطريقة مباشرة أو غير مباشرة أن تصبح مكوناً للغذاء ، أو أن تؤثر على خواص الغذاء (ويشمل ذلك أى مادة تستخدم فى إنتاج الأغذية وتصنيعها وتداولها وحفظها) ، وكذلك المواد التى تحدد التجارب العلمية المتخصصة مدى سلامتها كمادة مضافة تحت ظروف الاستخدام المعينة ، والمواد التى قد تحتوى على مبيدات أو ألوان مضافة ، أو مواد يلزم موافقة سابقة بأستخدامها . يمكن تقسيم المواد المضافة إلى ٣ أقسام :

١. المواد التى تعتبر مأمونة **generally recognized as safe** والتى يطلق عليها

. GRAS

٢. المواد التى يسمح بأستخدامها سلفاً .

٣. المضافات الغذائية .

ولقد عرفت اللجنة الدولية لدستور الأغذية **codex** بالأمم المتحدة ، المواد المضافة إلى الأغذية ، بأنها أى مادة تؤكل عادة كغذاء فى حد ذاتها ، ولا تستعمل عادة كمكون تقليدى للأغذية ، سواء كانت لها قيمة غذائية أو لم تكن ، وينتج عن إضافتها، عمداً إلى الغذاء لغرض تقنى فى الإنتاج أو التصنيع ، أو المعالجة ، أو التعبئة ، أو التغليف ، أو التخزين ، أن تصبح هذه المادة أو نواتجها (بطريقة مباشرة أو غير مباشرة) عنصراً مؤثراً فى صفات الغذاء للإستهلاك الأدمى . وقد قسمت المواد المضاف إلى ثلاث قوائم هى أ ، ب ، جـ . تشمل القائمة (أ) مجموعتين هما : (١) مجموعة المضافات الغذائية المأمونة ، (٢) مجموعة المواد الغذائية التى يسمح بها بصفة مؤقتة من ناحية السمية . تشمل القائمة (ب) ، المواد التى ما زالت اللجنة الدولية تقوم بدراستها . وتشمل القائمة (جـ) المواد التى تعتبرها اللجنة الدولية غير مأمونة ، ولا ينصح بأستخدامها . وتستخدم عديد من الدول ، ومنها مصر ، هذه القوائم كمرشد عند وضع المواصفات المحلية للمواد المضافة .

تختلف القوانين الخاصة بالمواد المضافة (المضافات الغذائية) بين الدول المختلفة ، فى عدد المواد المضافة المسموح بها ، ويرجع هذا الاختلاف إلى تعدد وجهات النظر فى

تفسير النتائج للتجارب العلمية ، التي قد تختلف اختلافاً كبيراً في نتائجها ، أو في مدى الرغبة في تحمل مسؤولية السماح باستخدام مادة ما . وعموماً فإن أجهزة مراقبة جودة وسلامة الغذاء تلعب دوراً هاماً في تنفيذ ومراقبة هذه القوانين حماية لصحة المستهلك وضماناً لسلامة الأغذية ومنتجاتها .

مما سبق يتضح أن الغذاء قد يتلوث ببعض الكيماويات السامة مثل المعادن الثقيلة والمبيدات خلال مراحل الإنتاج والتصنيع المختلفة ، والتي قد تؤدي إلى إضرار صحية جسيمة للإنسان تنتهي بالوفاة . كما أن بعض مكونات الغذاء أو المواد المضافة ، خلال إنتاج وتصنيع الأغذية ، تعد سامة عند تركيز معين ، ولكنها غير ضارة ، وربما تكون هذه المكونات أساسية بتركيزات أقل من ذلك . ومن المعروف أن النسبة بين الجرعة الفعالة والجرعة السامة لعدد من هذه المركبات تقع بين ١ : ١٠٠ . لذلك سوف يهتم هذا الفصل بالتسممات الغذائية بالمعادن الثقيلة والمبيدات والأضرار الصحية الناجمة عنها.

اختبارات السمية

توجد إدارات أو هيئات في كثير من الدول ، تقوم بتقييم المواد المضافة للأغذية وكذلك الملوثات من مبيدات وكيماويات وخلافه ، بهدف حماية المستهلك لهذه الأغذية من الأضرار الصحية ، التي قد تسببها هذه المواد . في الولايات المتحدة الأمريكية، تقوم إدارة الأغذية والأدوية (FDA) Food and Drug Administration ، بإجراء هذا التقييم من خلال بروتوكول خاص لأختبار سمية toxicity المواد التي تضاف إلى الأغذية . كما يتم مراجعة طرق الأختبار دائماً في ضوء الإضافات والمتغيرات المستحدثة في مجال السمية . هناك لجنة مشتركة في منظمة الأغذية والزراعة FAO ومنظمة الصحة العالمية WHO ، تضم خبراء من دول مختلفة من أنحاء العالم / FAO (WHO expert committee) ، تجتمع بصفة منتظمة لتقييم أى بيانات جديدة عن سمية المواد المضافة (مواد ملونة ، مواد مكسبة للطعم والنكهة ، مواد حافظة وغيرها) والمبيدات المستخدمة في أى مكان في العالم .

تتضمن إختبارات السمية toxicity tests عادة ، تغذية المركبات الكيماوية المراد أختبارها إلى حيوانات العمل ، التي تتميز بأنخفاض التكاليف ، سهولة التعامل ، تستهلك كميات قليلة من الأغذية وفترة حياتها قصيرة . يتم تقدير معدل الأختفاء

الأبيض لهذه المركبات فى حيوانات المعمل ، وذلك من خلال تمييز المركب الكيماوى بالعناصر المشعة isotope قبل إعطائه للحيوان ، وذلك للحصول على معدلات الامتصاص ، التوزيع ، التمثيل والأفراز فى حيوانات المعمل حتى يمكن تقدير سلامة safety هذا المركب .

كما تجرى اختبارات السمية الحادة acute toxicity للمركب (أى التعرض مرة واحدة للمركب المختبر) ، على نوعين من الحيوانات على الأقل ، أحدهما غير قارض nonrodent ، حيث يتم تغذية الحيوانات بجرعات مختلفة التركيز من المركب ، مع متابعة دقيقة لسلوك وتصرفات الحيوانات ، للحصول على بيانات تفصيلية عن نمط النمو والسلوك والإضطراب النفسى ، أستهلاك الغذاء ، الصفات الخارجية ، مثل سقوط الشعر ونتائج التحاليل الأكلينيكية (مثل تحليل الدم والبول) . كما يجب تشريح جميع الحيوانات بعد الموت ، لفحص وتقييم الأعضاء الداخلية لأى تغيرات أجمالية أو ميكروسكوبية ، والكشف عن الأورام وتحديد سبب الوفاة . تساعد اختبارات السمية الحادة على اكتشاف أى الأجهزة أو الأعضاء الأكثر تأثراً فى دراسة الجرعات تحت المزملة .

عادة تستخدم الجرعة المميتة LD_{50} (lethal dose 50) فى تقدير السمية الحادة، وتعنى الجرعة المميتة LD_{50} بأنها الجرعة من المركب المراد اختبارها اللازمة لقتل نصف عدد أفراد مجموعة حيوانات التجربة . جدول (٨-١) يبين درجات السمية لأى مركب ، بأستخدام نتائج اختبار LD_{50} . كما يوضح جدول (٨-٢) الجرعة LD_{50} لبعض مواد مختلفة السمية .

جدول (٨-١) : حالات التسمم الناتجة عن التعرض للمواد السامة .

مدة التعرض	الجرعة	مستوى التسمم	
عدة أيام	مرتفعة	acute toxicity	تسمم حاد
شهر	متوسطة	subacute toxicity	تسمم تحت الحاد
١ - ٣ شهر	منخفضة	subchronic toxicity	تسمم شبه مزمن
أكثر من ٣ شهور	منخفضة جداً	chronic toxicity	تسمم مزمن

جدول (٢-٨) : جرعة LD₅₀ لمستويات مختلفة من السمية .

جرعة LD ₅₀ (ملليجرام/كجم من وزن جسم الحيوان)	مستوى السمية	
أكثر من ١٥,٠٠٠	practically nontoxic	غير سام عملياً
١٥,٠٠٠ - ٥,٠٠٠	slighthy toxic	ضعيف السمية
٥٠٠ - ٥٠	moderately toxic	متوسط السمية
٥٠ - ٢٠	very toxic	شديد السمية
٥ - أقل من ٢٠	extremly toxic	بالغ السمية
أقل من ٥	super toxic	فاتق السمية

بعد اختبارات السمية الحادة ، تجرى إختبارات ما تحت السمية subacute toxicity ، على نوعين أو ثلاثة من الحيوانات - عادة فئران rats ، فئران حديثة الولادة mice و كلاب dogs . يضاف المركب المراد إختباره عادة إلى العليقة feed ومياه الشرب لمدة ٢ - ٣ شهر . أثناء فترة التغذية ، يلاحظ الحيوانات بكل دقة وعناية ، مع الحصول على منحنى الإستجابة للجرعة dose response curve . تستخدم أعلى جرعة لا تسبب ضرراً في أنواع الحيوانات الأكثر حساسية في تقدير الجرعة الآمنة safe للإنسان ، وهو المستوى الذى يسبب تأثيرات غير ملحوظة no observable effet level (NOEL) . وتستخدم NOEL في تحديد المستويات الآمنة ، أى الحدود المسموح بها للمواد المضافة أو المبيدات فى الأغذية بواسطة عامل الأمان safety factor ، ومنه يتم تقدير الجرعة اليومية المقبولة acceptable daily intake (ADI) (الجرعة التى يمكن لجسم الإنسان تناولها يومياً خلال فترة حياته دون ظهور أى أضرار صحية ، ويعبر عنها بالملليجرام /كجم من وزن الجسم) .

$$\text{أى أن ADI (ملليجرام /كجم من وزن الجسم)} = \text{NOEL} \times 1/م$$

$$\text{حيث أن م = معامل الأمان} = 100$$

يستخدم معامل الأمان ١٠٠ لضمان حدود آمنة للمادة عند استخدامها بواسطة الإنسان . يعتبر حدود الأمان ١٠٠ ضعف مقبولة ، نظراً لأن عدد الحيوانات المختبرة قليل ، مقارنة بعدد الأفراد الذين يتعرضون لهذه المادة . كما يعتقد أن الأفراد ذات الحساسية المرتفعة ، يكونوا أكثر حساسية بحوالى ١٠ أضعاف ، مقارنة بالحيوانات البالغة الحساسية . عادة يستخدم معامل أمان ١٠٠٠ للمواد المسرطنة .

تجرى اختبارات السمية المزمنة ذات المدى الطويل بالتغذية المزمنة فى القوارض ، وذلك عقب دراسات السمية الحادة وتحت الحادة . وعادة تغذى الحيوانات بالمادة المراد اختبارها طوال فترة حياته الطبيعية الكاملة . ونظراً لأن فترة الحياة الطبيعية للقوارض ٣ - ٤ سنوات ، فإنها تكون فترة كافية ومقبولة لأختبار السمية المزمنة . تتراوح مستويات الجرعة فى دراسات السمية المزمنة ، من جرعة منخفضة لحد ما إلى جرعات تبلغ ١٠٠ إلى ١٠٠٠ ضعف ، الكمية التى عادة يتناولها الإنسان . يتم متابعة الحيوانات كما فى اختبارات السمية الحادة ، كما يتطلب بروتوكول تجارب التغذية المزمنة نوعين من القوارض ونوع آخر من غير القوارض ، ويجب استخدام الجنسين (ذكر وأنثى) فى هذه الاختبارات .

فى دراسات التغذية المزمنة ، يكون مستوى الجرعة أعلى من NOEL ، لكن أقل من مستوى جرعة LD₅₀ . فى اختبارات المواد المسرطنة ، يكون المستويات أقل من ٥٪ فى الغذاء أو العليقة . ويعتقد البعض أن الجرعة ٥٪ فى الغذاء أو العليقة ، تكون مرتفعة ، ولا توجد على الإطلاق فى أنماط التغذية التقليدية . بينما يعتقد البعض الآخر، أنه لا بديل عن استخدام الجرعات المرتفعة نظراً لقصر فترة حياة حيوانات التجارب العملية.

تجرى دراسات التشوه الخلقي فى الأجنة teratogenicity على حيوانين ، أحدهما من القوارض ، والآخر من غير القوارض ، وتعرف بالاختبارات الجيلية generational tests ، وذلك للتأكد من أن الحيوانات تتكاثر طبيعياً وأن النسل الناتج لم يتعرض لتشوهات خلقية أو تأثيرات طفورية من التعرض للمادة المختبرة . تجرى هذه الاختبارات على الأنثى خلال فترة الحمل لتقييم مدى تشوه النسل الناتج ، كما تجرى دراسة على الفئران rats لتقدير التأثير على القدرة التناسلية ، حيث تضاف المادة المختبرة إلى الغذاء الذى يتناوله الذكور قبل الزواج ، وللأنثى خلال الحمل ، وكذا خلال فترة رعايتها للأبناء ، وبعد ذلك يتعرض النسل الناتج إلى نفس الغذاء المعامل حتى تمام نضج الأبناء ، ثم يترك النسل للتزاوج ، وتكرر هذه الدورة مع استمرار التعريض لمدة ٣ أجيال .

أختبارات سمية المواد المضافة للأغذية والملوثات من المبيدات وغيرها ، عادة تكون مرتفعة التكاليف وتستغرق وقتاً طويلاً . عادة تستغرق هذه الاختبارات فترة لا تقل عن ٥ سنوات ، وتشمل ما يقرب من ١٣٠ ألف تقدير وقياسات وملاحظات

مختلفة . فى عام ١٩٨٤ ، قدرت تكلفة اختبارات السمية الحادة والمزمنة لكل مادة من ٠,٥ - ١,٠ مليون دولار . تتراوح تكلفة إختبارات المواد المطفرة والمواد المسببة للتشوهات الخلوية فى الأجنة من ٢٥٠ إلى ٥٠٠ ألف دولار . تنتهى هذه الدراسات عادة بعدة مجلدات من البيانات التفصيلية الشاملة عن كل مادة يتم اختبارها .

معامل HERP (Human Exposure / Rodent Potency) :

فى عام ١٩٨٧ ، تمكن العالم بروس أميس B. Ames ، عالم الكيمياء الحيوية فى جامعة كاليفورنيا ، بركللى ، من وضع معامل HERP ليساعد فى تقييم مخاطر السرطان cancer hazard لأنواع كثيرة من المواد، وقد أطلق على هذا المعامل HERP index والذي يجمع بين تعرض الإنسان والفاعلية على القوارض ، أى أن هذا المعامل يأخذ فى الاعتبار كل من فاعلية أو قوة المادة المسرطنة ودرجة التعرض لها . كلما كانت قيم معامل HERP مرتفعة ، كلما كانت فرصة الإصابة بالسرطان أكبر . ويجب عدم النظر إلى هذا المعامل على أنه تقدير مطلق للمخاطر ، ولكنه ينظر له كدليل للتفكير المنطقي وأولوية التطبيق والتقييم للمواد المختلفة . يوضح جدول (٣-٨) معامل HERP لبعض المواد المسرطنة.

جدول (٣-٨) : معامل HERP لبعض المواد المسرطنة .

قيم HERP	متوسط تعرض الإنسان اليومي	المواد المسرطنة والجرعة للفرد (١٥٠ رطل)	
	المادة	الكمية	المادة المسرطنة الجرعة
٤,٧	الحنطور	٨ أوقية	كحول ٣٠ مل
٢,٨	بيرة	١٢ أوقية	كحول ١٨ مل
٠,١	ريحان basil	١ جم أوراق جافة	استراجول estragol ٣,٨ ملليجرام
٠,١	عشب الغراب	٠,٥ أوقية	هيدرازينات hydrazines -
٠,٠٦	سكارين فى كولادايت	علبة واحدة	سكارين ٩٥ ملليجرام
٠,٠٣	شاي confrey	فنجان واحد	symphytine (سمفيتين) ٣٨ ميكروجرام
٠,٠٣	زبدة الفول السودانى	سندوتش واحد	أفلاتوكسين ٢ جزء فى المليون
٠,٠٠٣	لحم خنزير bacon مطبوخ	١٠٠ جرام	نيتروزامين ٠,٠٤ ميكروجرام
٠,٠٠١	ماء صنوبر مكلور	١ لتر	كلورفورم ٨٣ ميكروجرام
٠,٠٠٠٤	منتجات الحبوب الغذائية	الإحتياجات الغذائية اليومية	EDB ^(١) ٠,٤٢ ميكروجرام
٠,٠٠٠٢	PCBs ^(١)	الإحتياجات الغذائية اليومية	PCBs ٠,٢ ميكروجرام

(١) Ethyldibromide - EDB أيلين ثنائى البروميد

(٢) PCBs - مركبات ثنائى الفينول عديد الكلور polychlorinated biphenyls

التسمم بالمعادن الثقيلة Heavy metals intoxication

مقدمة :

يرجع التلوث بالمعادن الثقيلة أساساً إلى التوسع فى الصناعات الكيماوية - صناعة البلاستيك ، البويات البطاريات والمواد العازلة وغيرها - وصناعة المعادن ، حيث تحتوى مخلفات هذه الصناعات على نسب عالية جداً من هذه المعادن . تخرج هذه المخلفات إما فى صورة سائلة ، تلقى فى البحار والأنهار ، أو فى صورة غازات عن طريق المداخن ، وتصل بذلك ، بطريقة أو أخرى ، إلى النبات ، الحيوان والإنسان . لذا فإن الأمراض الناتجة عن تناول الإنسان المستمر لغذاء يحتوى على هذه المعادن قد عرفت أولاً فى البلاد الصناعية المتقدمة مثل اليابان ، حيث أخذت هذه الأمراض أسماء يابانية مثل "مرض ميناماتا" نتيجة التسمم بالزئبق ، " ومرض إيتاي إيتاي " نتيجة التسمم بالكاديوم .

مخلفات الصناعة السائلة متعددة ومختلفة ، والكثير منها لا يمثل خطورة كبيرة على تلوث البيئة ، حيث أن الطبيعة لها القدرة على هدم هذه المركبات ، فالأحياء الدقيقة والأعشاب ، التى تنمو فى المياه ، لها القدرة على تنقية المياه على المدى الطويل ، لكن هناك من مخلفات الصناعة مالا يمكن للطبيعة التخلص منها وتسبب كثير المشاكل ، ومن أهمها مركبات ثنائى الفينولات عديد الكلور (polychlorinated biphenols) . هذه مواد تدخل فى العديد من الصناعات الكيماوية مثل المواد العازلة ، البلاستيك ، الدهانات ، زيوت نقل الحرارة ، وزيوت الضغوط ومعالجة الأخشاب وغيرها والمبيدات الكلورونية chlorinated pesticides . تتميز هذه المواد بأنها قابلة للذوبان فى الدهون ، لذا فإنها تخزن فى دهون وكبد الأسماك والحيوانات البحرية ، وتشابه فى ذلك مع المبيدات الحشرية من نوع DDT ومشتقاته ، وتنتقل هذه الكيماويات أيضاً إلى الحيوان والإنسان ، وتسبب أضراراً بالغة للإنسان ، مثل تلف الكبد وفقر الدم والإضطرابات الهرمونية . وتشير الأبحاث أيضاً إلى أن هذه الكيماويات مختلطة مع بعضها ومع وجود المعادن الثقيلة تزيد السمية إلى حد كبير ، كما أشارت أيضاً إلى وجود تلوث خطير فى الماء نتيجة التوسع الكبير فى الصناعات الكيماوية ، وبالتالي تتأثر الأسماك بهذه السموم بشكل كبير .

يرجع تلوث الخضراوات بالمعادن الثقيلة بصفة عامة ، إلى عادم السيارات ، نظراً لإضافة مادة تترأثير أو ميثيل الرصاص إلى وقود السيارات ، كعامل لمنع الفرقعة

antiknock (لتحسين أداء الماتور) . يخرج مع عادم السيارات كمية هائلة من الرصاص، تنتقل بالهواء إلى مزارع الخضر والمحاصيل التقليدية . لذلك تحتوى الخضر والمحاصيل الأخرى ، المزروعة بالقرب من الطرق السريعة ، على أضعاف كمية الرصاص الموجودة فى محاصيل المناطق البعيدة عن هذه الطرق ، كما تزيد نسبة الرصاص فى الخضراوات الورقية (الخس ، السبانخ ، الكرنب) عن الخضراوات الأخرى . كما أن ذلك ينعكس على حيوانات اللبن ، التى تتغذى على هذه المحاصيل ، حيث ترتفع نسبة الرصاص فى لبن الحيوانات ، التى تتغذى على الأعلاف الناتجة من الأراضي القريبة من الطرق السريعة ، وكذلك الحيوانات التى تشرب من الترع والمصارف القريبة من الطرق السريعة . كما وجد أن الخضراوات تحتوى عادة على ضعف الكمية التى تتواجد فى الأغذية الحيوانية الموجودة فى نفس المناطق .

يمثل التلوث بالمعادن الثقيلة heavy metals مشكلة خطيرة وحادة ، لميل هذه العناصر للتجمع والتراكم داخل الأنظمة البيئية الحية المختلفة ، وبصفة خاصة الأحياء المائية، حيث تتراكم هذه المعادن الثقيلة فى أنسجتها ، أى أن تركيز العناصر الثقيلة فى أنسجة هذه الأحياء المائية قد يزيد عن تركيزه فى البيئة المحيطة (المياه) .

أن من مخاطر التسمم الغذائى الكيماوى للإنسان تأثيره التراكمى ، أى أن الجسم لا يمكنه التخلص ، فى أغلب الأحيان ، مما يدخل جهازه الهضمى من مركبات المعادن الثقيلة، بل تتراكم بمرور الزمن ، حتى يصل التركيز اللازم الذى يظهر معه أعراض التسمم . وقد واكب التطور التكنولوجى الهائل ، كثير من المشاكل الخطيرة ، ناجمة عن هذه المعادن المصاحبة لمخلفات هذه التكنولوجيات ، مما أدى إلى زيادة إهتمام المنظمات العالمية بالحد من استخدامها وإيجاد السبل الكفيلة للتخلص منها والسيطرة عليها . وتتميز هذه المعادن الثقيلة بسمية شديدة very toxic ، ومن أهم هذه المعادن التى تمثل مشاكل خطيرة الرصاص ، الزئبق ، الزرنيخ والكادميوم والنيكل وغيرها .

١- الرصاص (Pb) : Lead

يعتبر الرصاص من أقدم الفلزات التى عرفها الإنسان ، ويقدر وجوده فى التربة بنحو ١٣ ملليجرام/كجم ، كما تحتوى مياه البحار على الرصاص ، بتركيز يتراوح بين ٩-٣٠٠ ميكروجرام / اللتر . ويستخدم الرصاص فى صناعة البطاريات (حيث يستخدم حوالى ٥٠٪ من إنتاج الرصاص العالمى) وإنتاج بعض المركبات العضوية التى

تضاف إلى وقود السيارات لتحسين أداء الماتور ، صناعة الأصباغ والسبائك ، مساحيق التجميل وأصباغ الشعر . ينتشر الرصاص ومركباته على شكل غبار دقيق معلق في الهواء يستنشق الإنسان مع الهواء ، أو ينتقل مع الغذاء . يقتصر التأثير المباشر عن طريق الجلد على العاملين في المنشآت الصناعية ، التي تستخدم الرصاص ، مثل مصافي تكرير البترول أو صناعة البطاريات .

يوجد الرصاص في الصورة المؤكسدة II (ثنائية التكافؤ) أو IV (رباعية التكافؤ) في مركباته . مركبات الرصاص غير العضوية Pb IV (حيث يوجد الرصاص في الصورة المؤكسدة IV) ، مواد مؤكسدة قوية وأقل ثباتاً من مركبات الرصاص Pb II (الختوية على الرصاص في الصورة المؤكسدة II) . كثير من مركبات الرصاص Pb II قليلة الذوبان أو عديمة الذوبان ، يمكن أن تذوب في البيئات الحامضية أو تكون مركبات معقدة ، مثل مركبات الكلور أو الأيدروكسيل أو مركبات عضوية . أهم مركبات الرصاص العضوية ، رابع إيثيل أو ميثيل الرصاص tetraethyl-lead, tetramethyl-lead التي تضاف لوقود السيارات (البنزين) كمواد لمنع الفرقة antiknock وذلك لتحسين أداء الماتور مما يؤدي إلى انتشار الرصاص على نطاق واسع في البيئة . ومن الجدير بالذكر أن الرصاص العضوي المضاف إلى الوقود يخرج مع عادم السيارات في صورة غير عضوية ، على هيئة أكاسيد وكلوريدات وبروميدات الرصاص ، والتي تتحول في الجو إلى كربونات الرصاص ، تمثل هذه العملية ٩٥٪ من مصادر تلوث الهواء بمركبات الرصاص . ونظراً لصغر حجم جزيئاته ، فإنها تنتشر من منطقة إلى أخرى ولمسافات بعيدة ، وقد لا ترسب إلا بعد عدة أيام .

ولا شك أن الطريق الرئيسي لدخول مركبات الرصاص إلى أنسجة الجسم هو الجهاز التنفسي ، أي استنشاق الهواء الملوث بمركبات الرصاص سالفة الذكر . وقد وجد أن ٣٠ - ٥٠٪ من الرصاص المستنشق يصل إلى الدم مباشرة عن طريق الرئتين مسبباً ما يسمى " التسمم بالرصاص lead intoxication " . وفي دراسة قامت بها كلية العلوم - جامعة القاهرة في عام ١٩٩٦ عن تلوث الهواء بمدينة القاهرة الكبرى بعنصر الرصاص وذلك باستخدام التكنولوجيات المتقدمة لتحديد نسب عنصر الرصاص ونظائره المختلفة Pb^{208} , Pb^{209} , Pb^{206} , Pb^{224} في عينات تم جمعها من عشرة أحياء بمدينة القاهرة . وقد وجد أن نسب المواد العالقة في الهواء من الرصاص في ٨ أحياء تتراوح بين ٢٥ إلى ١١٠٠ ملليجرام /م^٣ ، وهي نسبة عالية بالمقارنة بمعيار نوعية الهواء

القومى بالولايات المتحدة الأمريكية US national air quality standards ، الذى يبلغ ١٠٠ ملليجرام/م^٣ ، بينما تراوحت فى العينتين الأخريتين بين ٠,٠٨ إلى ٢,٥ ملليجرام/م^٣. كما تم مقارنة نظائر الرصاص المستخلص من عينات الهواء مع نظائر الرصاص ، فى كل من وقود السيارات وخامات مسابك الرصاص ، ووجد أنها تتطابق مع نظائر رصاص المسابك ، وقد أنتهت الدراسة إلى أن المصدر الرئيسى لتلوث الهواء بعنصر الرصاص يستمد من المسابك بالدرجة الأولى . كما وجد أن السيارة الواحدة فى أمريكا الشمالية تلوث الجو بنحو ٢,٥ كجم من الرصاص فى السنة ، وأن المحاصيل التى تزرع بجوار الطرق الرئيسية تحتوى على نسبة عالية من الرصاص ، قد تزيد عن ١٠٠ جزء فى المليون من الوزن الجاف فى بعض الحالات . وقد زاد الاهتمام الآن باستخدام بنزين خال من الرصاص فى البلاد الصناعية، لتقليل تلوث البيئة من هذا المصدر .

يوجد الرصاص فى الأغذية ، نتيجة إنتقاله من معدات التصنيع الغذائى ، ومن لحام العلب الصفيح . ويمثل الرصاص فى الأغذية حوالى ٩٠٪ من الرصاص الذى يصل إلى الإنسان ، ولكن ٥٪ منها فقط يتم إمتصاصه ، بالرغم من أن ٩٥٪ من مركبات الرصاص التى تصل إلى الجهاز الهضمى ، لا تذوب ويتم التخلص منها مع البراز ، إلا أن النسبة الباقية تمتص وتصل إلى الكبد ، ويخرج جزء منها إلى الدم والأنسجة الأخرى وفى مقدمتها العظام ، ويعود جزء آخر إلى الأمعاء مع العصارة الصفراوية المفرزة من الكبد .

الأغذية الحامضية ، مثل عصائر الفاكهة ، يمكن أن تستخلص الرصاص من الأوانى الفخارية المطلاه ، حيث أن الرصاص أحد مكونات طلاء الأوانى الفخارية . كما يمكن أن ينتقل الرصاص والقصدير من اللحام الجانبي للعلب الصفيح إلى الغذاء المعبأ بها. وتتوقف كمية الرصاص والقصدير المأخوذة ، على نوع الصفيح المستخدم ، نوع اللحام الجانبي ، خواص وتركيب الغذاء . وقد وجد أن كمية القصدير المأخوذة تتناسب طردياً مع كمية حمض الأوكساليك و pH ، وقد وصلت كمية القصدير المأخوذة إلى ٦٠٪ عند تعبئة السبانخ ، التى تحتوى على نسبة عالية من الأوكسالات ، لمدة ٩ شهور . كما أرتفع محتوى صلصة الطماطم من الرصاص والقصدير المعبأة فى علب صفيح ، وخصوصاً عند تخزين العلب لفترات طويلة ، حيث أن حموضة الطماطم تسبب تآكل العلبة من الداخل ، وخصوصاً إذا كان الطلاء غير منتظم . وقد زاد الإهتمام بتعبئة الأغذية فى علب صفيح ليس لها لحام جانبي ، وعدم استخدام علب ملحومة بسبيكة

لحام قصدير : رصاص (٣٥ : ٧٠٪) ، وذلك لتقليل تلوث البيئة والأغذية من الرصاص والقصدير .

كما أن تعبئة العصائر فى عبوات زجاجية أو عبوات ورقية (الكرتون المبطن برقائى الألومنيوم والبولى إيثيلين ، أو رقائى الألومنيوم مع البولى إيثيلين) يساعد على وقاية العصائر من التلوث بالرصاص والقصدير . تحدد معظم دول العالم الحد الأقصى للرصاص فى عصائر الفاكهة (بغض النظر عن العبوة) بنسبة ٠,٥ جزء فى المليون (٠,٥ ملليجرام رصاص /كجم عصير فاكهة) .

يرجع تلوث الخضراوات والفاكهة بالرصاص أساساً إلى عادم السيارات ، كما سبق الإشارة ، حيث تحتوى هذه المنتجات المزروعة على جانبى الطرق الرئيسية على نسب أعلى من الرصاص ، بالمقارنة بالمنتجات المزروعة بعيدة عن هذه الطرق . كما أن هذه المنتجات فى المناطق الصناعية تحتوى على نسب أعلى من الرصاص ، نتيجة للتلوث بمخلفات المصانع ، التى تنطلق فى الهواء . تزيد نسبة الرصاص فى الخضراوات الورقية (الخس - السبانخ - الكرنب) عن الخضراوات الأخرى . وقد أوضحت الأبحاث أيضاً أن الفاكهة التى يحتوى سطحها على شعيرات (مثل المشمش ، الخوخ ، الفراولة) تحمل كمية أكبر من الرصاص ، بالمقارنة بالفاكهة ذات السطح الأملس (الجوافة ، الكمثرى ..) . عمليات تنظيف ، غسيل وتقشير الخضراوات والفاكهة والتخلص من الأجزاء غير القابلة للأكل ، تسبب انخفاضاً ملحوظاً فى تركيز الرصاص ، كما أن المعاملات الحرارية مثل الغليان قد يؤدى إلى بعض التغيرات فى تركيز هذا العنصر فى بعض الخضراوات (جدول ٤-٨) .

جدول (٤-٨) : تأثير بعض عمليات الأعداد والتجهيز على محتوى بعض الخضراوات من الرصاص (ميكروجرام/كجم) .

عملية الأعداد	فاصوليا خضراء	جزر	قنبيط	كرنب	بطاطس
المادة الخام (الأولية)	٤٥	٦٠	٦١	٤١	٢٩٩
تنظيف ميكانيكى	٤٠	٤٤	٣١	-	٧٢
تنظيف وغسيل	٢٥	٤٥	٢٨	٢٧	-
تقشير وغسيل	-	٣٤	-	٢٣	٢٤
غليان يعقبه تقشير	٢٨	-	٢٦	-	٢٧
غليان بعد التقشير	-	٣٦	-	٢٣	٢٤

وقد أظهرت نتائج الأبحاث التي أجريت بكلية الزراعة - جامعة القاهرة عن أن متوسط تركيز عنصر الرصاص فى الأراضى الزراعية بالوجه البحرى ، بعيداً عن مصادر التلوث ، يبلغ ١٥ جزء فى المليون ، بينما ارتفع هذا التركيز إلى ٢٢٦ جزء فى المليون بالقرب من طريق القاهرة - بنها على سبيل المثال ، وذلك نتيجة للتلوث بعنصر الرصاص الناتج من عادم السيارات . يقل تركيز الرصاص كلما بعدت المسافة عن الطريق . وقد أنهت الدراسة إلى أن المساحة الملوثة حول جانبى طريق مصر ، اسكندرية الزراعى ، تقدر بأكثر من ستة آلاف فدان ، وترداد هذه المساحة مع زيادة كثافة مرور السيارات على الطريق .

وقد اتضح من تركيز عنصر الرصاص فى الأجزاء المأكولة من النباتات المزروعة فى تربة غير ملوثة ، والذي لم يتعد جزءاً واحداً فى المليون ، بينما ارتفع هذا التركيز فى المناطق الملوثة إلى ما يقرب من ٥٠ جزء فى المليون . كما وجد أن الأجزاء المأكولة من نباتات الجزر والطماطم ، تحتوى على كميات قليلة من عنصر الرصاص ، بالرغم من زراعتها فى المناطق الملوثة ، بينما تحتوى الأجزاء المأكولة من الخضراوات الورقية ، مثل الخس ، الجرجير ، الملوخية ، المزروعة فى هذه المناطق الملوثة ، على كميات كبيرة من هذا العنصر . يصل متوسط تركيز الرصاص فى السبانخ (كنموذج نباتى يمتص المعدن) إلى ٠,٠٤٥ ملليجيم /كجم ، لكن يصل فى البصل (كنموذج نباتى يمتص كمية أقل من المعدن) إلى ٠,٠٠٥ ملليجيم /كجم .

تحتوى المنتجات الحيوانية على كمية أقل من الرصاص عن المنتجات النباتية ، حيث تتراوح نسبة الرصاص فى الأغذية النباتية من ٣٠٠ إلى ٤٠٠ جزء فى المليون ، بينما فى الأغذية الحيوانية تتراوح بين ١٠٠ إلى ٣٠٠ جزء فى المليون . كما أن الرصاص يتواجد بتركيزات أقل فى اللبن عن الأغذية الحيوانية والنباتية الأخرى فى نفس المناطق . وقد يرجع ذلك إلى أن اللحم يعمل كمرشح يحتجز المعادن الثقيلة ، ويقلل وصولها إلى اللبن ، حيث وجد أن لبن الحيوانات التى تتغذى على عليقة تحتوى على نسبة مرتفعة من الرصاص ، يحتوى على نسبة منخفضة من الرصاص .

وقد أشارت نتائج البحوث إلى أن محتوى اللبن من الرصاص يتراوح بين ٠,٠٠١ - ٠,٠٨٣٥ . بمتوسط قدره ٠,٠١٩ جزء فى المليون ، كما وجد أن محتوى اللبن فى نطاق القاهرة الكبرى يتراوح بين ٠,٠٣ - ٠,٠٥ جزء فى المليون . فى الحيوانات المزروعة ، يتركز الرصاص الممتص من العليقة أساساً فى الكلى والكبد ، ويزداد هذا المحتوى بتقدم

الحيوان فى العمر . لذلك تساهم فضلات الذبيحة بدرجة كبيرة فى الإحتياجات اليومية من الرصاص بدرجة كبيرة .

يصل الرصاص فى المناطق الصناعية إلى مياه الأنهار والبحار والنباتات ، التى تعيش فيها ، وبالتالي فإن الأسماك والحيوانات البحرية (الأغذية البحرية) تحتوى أيضاً على نسبة مرتفعة من الرصاص فى هذه المناطق . وقد أشارت الدراسات إلى أن المصانع تقذف سنوياً فى البحار أكثر من ٢٥٠ ألف طن من الرصاص . كما أوضحت البيانات الحديثة أن كمية الرصاص فى مياه المحيطات قد زادت بشكل مخيف فى السنوات الأخيرة ، حيث تضاعفت حوالى ٥ مرات فى شمال المحيط الأطلنطى . وقد وصل تركيز الرصاص فى مياه بيروت الساحلية إلى عدة أجزاء فى المليون على بعد ٢٢٠ متر من الشاطئ . كما أظهرت الدراسات التى أجريت فى خليج تسالونيك باليونان أن تركيز الرصاص فى أنسجة بعض الكائنات البحرية فى المنطقة القريبة من معمل إنتاج رابع إيثيل الرصاص يصل إلى ١٥٠ - ٤٨٠ جزء فى المليون .

وفى دراسة مسحية أجريت حديثاً بكلية الزراعة - جامعة عين شمس فى عام ١٩٩٥ ، عن تركيز بعض المعادن الثقيلة (الرصاص ، الكاديوم ، الزئبق) فى مياه نهر النيل ، فى خمس محطات مختلفة فى المسافة التى تقع من شبرا الخيمة حتى المعادى (نطاق القاهرة الكبرى) ، وجد أن تركيز عنصر الرصاص فى مياه نهر النيل ، يتراوح بين ١٢٧٠ - ١٧٧٠ جزء فى البليون (جدول ٥-٨) ، حيث كان الحد الأدنى لتركيز الرصاص (١٢٧٠ جزء فى البليون) كان فى مياه محطة التحريس ، بينما الحد الأقصى للتركيز فى مياه محطة شبرا الخيمة .

كما تم فى هذه الدراسة تقدير هذه العناصر فى سمك البلطى والبياض ، التى تم صيدها من خمس مواقع السابقة ، وقد أظهرت النتائج (جدول ٦-٨) ، أن تركيز عنصر الرصاص فى أسماك البلطى يتراوح بين ٤٠٥ جزء فى البليون (فى أسماك محطة أمبابة) إلى ١٢٥١ جزء فى البليون (فى أسماك محطة شبرا الخيمة) ، بينما يتراوح تركيز الرصاص فى أسماك البياض من ١٥٨ جزء فى البليون (فى أسماك محطة شبرا الخيمة) إلى ١٠٤٤ جزء فى البليون (فى أسماك محطة أمبابة) ، بمتوسط قدره ٦٤٧,٢ ، ٦٤٧,٤ جزء فى البليون فى أسماك البياض والبلطى ، على التوالى ، التى تم صيدها من مياه النيل فى نطاق القاهرة الكبرى .

جدول (٨-٥) : تركيز الرصاص والكاديوم والزئبق (جزء فى البليون) فى مياه نهر النيل فى نطاق القاهرة الكبرى .

المنطقة	الرصاص	الكاديوم	الزئبق
شبرا الخيمة	١٧٠٠	٤٤	٣,٥١
إمبابة	١٦٦٠	٧٦	٣,٥٨
التحرير	١٢٧٠	٢٢	٣,٤٩
الجيزة	١٣٢٠	٢٥	٣,٤٣
المعادي	١٣٦٠	٢٥	٣,٣٩

جدول (٨-٦) : تركيز الرصاص والكاديوم والزئبق (جزء فى البليون) فى أسماك البلطى والبياض التى تم صيدها من نهر النيل فى نطاق القاهرة الكبرى.

المنطقة	سمك البلطى			سمك البياض		
	الرصاص	الكاديوم	الزئبق	الرصاص	الكاديوم	الزئبق
شبرا الخيمة	١٢٥١	٥١	٣,٠٦	١٥٨	٨٥	٢,٧٦
إمبابة	٤٠٥	٣٢	٠,٢٩	١٠٤٤	٧٣	٤,٧٣
التحرير	٤٧٣	٧١	٨,٥٩	٦٨٨	٢٤	٤,٧٤
الجيزة	٥٧٢	٣٠	١,٤٦	٣٦٥	١٦	١,٠٢
المعادي	٥٣٦	٣١	٠,٣٩	٩٨١	٢٧	٢,٣٤

وفى دراسة على بعض ملوثات المياه من المعادن الثقيلة وتأثيرها على سمك البلطى النيلي المستزرع فى إحدى المزارع الخاصة ، وجد أن مستوى تركيز المعادن فى المياه متذبذب على مدار العام ، وكان متوسط الرصاص فى المياه ٠,٤٩ جزء فى المليون ، أى أعلى من الحد المسموح به من قبل منظمة الصحة العالمية WHO وهو ٠,٠٥ جزء فى المليون ، كما وجد أن مستوى الرصاص فى الجزء المأكول من أسماك البلطى المستزرع بلغ ٦,٤٥٩ جزء فى المليون (وهو أيضاً أعلى من الحدود المسموح بها من قبل WHO) .

تحتوى الأسماك فى المياه غير الملوثة على نسبة منخفضة من الرصاص (أقل من ٨٠ جزء فى البليون) ، فى حين تصل هذه النسبة فى الأسماك التى تعيش فى أنهار

ملوثة داخل أوروبا وبحوار المناطق الصناعية فى ألمانيا (ألمانيا الغربية سابقاً) ، إلى أعلى من ٢٠٠٠ جزء فى البليون . الحد الأقصى المقترح لكمية الرصاص فى الأسماك هو ٥٠٠ جزء فى البليون ، الأسماك المعلبة فى علب صفيح ١٠٠٠ جزء فى البليون (كمية من الرصاص تنتقل من معدن العلب إلى السمك) .

التأثير السام :

يوجد الرصاص داخل جسم الإنسان بكميات ضئيلة ، ويدخل الرصاص الجسم عن طريق الفم ، ويفرز جزء منه فى البراز وجزء آخر عن طريق الكلى ، أما الجزء الممتص (١ - ٢٠٪) يذهب إلى الكبد الذى يعيده إلى الأمعاء مرة أخرى عن طريق العصارة الصفراوية . قد يمتص الرصاص خلال الشعب الهوائية ويدخل الدم مباشرة ولا يمر خلال الكبد ، لذلك فإن الكميات الضئيلة الممتصة قد تسبب التسمم وظهور أعراضه . ومن الجدير بالذكر أن مركبات الرصاص غير العضوية لا تمتص خلال الجلد . تمثيل الرصاص فى الجسم يشبه تمثيل الكالسيوم . يمكن للرصاص أن يحل محل الكالسيوم فى الجسم ، ويخزن فى صورة فوسفات الرصاص فى العظام ، العوامل التى تساعد على تخزين الكالسيوم فى العظام ، تعمل بدورها على تخزين الرصاص ، ولكن يعود الرصاص المخزن إلى الدم فى بعض الحالات ، مثل نقص الإحتياطى بالدم الذى يسبب تغيير تفاعل السوائل المخزنة .

يسبب الرصاص أضراراً للكلى وأوعية القلب ، الجهاز التناسلى ، الجهاز العصبى والعظام . يسبب الرصاص خللاً فى تخليق الدم حيث أنه مثبط لأنزيم 5-aminolevulinic acid dehydrase ، الأنزيم اللازم لتخليق الدم ، porphyrins hem, ، لذلك فإن ارتفاع مستويات الرصاص فى الدم يسبب أنيميا anemia .

وتعمل مركبات الرصاص على تثبيط كثير من التفاعلات الحيوية الهامة فى الجسم ، حيث وجد أن الرصاص فى الدم يعيق إفراز حامض اليوريك مما يؤدي إلى الإصابة بمرض النقرس .

أعراض التسمم :

تتوقف أعراض التسمم وسرعة ظهورها على مدى إستجابة الشخص لهذا المركب ، وعلى الفترة بين إمتصاصه وإخراجه . فعندما يكون الإمتصاص بطيئاً

ومستمرّاً لفترة طويلة ، يترسب الرصاص فى الأنسجة العظمية والكبد والكلى ، فى صورة فوسفات الرصاص ، غير قابل للذوبان وبذلك لا يسبب أعراضاً تذكر .

ومن أعراض التسمم ، انخفاض نسبة الهيموجلوبين فى الدم ، مما يؤدى إلى حدوث أنيميا ، تلون اللثة بلون أزرق (عندما تصل نسبة الرصاص فى الدم ٠,٦ - ٠,٨ جزء فى المليون) ، اضطراب فى الهضم (أمساك) ، هزال ، فقدان الشهية ، صداع ، شحوب اللون ، زيادة العرق مع قئ وتشنجات فى المعدة .

وفى الحالات المزمنة ، يصاب المريض باضطرابات نفسية وذهنية ، حيث يصاب بتبلد فكرى وتخلّف عقلى وفقدان القدرة على التركيز وضعف الذاكرة ، أنجذاب الرأس إلى الخلف ورعشة وصمم . كما قد يصاب المريض بفقدان النطق أو العمى ، ويصاب بشلل فى اليد اليمنى ثم اليسرى وشلل المخ ومرض الكبد المزمن .

وهناك علاقة واضحة بين زيادة تركيز الرصاص فى جسم الأطفال ومستوى الذكاء لديهم . كما توجد علاقة بين تراكم الرصاص فى الأجنة وبين حالات التشوه الخلقي ، وبعض الأمراض العصبية . يؤدى التعرض للرصاص إلى ولادة أطفال ناقصي الوزن وذوى مقدرة ضعيفة للاستجابة للمؤثرات الصوتية والبصرية .

الأطفال أكثر تأثراً بمركبات الرصاص ، نتيجة زيادة نشاطهم وحركتهم الدائمة ، مما يزيد من إمكانية تعرضهم للأجواء غير النقية (زيادة فرصة إستنشاقهم لكميات كبيرة من الرصاص العالقة فى الهواء) . كما تتأثر أجسام الأطفال لقلّة محتواها من الدم بتركيزات قليلة من الرصاص ، وقد وجد أن تركيز ٧ - ٨ مليجرام رصاص / ١٠٠ مل (٠,٧ - ٠,٨ جزء فى المليون) فى دم الأم الحامل ، يؤدى إلى ولادة أطفال ناقصي الوزن لديهم محتوى مرتفع من الرصاص فى الدم (٢٥ ميكروجرام / ١٠٠ مل) . كما أن الرصاص يعيق نمو خلايا المخ والخلايا العصبية فى الأطفال حديثى الولادة . وجود ٠,٦ جزء فى المليون من الرصاص فى دم الأطفال ، يؤدى إلى تسمم واضح والموت الحتمى . وقد اشارت التقارير فى مدينة نيويورك فى الفترة من ١٩٥٤ - ١٩٦٧ إلى علاج ٢٠١٨ حالة تسمم بالرصاص ، إلا أن بين هؤلاء الأطفال مات ١٢٨ طفلاً وآخرون كثيرون يعانون من حالات تلف بالجهاز العصبى المركزى .

الاحتياجات الغذائية المسموح بها من الرصاص للبالغين تبلغ ٤٠٠ ميكروجرام يومياً . تصل مركبات الرصاص إلى جسم الإنسان عن طريق الغذاء أو عن طريق الإستنشاق . يقدر متوسط الإمتصاص اليومى للرصاص عن طريق الغذاء من ١٠٠ إلى

٥٠٠ ميكروجرام ، بينما إمتصاصه عن طريق الهواء أقل من ذلك . وقد أوصت WHO/FAO بأن الحدود القصوى المسموح بها من الرصاص هو ٣ ملليجرام أسبوعياً للفرد ، أو ٠,٠٠٣ ملليجرام/ كجم من وزن الجسم أسبوعياً . ويعتبر تركيز ١٠ ميكروجرام/ ١٢٠٠ مل دم ، الحد الأقصى المسموح به ، حيث أن زيادته عن هذا المستوى يؤدي إلى خلل في تخليق الدم ، وتظهر أعراض غثيان ، قي ، آلام في البطن ، غيبوبة ، تشنجات وفقدان الشهية وحمول ذهني . كما يؤدي تركيز ٥٠ - ٦٠ ميكروجرام/ ١٠٠ مل دم إلى حدوث فشل كلوي . تؤدي التركيزات المرتفعة إلى تلف المخ بصورة مستمرة ودائمة ، مع إمكانية الإصابة ببعض الأمراض السرطانية والطفرية والتشوهات الخلقية .

وعموماً تنص المواصفات الدولية أن الحد الأقصى المسموح به لعنصر الرصاص في الأغذية ، يجب ألا يتعدى ٥ جزء في المليون (٥٠٠٠ جزء في البليون) ، وقد تم تخفيض هذا الحد بعد عام ١٩٨٠ إلى ١ جزء في المليون فقط (١٠٠٠ جزء في البليون).

٢- الكاديوم (Cd) Cadmium :

الكاديوم من المعادن الثقيلة ، ويعتبر من المعادن غير الأساسية المطلوبة للإنسان ، وتوجد مركبات الكاديوم في حالة مؤكسدة فقط (ثنائية التكافؤ II) ، وأن مكوناتها العضوية organometallic غير ثابتة ، كما تكون مع Cl^- , Br^- , SCN^- , CN^- , NH_3 , $RN H_2$ وغيرها ، مركبات معقدة . كما أن الكاديوم له قدرة أكبر على الارتباط بالمركبات المحتوية على كبريت ، عن المركبات المحتوية على أكسجين . يستخدم الكاديوم في صناعة الزنك ، وفي صناعة أصباغ المواد البلاستيكية والدهانات وفي طلاء الخزف . ويعتبر مركبات الكاديوم من مخلفات كثير من الصناعات ، أهمها صناعات البطاريات الجافة والأصباغ ومخلفات المناجم . ويقدر كمية الكاديوم التي تصرف في البحار بأكثر من ١٠٠٠ طن سنوياً .

تظهر أعراض التسمم بالكاديوم بعد عديد من السنوات ، وبعد تراكم كميات كبيرة في الجسم ، وأهم هذه الأعراض : اضطراب وظائف الكلى ، وتغيير في تركيب الدم وحدوث أنيميا ، وحدوث لين عظام في الحالات المتقدمة (نتيجة لإضطراب دورة الكالسيوم في الجسم). ويطلق على هذه الأعراض مرض " إيتاي إيتاي " ، وهو إسم

مقاطعة فى اليابان ، حدث بها تسمم بالكاديوم ، نتيجة لصرف مخلفات المصانع والمناجم المحتوية على سلفيت الكاديوم لعدد من السنوات فى نهر دزينيتا ، الذى يستخدم مياهه فى رى الأرز ، الغذاء الرئيسى فى اليابان . وقد أدى ذلك إلى ارتفاع تركيز الكاديوم فى الماء من ٥ أجزاء فى البليون إلى ١٨٠ جزء فى البليون . ونتيجة لاستخدام هذه المياه فى زراعة الأرز ، والأعتماد على الأسماك التى تعيش به كمصدر أساسى للتغذية ، أدى إلى حدوث أعراض مرضية لكثير من أهالى المقاطعة ، مع حدوث كثير من الوفيات .

وفى دراسة أجريت لتقدير عنصر الكاديوم فى الأراضى الزراعية بالوجه البحرى ، وجد أن عنصر الكاديوم المنبعث من عادم سيارات الديزل ، قد ارتفع تركيزه بالقرب من الطرق الزراعية إلى أكثر من ثلاثة أمثال تركيزه بالتربة غير الملوثة ، كما وجد أن تركيز عنصر الكاديوم ، يقل كلما بعدت المسافة عن الطريق . وما تم ذكره عن الرصاص وتلوث البيئة فى المناطق الزراعية والصناعية ، وتلوث الخضراوات والفاكهة ، ينطبق أيضاً على عنصر الكاديوم الأكثر سمية ... حيث أن الكاديوم يوجد فى وقود الديزل التى تستخدمه سيارات النقل ، وكذلك بعض الماتورات المستخدمة فى الصناعة والزراعة ، بالإضافة إلى إحتواء بعض الألوان الصناعية عليه وكذلك كثير من مخلفات الصناعة السائلة والغازية .

ويوجد الكاديوم فى اللبن بتركيزات عالية نسبياً ، وقد يرجع ذلك إلى تغذية الماشية على علائق خضراء ، استخدم فى تسميدها فوسفات تحتوى على نسبة عالية من الكاديوم . وقد أظهرت نتائج البحوث ، أن محتوى اللبن من الكاديوم يتراوح من ٠,٠١ - ٠,٠٠٧ جزء فى المليون ، كما وجد أن محتوى اللبن فى نطاق القاهرة الكبرى يتراوح بين ٠,٠٣ - ٠,٣٤ جزء فى المليون .

ارتفاع مستوى الكاديوم فى بعض الأغذية ، يرجع إلى ميل هذا العنصر إلى التجمع والتراكم الحيوى فى أنسجة الكائنات الحية النباتية والحيوانية ، مثل التراكم من التربة بواسطة عيش الغراب أو الخضراوات مثل الخس ، السبانخ والجزر ، أو التجمع من ماء البحر بواسطة الأصداف البحرية (المحارات والقواقع) . يبلغ تركيز الكاديوم فى السبانخ ، كنموذج نباتى مجمع للمعدن ٠,٠٦٥ ملليجيم/كجم ، وفى البصل كنموذج أقل إمتصاصاً للمعدن ٠,٠١١ ملليجيم/كجم . يصل الكاديوم إلى الحيوانات المزروعة عن طريق العليقة ، ويتركز أساساً فى الكلى والكبد ، ويرتفع تركيز

المعدن فى هذه الأعضاء ، بتقدم الحيوان فى العمر . وقد وجد أن تركيز الكاديوم فى أنسجة الكلى فى حيوان عمره ٣,٥ شهر وآخر عمره ٥ سنوات تبلغ ، ٠,٢٤٥ ، ١,٩١٧ ملليجرام/ كجم ، على التوالى .

تشبه دورة الكاديوم فى الماء دورة الزئبق ، حيث يتركز الكاديوم أولاً فى الطحالب ، ثم فى الأسماك ومنه للإنسان والحيوان (خصوصاً الذى يتغذى على مساحيق الأسماك مثل الدواجن والخنزير) .

تحتوى الأغذية عموماً على كميات قليلة من الكاديوم (أقل من ٥٠ جزء فى البليون) . الأغذية المتوقع تواجد الكاديوم فيها بتركيزات مرتفعة ، هى الأسماك ، الأصداف مثل المحارات القواقع ، وكذلك كبد وكلى الحيوانات الكبيرة ، وقد تصل التركيزات فى هذه المنتجات إلى أكثر من ٤٠٠ جزء فى البليون . وقد أشارت نتائج الدراسة المسحية ، التى أجريت فى كلية الزراعة جامعة عين شمس فى عام ١٩٩٥ ، عن تركيز بعض العناصر الثقيلة فى مياه نهر النيل فى نطاق القاهرة الكبرى ، إلى أن تركيز الكاديوم فى مياه النيل (جدول ٥-٨) يتراوح بين ٢٢ جزء فى البليون (فى محطة التحرير) إلى ٧٦ جزء فى البليون (فى محطة إمبابه) . كما وجد أن تركيز الكاديوم فى أسماك البلطى والبياض ، التى تم صيدها من هذه المناطق من نهر النيل (جدول ٦-٨) ، يتراوح بين ٣٠ - ٧١ جزء فى البليون ، بمتوسط قدره ٤٣ جزء فى البليون فى أسماك البلطى ، ومن ١٦ - ٨٥ جزء فى البليون ، بمتوسط قدره ٤٥ جزء فى البليون فى سمك البياض .

كما أظهرت نتائج دراسة أجريت على ملوثات المياه من بعض العناصر الثقيلة وتأثيرها على البلطى النيلى المستزرع فى إحدى المزارع الخاصة ، أن مستوى الكاديوم يبلغ ٠,٣٤ جزء فى المليون فى عينات المياه (أعلى من الحد المسموح به من قبل منظمة الصحة العالمية WHO وهو ٥ جزء فى البليون) ، بينما بلغ تركيز الكاديوم فى الجزء المأكول من أسماك البلطى المستزرع ٣,١ جزء فى البليون (أعلى من الحد المسموح به قبل WHO) . وقد نتج عن تعرض الأسماك لتركيز ٥ جزء فى المليون كاديوم (معملياً) نسبة نفوق قدرت بحوالى ٨٪ ، وعند تعرض الأسماك (معملياً) لخليط من ٥ جزء فى المليون كاديوم ، ٢٠ جزء فى المليون رصاص ، نتج عنها نسبة نفوق وصلت إلى ٨٨٪ ، بينما لم تسجل أى نسبة نفوق ، عند تعرض الأسماك لتركيز ٢٠ جزء فى المليون رصاص فقط .

عمليات تنظيف ، غسيل وتقسيم الخضراوات والفاكهة والتخلص من الأجزاء غير القابلة للأكل ، تسبب إنخفاضاً ملحوظاً في تركيز المعدن في بعض الأحيان . كما أن الطبخ قد يؤدي إلى بعض التغيرات في تركيز المعدن (جدول ٧-٨) . من ناحية أخرى ، فإن بعض العمليات التكنولوجية ، قد تؤدي إلى ارتفاع تركيز الكاديوم في المواد الغذائية مقارنة بالمواد الخام الأولية ، حيث وجد أن مستوى الكاديوم قد ارتفع أثناء إنتاج أغذية الصويا من ٠,٠٦ ملليجرام/ كجم في فول الصويا الكامل إلى ٠,١٩ ملليجرام/ كجم بروتين الصويا المعزول isolate ، نتيجة لأرتباط الكاديوم بالبروتينات.

تحدد WHO/FAO الحد الأقصى المسموح بتناوله من الكاديوم ٥٠٠ ميكروجرام /أسبوعياً للفرد ، أى حوالى ٧٠ ميكروجرام يومياً للفرد البالغ ، كما يجب ألا تتعدى نسبة الكاديوم في الأسماك ومنتجاتها ١٠٠ جزء في البليون ، بينما تتراوح كمية الكاديوم في الماء ما بين ١ - ١٠ ملليجرام/التر . قد يتسرب الكاديوم إلى الماء من المواسير المصنوعة من البلاستيك ، وعند زيادته عن الحدود المسموح بها يؤثر على تمثيل الكالسيوم ، مما يسبب لين العظام . وقد أشارت الدراسات إلى أن الكاديوم له نشاط طفرى وسرطانى ، كما يسبب تشوهات خلقية في الأجنة .

جدول (٧-٨) : تأثير بعض عمليات الأعداد والتجهيز على محتوى بعض الخضراوات من الكاديوم (ميكروجرام/كجم) .

عملية الإعداد	فاصوليا خضراء	جزر	قنبط	كرنب	بطاطس
المادة الخام (الأولية)	٦	٢٧	٩	١٤	٣٥
تنظيف ميكانيكى	٥	٢٨	٩	-	٣٢
تنظيف وغسيل	٥	٢٥	٩	١٢	-
تقسير وغسيل	-	٢٢	-	١٣	٣٢
غليان يعقبه تقشير	٥	-	١٠	-	٢٩
غليان بعد التقشير	-	١٩	-	١٦	٢٢

٣- الزئبق (Hg) Mercury :

الزئبق من أكثر المعادن الثقيلة سمية ، وأكثرها إنتشاراً . توجد مركبات الزئبق فى الصورة المؤكسدة I ، II (أحادى وثنائى التكافؤ) ، ولها قدرة كبيرة على الارتباط

بأيونات S^{2-} ، والمركبات المحتوية على مجاميع SH . تزداد خطورة الزئبق بتحويل مركبات الزئبق غير العضوية إلى مركبات عضوية سامة (ميثيل الزئبق methyl mercury) عن طريق بعض الميكروبات ، وهى مركبات ثابتة نسبياً . توجد مركبات ميثيل الزئبق methyl mercury طبيعياً فى البيئة المائية ، وفى أجسام الحيوانات نتيجة إضافة مجموعة الميثيل بيولوجيا biological methylation . عدد كبير من البكتريا مثل *Pseudomonas spp.* ، *Escherichia coli* ، *Enterobacter* ، *Clostridium* وفطريات مثل *Aspergillus* ، *Neurospora* ، يمكن أن تحول مركبات الزئبق غير العضوية إلى مركبات ميثيلية methylated (أى مركبات زئبق عضوية) . جميع مركبات الزئبق سامة للكائنات الحية بدرجات متفاوتة ، إلا أن مركبات الزئبق العضوية أشدها سمية وخطورة ، لأن الجسم البشرى يلفظ مركبات الزئبق غير العضوية عن طريق البول .

من المعروف أن الزئبق يتحول فى رواسب الأنهار والبحيرات إلى مركب ميثيل الزئبق الشديد السمية ، ويزداد معدل تكوين ثنائى ميثيل الزئبق dimethyl mercury الأكثر قابلية للتطاير فى الوسط القلوى ، بينما يزداد تكوين أحادى ميثيل الزئبق nono methyl mercury الأقل قابلية للتطاير فى الوسط الحامضى . معظم أنواع التلوث بمركبات الزئبق تصل فى النهاية إلى الأنهار والبحيرات ، حيث تتحول إلى ميثيل الزئبق ، وبذلك ينتقل التلوث إلى الأسماك وقد يصل تركيز مركب ميثيل الزئبق فى الأنسجة الحيوانية إلى ٩٩٪ من مجموع الزئبق الكلى الموجود بها .

تلوث البيئة بكميات كبيرة من الزئبق من مخلفات صناعات متعددة ، وأكثر هذه الصناعات استخداماً للزئبق ، صناعة الكلور القلوى ، صناعة البطاريات ، صناعة الورق والأصباغ . كما يستخدم الزئبق فى الزراعة فى معاملة البذور وفى الرش . وتصل مركبات الزئبق إلى مياه الأنهار والبحار والبحيرات ، حيث تلقى الصناعة الأمريكية أكثر من ٥٠٠ طن من الزئبق سنوياً فى المياه ، كما تلقى الصناعة الفرنسية أكثر من ٥٠ طن من الزئبق . كما يعتبر الزئبق ملوثاً خطيراً للهواء الجوى ، حيث يوجد فى صورة بخار زئبق ، الذى يسبب آثاراً خطيرة على الجهاز العصبى . ومن أهم مصادر الزئبق فى الهواء الأصباغ ومحطات الطاقة ، التى تعمل بالفحم ، ومراكز تصنيع الزئبق .

بدأ الاهتمام بأجراء البحوث فى كثير من مناطق العالم عن تواجد الزئبق وتأثيره على الإنسان ، منذ أن عرف أنه سبب "مرض ميناماتا" **minamata disease** فى اليابان فى عام ١٩٥٦ ، حيث تستخدم الصناعات الكيماوية ، بالقرب من مدينة ميناماتا ، الزئبق كمنشط فى تحويل الأستيلين إلى اسيتالدهيد وفينيل كلوريد ، ويتم صرف مركبات الزئبق العضوية إلى مياه خليج الميناماتا ، حيث تتلوث الأسماك والقشريات والأصداف . وقد سبب ذلك فى ظهور حوالى ٥٠ حالة من حالات التسمم بالزئبق . وقد كانت أعراض هذا التسمم يظهر فى صورة خلل فى النطق ، ضعف الرؤية ، شلل عضلات اليدين والأرجل وتدمير الخلايا العصبية فى المخ ، مع حدوث شلل وغيوبة ينتهى إلى الموت . وقد قدرت الإحصائيات عدد الوفيات والمصابين بمرض الميناماتا (التسمم بالزئبق) حتى الآن بأكثر من ٣٠ ألف شخص ، حيث مات ما يقرب من ٤٠٪ من المصابين بالتسمم ، وحدثت تشوهات خلقية فى بعض الأفراد . وقد اشارت الدراسات إلى أن المخلفات الصناعية التى تصرف فى الأنهار والمجارى المائية ، على تركيزات ضئيلة من الزئبق لا تتجاوز ١,٠ جزء فى المليون . ونظراً للخواص التراكمية للزئبق داخل الأنسجة الحية ، فقد وصل تركيز الزئبق فى أنسجة بعض الأسماك إلى حوالى ٥٠ جزء فى المليون ، أى أن معامل التراكم بلغ ٥٠٠ ضعف بين المياه الملوثة والأسماك .

وقد حدثت حالات تسمم خطيرة بمركبات الزئبق ، عن طريق تناول حبوب التقاوى ، التى سبق وأن عوملت بتلك المركبات بهدف القضاء على بعض الفطريات التى تفتك بمحاصيل الحبوب قبل حصادها ، مثل أمراض اللفحة والتبقع والتفحم ، حيث يستخدم فى مكافحة هذه الأمراض مركب أيثيل الزئبق وميثيل الزئبق . نتيجة لظروف خاصة استخدمت هذه التقاوى المعاملة بهذه المركبات ، كغذاء أو كعلف للحيوانات ، وبالتالي أدت إلى حدوث تسمم مباشر أو غير مباشر ، عن طريق تناول لحوم ومنتجات هذه الحيوانات . أول ظاهرة أكتشفت لهذا النوع من التسمم ، كانت فى السويد عام ١٩٤٨ ، وبعد ذلك حدثت حالات تسمم جماعية واسعة النطاق فى باكستان عام ١٩٦٩ ، وفى جواتيمالا أعوام ١٩٦٣ ، ١٩٦٤ ، ١٩٦٥ ، وفى العراق فى أعوام ١٩٥٦ ، ١٩٦٠ ، وكانت أسوأها عام ١٩٧٢ . كانت حالات التسمم بين الفلاحين فى العراق عام ١٩٥٦ تقدر بالآلاف ، وفى عام ١٩٦٠ قدرت حالات التسمم بحوالى ١٠٠٠ ، وكان المركب المستخدم فى معاملة التقاوى فى كلتا

الحالتين مركب إيثيل الزئبق . أما التسمم الجماعي الذي حدث عام ١٩٧٢ فى العراق، يعتبر أكبر كارثة تاريخية من نوعها ، حيث بلغ عدد حالات التسمم ٦٠٠٠ وكان عدد الوفيات ٥٠٠ .

وعموماً فإن الأغذية تحتوى على نسب ضئيلة جداً من الزئبق (فى صورة ميثيل الزئبق) ، وتقل عادة عن ١٠ جزء فى البليون ، وتصل هذه النسبة فى الأسماك التى تعيش فى مياه غير ملوثة من ١٠٠ - ٢٠٠ جزء فى البليون ، تزيد نسبة الزئبق فى الأسماك بزيادة تلوث المياه ، وقد تصل هذه النسبة إلى أكثر من ١٠٠٠ جزء فى البليون، وقد وصلت هذه النسبة فى اليابان فى بعض الأسماك من ٥٠٠ إلى ٢٠٠٠٠ جزء فى البليون. يوضح جدول (٨-٨) محتوى بعض الأغذية من الزئبق فى دول مختلفة من العالم .

جدول (٨-٨) : محتوى بعض الأغذية من الزئبق فى بعض الدول .

الغذاء	الدولة	جزء فى المليون (ppm)
أسماك الهادوك haddock	الولايات المتحدة	٠,٠٢٣ - ٠,٠١٧
أسماك الرنجة herring	بلاد البلطيق	٠,٠٤١ - ٠,٠٢٦
تفاح	المملكة المتحدة	٠,١٢ - ٠,٠٢
تفاح	نيوزيلندا	٠,١٣٥ - ٠,٠١١
كمثرى	أستراليا	٠,٢٦ - ٠,٠٤
طماطم	المملكة المتحدة	٠,١١ - ٠,٠١٢
بطاطس	المملكة المتحدة	٠,٠٣٢ - ٠,٠٠٥
قمح	السويد	٠,٠١٢ - ٠,٠٠٨
أرز	اليابان	١,٠ - ٠,٢٢٧
أرز	المملكة المتحدة (مستورد)	٠,٠١٥ - ٠,٠٠٥
جزر	الولايات المتحدة	٠,٠٢٠
خبز أبيض	الولايات المتحدة	٠,٠٠٨ - ٠,٠٠٤
لبن كامل	الولايات المتحدة	٠,٠١ - ٠,٠٠٣
بيرة	الولايات المتحدة	٠,٠٠٤
أسماك البلطى	جمهورية مصر العربية	٨,٥٩ - ٠,٢٩
أسماك البياض	جمهورية مصر العربية	٤,٧٤ - ١,٠٢

تحتوى الأسماك الكبيرة مثل التونة والماكريل ، على نسبة أعلى من الزئبق عن الأسماك الصغيرة ، مثل السردين ويرجع ذلك إلى طبيعتها المفترسة (للأسماك الأخرى) . ويمكن أن تصل هذه النسبة إلى ٣٠٠٠ ضعف لما هو موجود فى المياه . كما تحتوى الحيوانات البحرية (الجمبرى والأصداف) على تركيزات عالية أيضاً ، بسبب طول فترة حياتها بالمقارنة بالأسماك .

لا يوجد إختلاف فى نسبة الزئبق فى أسماك البحار (المياه المالحة) وأسماك الأنهار (المياه العذبة) ، حيث يرجع الاختلاف فقط إلى درجة تلوث المياه بمخلفات الصناعات الكيماوية التى تحتوى على زئبق . وقد أظهرت النتائج المتحصل عليها من الدراسة المسحية ، التى أجريت بكلية الزراعة جامعة عين شمس فى عام ١٩٩٥ ، على تقدير ملوثات بعض المعادن الثقيلة فى مياه وأسماك (البلطى والبياض) نهر النيل ، فى نطاق القاهرة الكبرى ، أن تركيز عنصر الزئبق فى مياه نهر النيل (جدول ٥-٨) يتراوح بين ٣,٣٩ - ٣,٥٨ جزء فى البليون ، حيث كان التركيز الأقصى فى محطة إمبابة والتركيز الأدنى فى محطة المعادى . كما وجد أن تركيز عنصر الزئبق فى أسماك البلطى (جدول ٦-٨) يتراوح بين ٠,٢٩ جزء فى البليون (فى منطقة إمبابه) إلى ٨,٥٩ جزء فى البليون (فى منطقة التحرير) ، بمتوسط قدره ٢,٧٦ جزء فى البليون ، بينما كان تركيز عنصر الزئبق فى أسماك البياض يتراوح بين ٢,٧٦ جزء فى البليون (منطقة شبرا الخيمة) و ٤,٧٤ جزء فى البليون (منطقة التحرير) ، بمتوسط قدره ٣,١٢ جزء فى البليون . وتقوم الأسماك بتجميع وتخزين الزئبق فى صورة ثنائى فينيل الزئبق ، الذى يرتبط ببروتينات هذه الأسماك ، بواسطة إحدى ذرات الكبريت . قد ينخفض محتوى المواد الغذائية من الزئبق ، نتيجة تطايره بواسطة المعاملات الحرارية . يوضح الجدول (٩-٨) التغيرات التى تحدث فى محتوى الزئبق فى السمك نتيجة عمليات الإعداد المختلفة .

جدول (٩-٨) : تأثير المعاملات المختلفة على محتوى الزئبق فى السمك .

نوع السمك		المعاملة		محتوى الزئبق (ميكروجرام/جرام)	
				عينات خام	عينات معاملة
الأنشوجة		قلي (تحمير)		٠,٢٠٠	٠,١١٧
				٠,٢٠٠	٠,١٣٠
سردين تونة		تخمير	تخليل فى الخل	٠,٣١٠	٠,١٠٧
				٠,٣٨	٠,٢٩٠
		قلي (تحمير)	طهى مع طماطم	٠,٣٨	٠,٢٦٠

وتقترح منظمة الصحة العالمية WHO، الحد الأقصى المسموح به من الزئبق فى الأسماك ٥٠٠ جزء فى البليون (٠,٥ جزء فى المليون) ، وتحدد القوانين الغذائية فى معظم دوال العالم نفس التركيز فى الأسماك (كما فى الولايات المتحدة وسويسرا) ، ولكن فى ألمانيا تصل إلى ١٠٠٠ جزء فى البليون ، بشرط ألا تزيد نسبة ميثيل الزئبق بالنسبة لأجمالى مركبات الزئبق عن ٦٥٪ .

قد تحتوى الحيوانات مثل الدواجن ، التى تتغذى على مساحيق الأسماك ، على نسب أعلى من الزئبق ، إذا أحتوت هذه المساحيق على نسب عالية من الزئبق . لذا قد تحتوى لحوم الدواجن وكذلك لحم الخنزير على نسب أعلى من الزئبق ، بالمقارنة بلحم البقر ، كما قد يحتوى اللبن على الزئبق ، نتيجة لتغذية الماشية على حبوب عوملت بمبيدات فطرية ، تحتوى على الزئبق . تركيز الزئبق فى حيوانات المزرعة أقل كثيراً عن الحيوانات المائية ، حيث تحتوى عضلات الماشية على ٠,٠١ - ٠,٠٤ ملليجيم/ كجم . وقد أوصت WHO/FAO أن الحد الأقصى المسموح به أسبوعياً من الزئبق لا يتجاوز ٠,٣ ملليجيم للفرد أو ٠,٠٠٥ ملليجيم/ كجم من وزن الجسم . وقد وجد من الدراسات التى أجريت على الأغذية ، أن الإحتياجات الغذائية الفعلية اليومية من الزئبق أقل كثيراً من الحد الأقصى المسموح به ، يأتى الجزء الرئيسى من الإحتياجات الغذائية من الزئبق من تناول الأسماك ، حيث تساهم بحوالى ٨٤ - ١٠٠٪ .

التأثير السام :

تظهر أعراض التسمم بعد فترة تختلف من عدة أسابيع إلى عدة أشهر ، ويعتمد ذلك على مقاومة الأشخاص وكمية السم المتناول وفترة تعرضهم لمركبات الزئبق . عادة يكون الجسم غير قادر على التخلص من مركبات الزئبق عن طريق البول أو البراز إلا بنسبة ضئيلة جداً ، ولذلك تتراكم هذه المركبات فى الجسم ، حتى تصل إلى درجة تظهر بعدها أعراض التسمم . وقد قدرت هذه الكمية بحوالى ٢٥ - ٤٠ ملليجيم/ للفرد (متوسط وزنه ٥١ كجم) . وفى الدراسات التى تمت فى العراق عن كمية الزئبق المميتة للإنسان ، وذلك عن طريق تقدير الكمية فى أنسجة الإنسان بعد موته ، ووجد أن تلك الكمية كانت ١٥ جزء فى المليون فى الدم ، ٨ - ٩ جزء فى المليون فى أنسجة الكلى.

الزئبق ومركباته له تأثير سام على الكلى والمخ والعصب الشوكي ، كما يسبب تشوهات خلقية فى الأجنة . تسبب مركبات الزئبق المعدنية (غير العضوية) أضراراً للكلى ، بينما تسبب مركبات الزئبق العضوية تسمم الجهاز العصبى . التسمم الحاد بأملاح الزئبق المعدنية يسبب فشل كلوى renal failure . التسمم الشديد نتيجة ميثيل الزئبق ، يؤدي إلى فقد الحساسية على الجلد مع عدم تناسق الحركة ، فقد السمع والبصر وغيوبة ثم الموت .

تمثل أعراض التسمم بالزئبق فى الاضطراب العصبى ، فقدان الذاكرة ، فقدان التوازن ، خلل فى النطق ، ضعف الرؤية والسمع ، شلل عضلات الأطراف وتلف المراكز العصبية . وفى الحالات الشديدة ، يحدث تدمير للخلايا العصبية فى المخ ، الذى يحوى مراكز الإتران مع حدوث تشنجات ، شلل وغيوبة ثم الموت . وقد وجد أن حالات الوفاة بين الحوامل أعلى ، كما أن الزئبق يستطيع إحتراق الأنسجة الواقعة للجنين فى بطن الأم ، والوصول إلى الجنين وإحداث تلف فى المخ .

فى بعض حالات التسمم يحدث شفاء تدريجى بعد مرور ٢ - ٣ أشهر من إنقطاع التعرض لمركبات الزئبق ، مع تناول المريض بعض المركبات التى تتحد مع مركبات الزئبق وتبطل تأثيره ، خاصة إذا أعطيت مبكراً وقبل بدء الزئبق مفعوله .

٤- معادن أخرى :

أ- الزرنيخ :

الزرنيخ Arsenic معدن وحيد التكافؤ monometallic element ، مماثل فى صفاته الكيماوية للفوسفور . تصل مركبات الزرنيخ إلى المياه من المبيدات الحشرية ، أو من التسرب من المصانع ، وهو من المركبات الشديدة السمية على الحيوانات ، ويسبب سرطان الكبد والرئة ، وقد يؤدي إلى الموت السريع . يختلف تأثير وسمية مركبات الزرنيخ ، على الصورة الكيماوية التى يوجد عليها ، حيث ينخفض درجة سمية مركبات الزرنيخ على النحو التالى : الزرنيخ ، الزرنيخيت arsenites ، الزرنيخات arsenates ، مركبات الزرنيخ العضوية organoarsenicals (مثل arsenobetaine, methylarsonic acid, cacodylic acid) . تقدر WHO/FAO الحدود القصوى المسموح بها يومياً بما لا يتجاوز ٠,٠٠٢ ملليجرام /كجم من وزن الجسم ، أى حوالى ميكروجرام للفرد البالغ . تركيزات الزرنيخ المرتفعة فى الأغذية ، تكون موجودة فى

السّمك والأصداف (تحتوى الرنجه herring على ٠,٨ - ١,٤٣ ، سمك القد code يحتوى على ٠,٦ - ٧,٢٩ ، الجمبرى يحتوى على ٣,٢ - ٢٥,٧ ، الأستاكوزا lobster تحتوى ١,٥ - ١٢٢ ملليجم/ كجم) . توجد معظم الزرنيخ فى الأغذية فى صورة مركبات عضوية منخفضة السمية .

تتأثر مستويات الزرنيخ فى الخضراوات والبطاطس بدرجة كبيرة بعمليات الأعداد والتحضير المختلفة للأغذية فى المطبخ . يؤدى التقشير ، التنظيف والغليان إلى فقد كبير فى الزرنيخ فى الغذاء النهائى (يصل الانخفاض إلى ٧٠٪ فى الخضراوات ، بينما يتخلص البطاطس من الزرنيخ بصورة كاملة تقريباً) . تحدث مركبات الزرنيخ تأثيرها السام بعد امتصاصها فى الجسم خلال القناة الهضمية أو الجلد . تختلف الجرعة المميتة من الزرنيخ عن طريق الفم ، طبقاً لنوع المركب ونوع الحيوان ، وعموماً فهى تتراوح بين ٥ - ١٠٠ ملليجم/ كجم . يرتبط أسلوب التأثير السام لمركبات الزرنيخ بثلاثة عوامل :

١- تعتبر مركبات الزرنيخ من مثبطات تكوين الطاقة ، حيث تمنع فسفرة ADP (adenosine diphosphate)، وتحويله إلى ATP (adenosine triphosphate)، حيث يتم تجميع الطاقة اللازمة للعمليات الحيوية المختلفة داخل الجسم ، أى يؤدى إلى منع الحصول على الطاقة .

٢- ترتبط مركبات الزرنيخ بالأنزيمات المختلفة الهامة ، التى بها مجموعات SH وتعمل على تثبيطها مثل α -glycero ، lactic acid dehydrogenase ، cytochrome oxidase ، phosphate dehydrogenase ، وجميعها حساسة لمركبات الزرنيخ

٣- قد تسبب مركبات الزرنيخ ، عند التركيزات المرتفعة ، ترسيب كلى للبروتين.

تبدأ أعراض التسمم الحاد للزرنيخ عن طريق الفم ، بآلام شديدة فى المعدة ، يتبعها قي مستمر وإسهال وتبول دموى ، ثم برودة فى الجلد ، شحوب فى اللون، وهبوط فى التنفس وعطش شديد ، تحدث غيبوبة والوفاة خلال أيام .

ب- الألومنيوم :

كان الألومنيوم يعتبر منذ فترة طويلة من المعادن الأساسية وغير سام . يتركز التسمم بالألومنيوم فى الإنسان ، فى الهيكل العظمى skeletal ، والجهاز الدورى

والجهاز العصبي . يمثل الألمونيوم ٨٪ من القشرة الأرضية *earth's crust* ، ويعتبر من المعادن السامة التي توجد طبيعياً في الأغذية .

تحتوى المواد الغذائية الحيوانية ، ما عدا الكبد ، الكلى والمخ ، على آثار فقط من الألمونيوم . من ناحية أخرى فإن بعض الأعشاب ، التوابل وأوراق الشاي غنية جداً في الألمونيوم (مئات ملليجرام/ كجم) . من أهم مصادر الألمونيوم في الغذاء ، الحبوب الغذائية، حيث تحتوى على ٢ إلى ٥٠ ملليجرام من الألمونيوم / كجم. وقد وجد أن محتوى اللبن من الألمونيوم ، يتراوح بين ٠,٢٤ - ١,٠٢ ، بمتوسط قدره ٠,٧٤٩ جزء في المليون . تبلغ الإحتياجات الغذائية اليومية من الألمونيوم للبالغين ، فى الولايات المتحدة الأمريكية ، ١٤ ملليجرام .

ج- الثاليوم :

الثاليوم *Thallium* من المعادن النادرة والسامة ، حيث تسبب تسمم القناة الهضمية والجهاز العصبي المركزى . بعض أنواع من عيش الغراب ، الكرنب ، الفجل والشلجيم تحتوى بصفة منتظمة على كميات أكبر من الثاليوم مقارنة بالمحاصيل الأخرى. يتركز الثاليوم الموجود فى العليقة فى أنسجة عضلات الحيوانات ، الكبد و الكلى . وعموماً فإن التركيز الطبيعى للثاليوم فى الأغذية منخفض جداً (مستويات تصل إلى ميكروجرام/كجم) . الإحتياجات الغذائية اليومية من الثاليوم فى المملكة المتحدة تقدر بحوالى ٥ ميكروجرام .

د- السلينيوم :

ينتمى السلينيوم *Selenium* إلى كل من العناصر النادرة والسامة ، إذا وجد فى الأغذية بتركيزات مرتفعة . الإحتياجات الغذائية الموصى بها من السلينيوم للذكور البالغين والإناث البالغات تبلغ ٧٠ و ٥٥ ميكروجرام / اليوم ، على التوالى . ترجع الأهمية الحيوية للسلينيوم إلى حقيقة أنه مكون أساسى فى أنزيم *glutathione peroxidase* ، الذى يحمى الأنسجة من أضرار الأكسدة . كما أن السلينيوم يقلل من التأثير السام للمعادن الثقيلة ، مثل الزئبق والكادميوم ويحسن من التأثير البيولوجى لفيتامين E .

بعض أنواع من النباتات تعمل على تجميع كميات محسوسة من السلينيوم من التربة، معظمها فى صورة مشابهات أو نظائر السلينيوم من الأحماض الأمينية المحتوية

على كبريت . التأثير السام للسلينيوم معروف فى الحيوانات ، (أساساً فى حيوانات المزرعة)، المستهلكة للنباتات المحتوية على السلينيوم **seleniferous plants** . يحدث التسمم بالسلينيوم فقط فى المناطق ، التى تحتوى فيها التربة والنباتات على مستويات مرتفعة من السلينيوم . مثال تسمم السلينيوم فى الحيوانات ، هو المرض القلوى **alkali disease** والدوار الأعمى **blind staggers** .

يعتمد تركيز السلينيوم فى الأغذية بدرجة كبيرة على مصدر الأغذية ، أساساً مناطق الإنتاج الزراعى (مثلاً فى الولايات المتحدة الأمريكية هناك فروق واضحة فى محتوى الأغذية من السلينيوم طبقاً لمناطق الإنتاج) .

وقد تم دراسة التغيرات فى محتوى السلينيوم فى الأغذية نتيجة عملية الطهى ، حيث وجد أن السلينيوم يميل إلى الفقد الجزئى أثناء المعاملات الحرارية ، نتيجة تطاير بعض مكونات السلينيوم . بعض العمليات التصنيعية ، مثل التحفيف والغليان وغيره ، تؤثر على محتوى السلينيوم فى بعض الأغذية ، حيث وجد أن المصادر الرئيسية للسلينيوم فى الوجبات الغذائية (اللحم ، الأسماك ، البيض ومنتجات الحبوب) لا تفقد السلينيوم بدرجة كبيرة فى الطهى . تفقد الخضراوات فقط ، مثل الأسبرجس وعيش الغراب ، السلينيوم بدرجة كبيرة أثناء الطهى .

وقد أشارت الدراسات الحديثة ، التى أجريت فى مركز السرطان بولاية أريزونا بالولايات المتحدة الأمريكية ، أن السلينيوم يخفض نسبة الإصابة بسرطان الجلد فى الحيوان ، كما أن له تأثيراً إيجابياً فى خفض نسبة السرطان الأخرى ، مثل سرطان البروستاتا والقولون والرئة . وقد أظهرت الدراسات الجغرافية فى ١٩٨٥ أن الإصابة بسرطان الجلد ترتفع بنسبة ١٠٪ بين سكان المناطق التى تفتقر تربتها للسلينيوم ، كما أنهت دراسة مماثلة أجريت عام ١٩٩٥ إلى نفس النتائج ، حيث تضمنت الدراسة ٦٢ ألف سيدة من العاملات فى مجال التمريض .

وقد أشارت الأبحاث إلى أن أهم وظائف السلينيوم أنه يعمل كمضاد لأكسدة الخلايا ، فيمنع تلفها المسبب للسرطان وأمراض أخرى ، كما أنه ينشط الجهاز المناعى وزيادة فاعلية التمثيل الغذائى ، بالإضافة إلى تأثيره على الحالة المزاجية والمعنوية للإنسان وفائدته فى زيادة النشاط والطاقة .

الجرعة التى يجب أن يتناولها الإنسان ليتمكن الجسم من القيام بوظائفه الطبيعية، يجب ألا تقل عن ٤٠ ميكروجراماً يومياً ، طبقاً لنتائج الأبحاث التى أجرتها وزارة

الزراعة الأمريكية فى منطقة تفتقر تربتها للسلينيوم . وكما سبق الإشارة أن المرأة تحتاج يومياً إلى ٥٥ ميكروجرام سلينيوم ، ويحتاج الرجل ٧٠ ميكروجرام يومياً ، فإن الغذاء اليومى قد يحتوى على هذه النسبة ، نظراً لتنوع مصادر هذا المعدن الهام ، حيث يوجد فى الأسماك والحبوب والكبد والمكسرات (النقل) . وقد وجد أن أعلى جرعة يمكن تناولها ، دون أن ينجم عنها أضراراً ، ٢٠٠ ميكروجرام يومياً . زيادة الجرعة عن ذلك يسبب طفح جلدى ، أو قد يودى إلى تقصف الأطراف وأطراف الشعر ، كما يمكن أن يسبب إضطراباً فى المعدة أو شعوراً بالإجهاد . أما الجرعات العاليه من السلينيوم (١٠٠٠ ميكروجرام) فقد تسبب تلفاً للكبد ومشاكل فى القلب .

ومن الأمور الجديرة بالذكر ، أن بعض الباحثين قد أشار إلى أن الأبحاث التى أجريت على السلينيوم لم تصل إلى نتائج مؤكدة ويمكن إعتبارها توصيات عامة ، لكن لن يضار هؤلاء الذين يعانون من السرطانات من تناوله مع ضرورة متابعة العلاج والإشراف الطبى.

التسمم بالمبيدات Pesticides intoxication

مقدمة :

تسبب الآفات خسائر للمحاصيل والمنتجات الزراعيه ، ففى مصر مثلاً تقضى الآفات الحشرية والحيوانيه وأمراض النبات على حوالى ٢٠٪ من الإنتاج الزراعى فى الحقل ، وعلى نحو ١٠٪ من المخزون الغذائى ، هذا بالإضافة إلى الأضرار البالغة التى تسببها بعض الآفات على الصحة العامة للإنسان والحيوان . وقد لعبت المبيدات ، وما زالت تلعب ، دوراً هاماً فى زيادة الإنتاج الزراعى من محاصيل الغذاء والألياف .

وقد أظهرت الدراسات الإحصائية فى عام ١٩٨٨ ، أن حجم السوق الكلى فى العالم من المبيدات يزيد عن عشرين مليار دولار أمريكى . كما أشارت الإحصائيات ، فى المؤتمر الدولى للآثار البيئية والصحية للمبيدات فى العالم الثالث ، والذى نظمته كلية طب القصر العينى فى ديسمبر ١٩٨٩ ، إلى أن ٦٢٠ ألف طن من المبيدات دخلت البيئة المصرية خلال الثلاثين عاماً الماضية ، تسببت فى ارتفاع حالات الإصابة بالفشل الكلوى والكبدى وزيادة نسبة الإصابة بأمراض السرطانية ، وذلك كنتيجة مباشرة للزيادة الهائلة لدرجة تلوث التربة والمنتجات الزراعيه والمياه والأسماك .

وتعتبر الآثار السلبية الخطيرة للمبيدات على صحة الإنسان والحيوان من أهم الأخطار البيئية ، حيث أشارت التقارير إلى أن هناك فى العالم نحو مليونى حالة تسمم تحدث سنوياً ، منها حوالى ٤٠ ألف حالة وفاة بسبب المبيدات ، وهذا يعنى أن كل ١٣ دقيقة يموت شخص واحد .

تعانى معظم الدول من مشاكل التلوث الغذائى بمتبقيات المبيدات والتأثيرات البيئية الضارة الناجمة عن الإسراف فى استخدام المبيدات فى مكافحة الآفات . ولاشك أن التأثيرات الضارة الناجمة عن التلوث البيئى من أخطر تحديات العصر ، وخاصة فى مجال تلوث الأغذية والمنتجات الزراعية ، ومع التزايد السكانى المستمر ، فإن الحاجة تتزايد لتوفير الأطعمة النظيفة الصحية بأسعار مناسبة . بالرغم من أن مبيدات الآفات تعتبر أحد الملوثات الهامة للأغذية ، إلا أن مستويات متبقياتها بالسلع المتداولة فى الأسواق غير معروفه بالدقة الكافية . وبصفة عامة فإن الجهود المشتركة لمنظمات دولية تهدف لحماية صحة المستهلك وإقرار الحدود القصوى لمتبقيات المبيدات (maximum residue limits - "MRL") فى الأغذية والأعلاف الحيوانية (مليجيم /كجم) ، مما يساعد فى التأكد من استخدام أقل كمية من المبيد فى التطبيق على الغذاء بما يتفق مع الإحتياجات الحقيقية لمكافحة الآفات . ومن أهم هذه التنظيمات فى هذا المجال ، لجنة دستور متبقيات المبيدات المشتركة من منظمة الأغذية والزراعة FAO ، ومنظمة الصحة العالمية WHO وتعرف بـ The joint FAO /WHO codex committee on pesticide residues (JMPR) ، ولجنة دستور متبقيات المبيدات codex committee on pesticide residues (CCPR)

تلوث المحاصيل الغذائية أو أعلاف الحيوان بالمبيدات ، بطريقة مباشرة أو غير مباشرة ، حيث يصل المبيد إلى هذه المنتجات نتيجة المعاملة المباشرة للنباتات فى الحقول بالمبيدات ، من خلال برامج مكافحة الآفات أو عن طريق إمتصاص النباتات للمبيدات من التربة الملوثة . وقد تصل المبيدات إلى هذه المنتجات بطريقة غير مباشرة عن طريق الهواء من خلال الجزيئات المنتشرة من الرش أو التعقير أو التدخين من الحقول المجاورة . كمية المبيدات فى الهواء لا تسبب إضراراً خطيرة للإنسان عند الإستنشاق ، نظراً لضآلتها حيث لا تمثل أكثر من ٢ - ٥ ٪ من كمية المبيدات التى تؤخذ مع الغذاء . متبقيات المبيدات فى الغذاء قد تحدث ضرراً حاداً للإنسان ، عند تناوله الطعام الملوث بها ، بعد فترة قصيرة من المعاملة قد تصل إلى عدة ساعات أو يوم . وقد يحدث ضرراً

على المدى الطويل ، خاصة مع مخلفات المبيدات الثابتة والتي تتراكم فى النباتات والحيوانات ، وخاصة عند تناول هذه المنتجات دون مراعاة التعليمات الخاصة بفترة الأمان من المعاملة وحتى التناول . حينما تعامل المحاصيل الغذائية بمبيدات الآفات ، تتحلل هذه المبيدات بوسائل كيميائية وحيوية ، بمعدلات مختلفة طبقاً لطبيعة المبيد والمادة الغذائية . وهناك كثير من المبيدات تختفى متبقياتها بسرعة خلال عدة ساعات أو أيام بعد المعاملة ، ثم يبدأ معدل فقد المبيد فى البطء بعد ذلك .

وعموماً عند استخدام مبيد كيميائى على محصول غذائى ، يجب معرفة حدود أمان متبقياته على هذا المحصول ، بحيث لا يسمح بتسويقه إلا إذا كانت المتبقيات فى الحدود المسموح بها ، لذا يتم التقدير الكلى لمتبقيات المبيد أو نواتج تمثيله فى المحصول الغذائى المعامل ، وكذا فى اللحم واللبن حتى يمكن فى النهاية معرفه الجرعة اليومية المقبولة (acceptable daily intake (ADI) ، وهى التى يمكن لجسم الإنسان قبولها يومياً خلال حياته دون ظهور أى أضرار صحية ، ويعبر عنها بالملليجرام/ كجم من وزن الجسم.

المبيدات pesticides عبارة عن مركب كيميائى ، أو مخلوط من عدة مركبات كيميائية ، تستخدم لمنع ، أو طرد أو السيطرة على الآفة (الحشرات ، النباتات والحيوانات غير المرغوبة). عادة تكون المبيدات مركبات عضوية ، وقد تكون غير عضوية ، كما يمكن أن يتم تحضيرها معملياً وبعضها ينتج طبيعياً (مركبات حيوية) بواسطة النبات نفسه .

تشمل مبيدات الآفات ، مبيدات حشرية insecticides ، مبيدات فطرية fungicides ، مبيدات حشائش (عشبية) herbicides ، مبيدات أخرى مثل مبيدات القوارض . كما توجد مجموعة مركبات أخرى من المبيدات من أصل نباتى botanical insecticides ، مثل البيرثرينات pyrethrins ، وتعتبر من أكثر المبيدات سلامة على الحيوان ، حيث لم تحدث حالة تسمم نتيجة تعاطى هذه المبيدات عن طريق الخطأ ، ويرجع ذلك إلى هدم المبيد فى أنسجة الحيوان ، وليس له تأثير مزمن . ومن هنا تظهر أهمية هذه المركبات فى رش الحشرات المنزلية ، أو معاملة الحبوب المخزونة والخضر وثمار الفاكهة . وسوف نتعرض فى هذا الفصل لأهم المبيدات الشائعة كملوثات للأغذية النباتية والحيوانية والأضرار الناجمة عنها .

١- المبيدات الكلورونية العضوية **Organchlorines** :

تشمل هذه المجموعة مبيدات DDT ومشتقاته DDE، TDE ، ديلدرين dieldrin ، كلوردين chlordane ، سادس كلوريد البنزين benzenhexa chloride(BHC)، الدرين aldrin ، اندرين endrin ، هبتا كلور heptachlor ، ليندين lindane وتوكسافين toxaphene . أهم هذه المبيدات DDT (dichloro diphenyl trichloroethane)، حيث كان يعتبر عند بداية إنتاجه مبيد كامل perfect ، نظراً لفاعليته على عديد من الآفات ، كما كان يعتقد إنه آمن بالنسبة للإنسان والحيوانات ذات الدماء الدافئة ، كما يقضى على الحشرات الناقلة للأمراض . ولا يوجد مركب كيميائى من صنع الإنسان ساهم فى إنقاذ كثير من الأرواح مثل DDT . تتميز هذه المبيدات بأنها ثابتة وتواجد فى البيئة لفترات طويلة ، كما أنها قابلة للذوبان فى الدهون وبذلك تتراكم فى الأنسجة الدهنية .

بينما الدراسات على الفئران rats والفئران الصغيرة mouse ، تدل على أن DDT يسبب سرطان الكبد ، فإن نتائج الدراسات على الكلاب والقرود غير حاسمة ، وفى الإنسان وقرود Hamster لم تحدث سرطانات نتيجة متبقيات DDT فى الأغذية. يتم تمثيل DDT فى القوارض ، باتباع مسار مختلف عن الموجود فى الثدييات الأخرى ، كما أن قدرة DDT على أحداث السرطان تختلف بين الأنواع المختلفة من حيوانات التجارب . وقد أعزت وكالة حماية البيئة الأمريكية EPA ١٥٣,٠٠٠ حالة سرطان كبد فى الإنسان إلى التعرض لمبيدات مسرطنة للكبد ، DDT و dieldrin ، وكذلك الأفلاتوكسينات . وتوجد فى الولايات المتحدة أكثر من ٨٠٠٠ حالة سرطان كبد سنوياً من جميع مصادر التعرض .

المبيدات العضوية الكلورونية قابلة للذوبان فى اللبيدات و على درجة عالية من الثبات ، حيث يمكن أن تتواجد فى التربة لمدة تتراوح من عدة أشهر إلى عدة سنوات ، خاصة عندما تستخدم بجرعات مرتفعة فى التربة الطينية أو التربة الغنية بالمواد العضوية. كما يمكن أن تتراكم فى النباتات فى الأجزاء القابلة للإستهلاك edible ، خاصة المحاصيل الجذرية ، وتتراكم فى دهون الحيوان والإنسان .

تصل هذه المبيدات إلى الأنهار ، البحيرات والمحارى المائية ، من خلال الصرف الزراعى ، بالرغم من عدم القابلية العالية لهذه المبيدات للذوبان فى الماء ، فإن هذه المبيدات تستطيع أن ترتبط مع المواد العالقة أو الرواسب . فى بعض المناطق التى لا

تتوفر فيها مياه سطحية ، فإن المياه الجوفية تكون أكثر عرضة للتلوث ، حيث يتجاوز فيها مستوى المبيدات التركيزات الموصى بها في مياه الشرب . وبالرغم من هذه التركيزات المرتفعة ، فإنه لا يوجد تأثيرات صحية معاكسة في هذه المناطق ، وقد يعزى ذلك إلى معامل الآمان المستخدم (١٠٠) في تحديد التركيزات الموصى بها .

سمية المبيدات الكلورونية العضوية :

يتم التعرف على الأضرار الناجمة عن التأثير السام للمبيدات على الإنسان من خلال التعرض الوظيفي للتلوث ، الذى قد يحدث للمتفاعلين مباشرة مع المبيدات في مجال التصنيع ، التداول ، التوزيع والإستخدام ، أو الذين تعرضوا للتلوث بالمبيدات عرضاً *accidental* . يحدث إصابة الإنسان بالأضرار المباشرة ، نتيجة إمتصاص المبيدات عن طريق الإستنشاق ، أو الجهاز الهضمي عن طريق الفم ، أو من خلال الجلد ، وهذه الطرق الثلاثة من الممكن حدوثها مجتمعة عند العاملين في مجال المبيدات . تختلف درجة التسمم الناجمة عن التعرض للتلوث بالمبيدات ، طبقاً لطريقة التعرض للمبيد ونوعه ومدة التعرض له ، مع أخذ شدة تركيزه في الاعتبار .

وقد اشارت نتائج الدراسات التى أجريت على عمال مصانع إنتاج DDT ورشاشات DDT sprayers ، إلى عدم ظهور تأثير معاكسة على صحة هؤلاء العاملين ، بينما أشار تقرير واحد حديثاً ، على وجود علاقة بين DDT (وغيره من المبيدات) وسرطان البنكرياس ، نتيجة التعرض لهذه المبيدات من خلال التصنيع .

المبيدات الكلورونية العضوية ، على عكس المبيدات الفوسفورية العضوية ، تمتص بدرجة ضعيفة من خلال الجلد ، الأمر الذى يجعل DDT أكثر أماناً ، بالرغم من حالات التسمم التى سجلت نتيجة الإهمال ، وعدم أخذ الاحتياطات الكافية في التداول ، والخطأ في الإستخدام في الدول التى يستخدم فيها DDT بصفة منتظمة لمكافحة الأمراض مثل الملاريا ، حيث وجد أن مستويات الجرعة المتناولة intake المستخدمة أقل من الجرعة المقبولة يومياً ADI .

وقد وجد أن ٩٠ متطوعاً تناولوا جرعات عالية من DDT (٣٥ ملليجرام/ اليوم) ، أى ما يعادل ٢٠٠ ضعف الجرعة التقليدية ، ولكن تعادل ١/٥ الجرعة التى تسبب حالات مرضية متوسطة في الحيوانات ، لمدة أكثر من عامين ، لم يظهر عليهم أى تأثيرات معاكسة (أضرار صحية) .

يسبب DDT عند المستويات السامة ، التي تتناول عرضاً ، التهابات ، زغللة ، عدم توازن ، أورام وتشنجات . وتظهر هذه الأعراض بعد عدة ساعات من التعرض . المبيدات الكلورونية العضوية الأخرى ، ديلدرين ، أندرين وألدرين ، تكون أكثر سمية من DDT . هناك بعض التقارير عن التلوث العرضي للدقيق ، تشير إلى حدوث تشنجات والوفاة لبعض الأفراد ، الذين استخدموا هذا الدقيق . ويعتقد أن هذه المبيدات من المواد المسرطنة **carcinogenic** ، لذلك فإن معظم هذه المبيدات لا تستخدم في كثير من الدول الصناعية ، ولكن قد توجد في الأغذية المستوردة إلى هذه الدول بطريقة غير قانونية ، من دول العالم الثالث ، حيث ما زال استخدام هذه المبيدات مسموح به .

المبيدات الكلورونية الأخرى ، وتشمل الكلوردين ، والأنواع المرتبطة بالهبتاكلور ، قد تم تحريم استخدامها في الولايات المتحدة على المحاصيل الغذائية . يصيب التسمم الحاد لهذه المبيدات الجهاز العصبي المركزي والكبد . يسبب التسمم المزمن مشاكل في تخليق خلايا الدم الحمراء **hematopoieses** في الأفراد ، قد تؤدي إلى زرقة البشرة **cyanosis** ، نتيجة نقص الأكسجين في الدم . يعتقد أن الكلوردين من المواد المسرطنة في الإنسان ، وقد تم منع استخدامه في الولايات المتحدة في صيف ١٩٨٧ ، بالرغم من إنه من المبيدات الأكثر فاعلية في مقاومة النمل الأبيض **termites** .

الليندين **lindane** من أكثر هذه المبيدات سمية ، يحظر استخدامه في الولايات المتحدة ، ولكن يستخدم في دول العالم الثالث ، ويعتقد إنه من المواد المسرطنة .

بعض المبيدات الكلورونية العضوية عند جرعات مرتفعة ، تسبب تأثيرات معاكسة على الخصوبة **fertility** . وقد وجد أن زوجات العاملين في مصنع مبيد **dibromo chloropropane** لا يقرن على الأنجاب ، حيث وجد أن عدد الحيوانات المنوية منخفضة في العاملين من الذكور ، بينما لم يظهر أى تأثير ضار على العاملين من الإناث . معدلات موت الأجنة وحدوث تشوهات خلقية في الأجنة كانت أعلى في العاملين المعرضين للكلوروفينول **chlorophenol** . كما وجد أن الكييون **kepone** والميركس **mirex** يسببان تشوهات خلقية في أجنة حيوانات التجارب . لوحظ في الفئران الحوامل **pregnant** اللاتي تناولن جرعات مرتفعة جداً من DDT ، انخفاض معدلات النمو وارتفاع معدلات الوفاة في المواليد .

وقد ذكرت الوكالة الدولية لبحوث السرطان فى الولايات المتحدة الأمريكية (IARC) International agency for research on cancer أن المبيدات الكلورونية العضوية : DDT ، أندرين ، توكسافين ، كيون ، هيتاكلور ، الدرين وديلدرين ، قد تكون مواد مسرطنة فى الإنسان *probably carcinogenic*. تسبب هذه المبيدات أوراماً سرطانية فى حيوانات التجارب ، عند جرعات تتجاوز كثيراً مستوى التبقيات فى الأغذية . مبيدات DDT تحدث تأثيراً مماثلاً فى جميع أنواع حيوانات المعمل . تسبب DDT سرطان الكبد فى الفئران ، ولا تسبب ذلك فى قروود Hamster أو الثدييات غير الآدمية. وقد أظهرت دراسات IARC الدلائل التى تؤكد أن هذه المركبات تسبب سرطانات فى الإنسان ، كما فشلت عدة دراسات فى إيجاد علاقة بين DDT وعدة أنواع مختلفة من السرطان ، أو فى إثبات أى علاقة بين إنتشار السرطان والمركبات الكلورونية العضوية . كما وجد أن معدل إنتشار السرطان بين العاملين فى مجال تصنيع الهبتاكلور ، لا يختلف عن المعدل العام (بالنسبة للعدد الكلى للسكان) . ومع ذلك فإن IARC توصى بأن النتائج المتحصل عليها للمواد المسرطنة على حيوانات التجارب ، يجب أن تأخذ فى الاعتبار بكل جدية وإلتزام ، بالنسبة لسلامة وصحة الإنسان ، إلى أن يتوفر دلائل مؤكدة تثبت أن طبيعة هذه المركبات غير مسرطنة فى الإنسان .

جدول (١٠-٨) : الحدود القصوى لتبقيات (MRLs) بعض المبيدات الكلورونية العضوية ، والحدود المقبولة اليومية (ADI) .

المبيد	MRLs (ملليجرام/ كجم) فى	البيض	اللحوم (١)	الألبان (١)	ADI (ملليجرام/ كجم من وزن الجسم)	
الدرين - ديلدرين aldrin - dieldrin	٠,١ - ٠,٠٢	٠,١	٠,٢	٠,٠٠٦	٠,٠٠١ (١٩٩٧) ^(٢)	
د.د.ت DDT	٠,٢ - ٠,١	٠,٥ - ٠,١	٥ - ١	٠,٠٥ - ٠,٠٢	٠,٠٢ (١٩٨٤)	
كلوردن chlordane	٠,٠٥ - ٠,٠٢	٠,٠٢	٠,٠٥	٠,٠٠٢	٠,٠٠٠٥ (١٩٨٦)	
اندرين endrin	٠,٠٥ - ٠,٠٢	٠,٢	٠,١	٠,٠٠٠٨	٠,٠٠٠٢ (١٩٧٠)	
هبتاكلور hetachlor	٠,٢ - ٠,٠١	٠,٠٥	٠,٢	٠,٠٠٠٦	٠,٠٠٠١ (١٩٩١)	
ليندين lindane	٣,٠ - ٠,٢	٠,١	٢,٠ - ٠,٧	٠,٠١	٠,٠٠٨ (١٩٨٩)	
إندوسلفان endosulfan	٢,٠ - ٠,١	-	٠,١	٠,٠٠٤	٠,٠٠٦ (١٩٨٩)	
ديفيكول dificol	٥,٠ - ٠,١	٠,٠٥	٠,٠٥	٠,٠٥	٠,٠٠٢ (١٩٩٢)	

(١) مقدرة فى دهون اللحوم أو الألبان (٢) سنة التقدير أو التأكد

جدول (١٠-٨) يوضح الحدود القصوى لمتبقيات بعض المبيدات الكلورونية العضوية فى الأغذية النباتية والحيوانية وكذلك الحدود الآمنة ، أى الحدود اليومية المقبولة ADI .

٢- المبيدات الفوسفورية العضوية Organophosphates :

تختلف المبيدات الفوسفورية العضوية من مبيدات شديدة السمية إلى مبيدات آمنة ، ويتوقف ذلك على التركيب الكيماوى للمبيد . هذه المبيدات أكثر سمية من DDT بحوالى ٢٠ - ٥٠ مرة . وقد نالت هذه المبيدات ، وخاصة الملاثيون malathion ، كثير من الأهتمام عندما أستخدمت فى الرش لمكافحة ذبابة البحر الأبيض المتوسط (ذبابة الفاكهة) melfly فى كاليفورنيا . هذه المبيدات واسعة الإنتشار ، وتحتوى على عدد كبير من المركبات ، تختلف فى صفاتها وبمحال إستخدامها فى الزراعة . ومن المبيدات الفوسفورية العضوية ، الديازينون diazinon ، الأثيون ethion ، الملاثيون melathion ، والبارثيون parathion وغيرها . تستطيع هذه المبيدات حماية المحاصيل من المن والحشرات ذات الأجسام الطرية ، خلال مراحل الزراعة المختلفة ، حتى قرب مرحلة الحصاد . يستخدم التدخين بالمبيدات الفوسفورية العضوية لمكافحة سوسة الحبوب ، مما يساعد على شحن وتخزين محاصيل الحبوب بدون تلف . جدول (١١-٨) يوضح الحدود القصوى لمتبقيات المبيدات فى الأغذية النباتية والحيوانية وكذلك الحدود المقبولة اليومية ADI .

جدول (١١-٨) : الحدود القصوى لمتبقيات (MRLs) بعض المبيدات الفوسفورية العضوية والحدود المقبولة اليومية (ADI) .

المبيد	MRLs (ملليجرام/كجم) فى		ADI (ملليجرام/كجم من وزن الجسم)
	الأغذية النباتية	الأغذية الحيوانية	
ملاثيون malathion	٨,٠ - ٠,٥	-	٠,٠٢ (١٩٩٦) (١)
باراثيون parathion	١,٠ - ٠,٥	-	٠,٠٠٥ (١٩٦٧)
ديازينون diazinon	٢,٠ - ٠,٠١	٠,٧ - ٠,٠٢	٠,٠٠٢ (١٩٩٣, ١٩٧٠)
أثيون ethion	٥,٠ - ٠,١	٢,٥ - ٠,٠٢	٠,٠٠٢ (١٩٩٠)
تراى كلورفون trichlorfon	٢,٠ - ٠,٥	٠,١ - ٠,٠٥	٠,٠١ (١٩٧٨)
فوسمت phosmet	١٠,٠ - ٠,٥	١,٠ - ٠,٠٢	٠,٠٢ (١٩٧٩)
مفينفوس mevinphos	١,٠ - ٠,٥	-	٠,٠٠١٥ (١٩٧٢)

(١) سنة التقدير أو التأكيد

على عكس المبيدات الكلورونية العضوية ، فإن المبيدات الفوسفورية العضوية غير ثابتة ، وبالتالي لا تتراكم فى سلسلة الغذاء . ويعتبر هذه الصفة هامة بيئياً ، ولكن لها بعض السلبيات فى مقاومة الآفات والعاملين فى مجال مكافحة ، حيث أن الأمر يتطلب استخدام هذه المبيدات بصورة أكثر تكراراً ، حتى يمكن الحصول على نفس درجة التأثير فى مكافحة الآفات خلال دورة المحاصيل . ونتيجة لذلك فإن بعض الآفات تصبح مقاومة لهذه المبيدات .

سمية المبيدات الفوسفورية العضوية :

مجموعة المبيدات الفوسفورية العضوية أكثر سمية عن المبيدات الكلورونية العضوية . وفى الحقيقة عندما يتم الانتقال بدرجة أساسية من المبيدات الكلورونية إلى المبيدات الفوسفورية ، فإنه تحدث زيادة فى حالات تسمم الإنسان والحيوان ، سواء عرضياً أو خطأ . تختلف سمية المركبات فى هذه المجموعة إختلافاً واسعاً ، من حيث التركيب والتأثير . أشد هذه المركبات سمية هى الباراثيون **parathion** ، كما إنه أكثر مركبات هذه المجموعة ثباتاً ، ويصنف WHO هذا المركب بأنه بالغ الخطورة **extremely hazardous** . الجرعات السامة من الباراثيون يمكن أن تمتص خلال الجلد . الملاثيون سام للحشرات ولكن أقل سمية للإنسان عن الباراثيون .

ترجع سمية المبيدات الفوسفورية أساساً إلى تثبيط أنزيم أستيل كولين أستريز **acetylcholinesterase** فى مراكز الإتصال العصبى **nerve junctions** والذى يؤدي إلى شلل فى العضلات . التسمم الحاد يؤدي إلى ألم شديد ورعشة فى العضلات ، تشنجات وفشل عضلات الحجاب الحاجز الذى تؤدي إلى الوفاة نتيجة الفشل فى التنفس . كما أنه سام للقلب **cardiotoxic** ، ويسبب تغيرات غير طبيعية فى رسم القلب الكهربى **electro cardiogram** . ويبدو أن التأثير على القلب يتوقف على تركيز الجرعة ، التى يتعرض لها الإنسان . يؤدي التسمم المعتدل **mild** (تحت الحاد **subacute**) إلى إتهابات جلدية ، إكتئاب ، تدهور الجهاز المناعى ، أرق **insomnia** ، تهيجات ، عدم التركيز وتبلد ذهنى .

وقد أشارت بعض الدراسات إلى تأثير الرئتين بالمبيدات ، عن طريق تهيج الأغشية الداخلية للجهاز التنفسى ، بواسطة المواد الفعالة فى المبيد . تعتبر جزيئات المبيد من المواد المسببة للحساسية الصدرية ، التى تؤدي إلى تورم الشعب الهوائية وزيادة افرازاتها

مما يسبب إعاقة دخول وخروج الهواء وظهور أعراض الأزمات الربوية ، التى تتراوح فى الشدة طبقاً لحالة المريض ومدى حساسيته لأستقبال هذه الجزيئات .

وقد وجد أن المبيدات الفوسفورية العضوية من المواد المطفرة ، كما تحدث تشوهات خلقية فى الأجنة teratogenic (خاصة فى الطيور ، وبدرجة أقل فى الفئران حديثة الولادة mice) . تدل الإختبارات التى أجريت بواسطة المعهد القومى للسرطان (الولايات المتحدة الأمريكية) أن الميثيل باراثيون methlyparathion ، البساراثيون parathion ، ثلاثى كلورفون . trichlorfon والملاثيون malathion مواد غير مسرطنة . وقد وجد أن رباعى كلورفينفوس tetrachlorvinphos ، له القدرة على أحداث أوراماً سرطانية ، وذلك عند مستوى ١٦٠٠٠ جزء فى المليون ، الحدود القصوى المسموح بها maximum tolerated dose . بينما الملاثيون فى حد ذاته غير مسرطن ، إلا أن بعض الدراسات أشارت إلى قدرته على أتلاف عوامل أخرى مثبطة للسرطان carcinogen-inactivating factors ، وبالتالى يساعد فى زيادة إنتشار الأورام وتقليل كمون الأورام tumor latency .

تدل نتائج الدراسات على المبيدات الفوسفورية العضوية أن كثير من هذه المركبات غير قادرة على أحداث أوراماً سرطانية . الملاثيون لا يسبب سرطان فى الفئران rats أو الفئران حديثة الولادة mice ، التى غذيت على المركب لفترة تزيد عن سنتين ، بإتباع إختبارات وبرتوكول المعهد القومى للسرطان . كما تم الحصول على نتائج مماثلة بالنسبة للميثيل براثيون methyl parathion والديازينون diazinon . كما توجد نتائج غير مؤكدة من الدراسات على رباعى كلورفينفوس tetrachlorvinphos . بعض المبيدات الفوسفورية العضوية دياينون ، لبتوفوس leptophos ، فوسمت phosmet ، تسبب تشوهات خلقية فى الأجنة . المبيدات الأكثر شيوعاً مثل الباراثيون والملاثيون لا يسببان هذا التأثير .

٣- الكارباميت Carbamates :

تستخدم الكارباميت غالباً عندما تصبح الحشرات مقاومة للمبيدات الفوسفورية العضوية . ويبدو أن الآفات أقل قدرة لتصبح مقاومة لمبيدات الكارباميت ، ومع ذلك فإن تكاليف هذه المبيدات تبلغ ضعف تكاليف المبيدات الفوسفورية .

تتراوح السمية الحادة لمركبات الكارباميت من شديدة فى بعض المركبات ، مثل الألديكارب **aldicarb** ، إلى منخفضة مثل الكارباريل **carbaryl** (سيفين **sevin**) ، وهو من المبيدات الشائعة ويتميز بأنه آمن الاستعمال خلال الجلد ، ومتوسط السمية عن طريق الفم ، وذلك بالمقارنة بالمبيدات الأخرى . لحدوث تأثير سام فى الإنسان من هذا المركب (الكارباريل) ، فإن الأمر يتطلب تناول جرعات كبيرة عن طريق الفم . تبلغ جرعة LD_{50} ٦٣٠ ملليجيم/ كجم ، لذلك فإنه عادة يستخدم بالقرب من مراحل الحصاد . وقد وجد أنه عند تغذية الفئران على مركب البيرولان بمعدل ١٠ - ٢٠ ملليجيم/ كجم ، أدى إلى تحلل الدهون داخل الجسم ، وكذلك تحلل أنسجة الكلى وذلك بعد شهر من المعاملة .

عند الجرعات القريبة من السمية فى الكلاب ، وليس فى حيوانات العمل الأخرى ، فإن الكارباميت تسبب تشوهات خلقية فى الأجنة ، كما أنه لا يسبب أوراماً سرطانية ، ولكنه قد يؤثر على مقاومة الخلايا .

يعتبر الديكارب **aldicarb** من مركبات الكارباميت الشائعة الاستخدام والأكثر سمية (جدول ١٢-٨) . تنخفض سمية هذا المركب نتيجة لانخفاض الحدود القصوى للمتبقيات **maximum residue tolerance** (صفر - ١ جزء فى المليون) ، والعدد المحدود من المحاصيل التى يتم معاملتها بهذا المبيد . يتميز هذا المبيد بأن جرعته المميتة LD_{50} أقل من أى مبيد آخر مسجل ، أى أنه شديد السمية ، وقد صنف مع مبيدات أخرى بواسطة WHO على أنها بالغة الخطورة **extremely hazardous** ، ومع ذلك فإن هذا المبيد ليس من المواد المشتبه فيها سرطانياً . مبيد الألديكارب من المبيدات الجهازية **systemic** لذلك فإنه لا يمكن التخلص منه ، ومع ذلك فإن التسخين يقلل من بقايا المبيد .

يسبب تسمم الكارباميت الشديد ضعف العضلات ، إنقباضات ، انخفاض ضغط الدم ، فشل الجهاز التنفسى ، تشنجات ، توقف القلب **cardiac arrest** . الكارباميت ، مثل المبيدات الفوسفورية العضوية ، يثبط أنزيم كولين أستريز **cholinesterase** . يسبب التسمم الأقل حدة صداع ، ألم فى البطن ، قيء ، إسهال ، تشويش (عدم تركيز) ، رعشة ، عدم وضوح الرؤية وإفراز زائد لللعاب . معظم مركبات الكارباميت ليست مسرطنة ، ولكن بعض المشابهات قد تكون مسرطنة أو قد تسبب تكوين نيتروز أمينات .

جدول (١٢-٨) : الحدود القصوى لتبقيات (MRLs) لمبيدات متنوعة والحدود المقبولة اليومية

ADI

المبيد	MRLs (ملليجيم/ كجم) لى		ADI (ملليجيم/ كجم من وزن الجسم)
	الأغذية النباتية	الأغذية الحيوانية	
الديكارب aldicarb (مبيد حشرى)	٠,٥ - ٠,٥	٠,٠١	٠,٠٠٣ (١٩٩٢) ^(١)
كارباريل carbaryl (مبيد حشرى)	١٠,٠ - ٠,٢	٠,٥ - ٠,١	٠,٠١ (١٩٧٣)
2,4- D (مبيد حشائش)	٢,٠ - ٠,١	٠,٠٥	٠,٣ (١٩٧٥)
2,4,5- T (مبيد حشائش)	٠,٠٥	٠,٠٥	٠,٠٣ (١٩٨١)
كابتان captan (مبيد فطرى)	٢٥ - ٥	-	٠,١ (١٩٨٤ ، ١٩٩٠)

(١) سنة التقدير أو التأكيد

مبيد الكارباريل carbaryl يسبب تشوهات خلقية فى أجنة كثير من الحيوانات عند استخدام جرعات مرتفعة تصل إلى ١٠ جم/ كجم . ومع ذلك فإن الجرعات المنخفضة (تصل إلى ٤ ملليجيم/ كجم) تسبب ارتفاعاً فى عدد وفيات الأجنة ، فى بعض أنواع من الحيوانات ، حتى هذه الجرعات أعلى كثيراً من الجرعات التى تصل إلى الإنسان من المتبقيات فى الأغذية .

٤ - المبيدات الفطرية Fungicides :

غالباً ما يتم مقاومة فطريات التربة والبذور بواسطة مواد كيميائية ، محتوية على زئبق ، نحاس وزنك . البذور المراد زراعتها يجب ألا تؤكل ، وقد حدث بعض التسممات الغذائية العرضية عندما تم تغذية الإنسان والحيوانات المزرعية على بذور الحبوب المعاملة . وطبقاً للقانون ، فإن التقاوى المعاملة بالتدخين ، يجب أن يتم تلوينها ، حتى يكون من السهل على الجهات المسئولة تمييزها وعدم استخدامها للإستهلاك الأدمى .

من المبيدات الفطرية المستخدمة ، على نطاق واسع فى مقاومة الأمراض الفطرية ، كابتان captan ، حيث يستخدم فى مكافحة تقرح scab التفاح أو الكمثرى ، كما يستخدم على الفراولة ، اللوز ، وبعض البذور قبل الزراعة . يوجد متبقيات من الكابتان فى العنب . يتميز هذا المركب بسمية حادة ومزمنة منخفضة فى

الثدييات ، بالرغم من أنه أكثر سمية للسمك . يزداد سمية هذا المركب عندما يكون الغذاء منخفض في البروتين . يمكن التخلص من متبقيات الكابتان بالغسيل ، ويتلف بالحرارة أثناء الطهي والتعليب .

فى عام ١٩٨٥ وضعت وكالة حماية البيئة الأمريكية EPA إجراءات مشددة على استخدام هذا المبيد ، حيث أظهرت النتائج أن هذا المبيد سام للجهاز المناعى immunotoxic ، مطفر mutagenic ومسرطن careinogenic ويسبب تشوهات خلقية فى الأجنة teratogenic . وقد ذكر أحد علماء وكالة حماية البيئة الأمريكية ، أنه إذا تناول فرد غذاء ملوثاً بالحدود القصوى المسموح بها ، لفترة حياة ٧٠ سنة ، فإن فرصة حدوث سرطان نتيجة التعرض تتراوح بين واحد فى ١٠٠٠ إلى واحد فى ١٠٠,٠٠٠ .

يتميز المبيد الفطرى ethylene bisdithiocarbamate بأنه منخفض السمية نسبياً، ولكن له نشاط مضاد للغدة الدرقية antithyroid . يزداد التأثير السام لهذا المبيد مع تناول المتزامن للكحول .

٥- المداخلات Fumigants :

يستخدم أيثيلين ثنائى البروميد (EDB) ethylene dibromide فى التدخين على نطاق واسع ، قبل تحريم استخدامه فى عام ١٩٨٤ . كان يستخدم فى تدخين التربة ، الحبوب فى الشحن والتخزين ، آلات الطحن ، والفواكه التى قد تحتوى على حشرات والتى قد تسبب أضراراً شديدة إذا سمح بدخولها إلى البلاد .

وقد تم تحريم استخدام EDB ، حيث أوضحت دراسات على المدى الطويل إنه يزيد من معدل السرطان فى جميع حيوانات المعمل المختبرة . كما إنه من المواد المطفرة طبقاً لأختبار Ames . كما أن EDB من المواد المسرطنة متوسطة التأثير، وإن له مقدرة أكبر كثيراً على إحداث السرطان عن السكرارين وأقل من الأفلاتوكسينات . وقد قدرت الكمية المتناولة من ٥ - ١٠ ميكروجرام/ للفرد ، وتعتبر كمية صغيرة جداً فى الحقيقة . وقد قدر المجلس الأمريكى للعلوم والصحة أن الفرد يحتاج إلى أن يتناول ٤٠٠ طن من الأغذية فى اليوم لكى يصل إلى الجرعة التى تغذى عليها حيوانات التجارب . وقد قدر العالم Ames وزملائه معامل الضرر hazard index لتناول هذا

المركب فى منتجات الحبوب ، ووجد إنه أقل حوالى ١٠,٠٠٠ مرة من تناول ١٢ أوقية بيرة .

٦- مبيدات الحشائش Herbicides :

مبيدات الحشائش سلاح هام فى مكافحة الحشائش ، وخاصة فى المناطق شديدة الأمطار . حوالى ٤٠٪ من تكاليف وقاية المحاصيل تصرف على مكافحة الحشائش . مع بعض الإستثناءات ، فإن مبيدات الحشائش ليست سامة للحيوانات مثل المبيدات الحشرية. تدل القيمة العالية لجرعة LD₅₀ على إنخفاض سمية هذه المبيدات . مبيدات الحشائش الشائعة مثل أترازين atrazine سيمازين simazine غير سامة لعدد من الحيوانات .

ثنائى نيتروفينول dinitrophenol (دينوسب dinoseb) ، من أول مبيدات الحشائش العضوية المستخدمة ، يسبب حمول ، صداع ، زيادة سرعة التنفس ، ظمأ ، صعوبة فى التنفس ، حمى ، فقد شديد فى الوزن فى الإنسان . كما أصدرت وكالة حماية البيئة الأمريكية أنذاراً للسيدات الحوامل ، لتجنب التعرض لهذا المبيد ، حيث أن هذه المركبات الكيماوية تسبب عيوب خلقية فى أجنة حيوانات التجارب . وقد أشارت وكالة حماية البيئة إلى إنه أنذار للمجتمع الزراعى وليس للمستهلك ، حيث أشارت التقارير أن المتبقيات كانت أقل كثيراً من المستويات اللازمة لآحداث التأثير . كما أظهرت تقارير أخرى أن هذا المبيد يسبب فقد البصر وتكسب الأنسجة لون أصفر .

أشارت نتائج دراسات تغذية الحيوانات على مبيدات الحشائش إلى نقص فى الوزن، زيادة وزن الكلى وتضخم خلايا الكبد ، مما يدل على قدرة الجسم على ابطال سمية detoxifying هذه المبيدات . وقد وجدت دلائل أخرى عن ميكانيكية إزالة سمية هذه المبيدات وتشمل تنشيط الأنزيمات القادرة على تمثيل المبيدات وتنشيط الأنزيمات المنتجة للطاقة . وفى الحقيقة فإن جرعات التسمم الحاد تجعل الحيوان فى حالة هزال أو ضعف شديد ، كأنه يعانى من مجاعة ، تودى إلى الوفاة .

يعتبر TCDD واحد من أشد المركبات سمية ، حيث تبلغ جرعة LD₅₀ ٠,٦ ميكروجرام/ كجم من وزن الجسم فى خنازير غينيا guinea pigs ، أكثر حيوانات

المعمل حساسية . الجرعات بالغة الصغر من TCDD تسبب سرطان ، موت الأجنة ، تدهور الجهاز المناعي والوفاة فى حيوانات المعمل .
وقد وجد أن أنزيمات تخليق DNA وانتقال التأثيرات العصبية nerve transmissoin يتم تثبيطها ، بواسطة بعض مركبات مبيدات الحشائش . يسبب TCDD اضطرابات نفسه وكذلك تأثير سام على الجهاز العصبى ، حيث يقلل من مستويات سيروتونين serotonin المخ ، ويؤدى إلى تأثير طويل المدى على سلوك الفئران حديثى الولادة.

متبقيات المبيدات فى المنتجات الحيوانية

نظراً لقدرة المبيدات الكلورونية العضوية للذوبان فى الليبيدات ، فإن هذه المبيدات تتجمع فى الأنسجة الدهنية فى جسم الحيوانات التى تعرضت لها . وقد تصل هذه المبيدات إلى داخل جسم الحيوانات ، نتيجة المعاملة المباشرة بالمبيدات أو نتيجة تناولها للعليقة الملوثة ، حيث تحتوى دهون هذه الحيوانات على متبقيات هذه المبيدات .
كما أن النباتات التى ترعى عليها الحيوانات ، قد تحتوى على بقايا المبيدات الكلورونية العضوية بتركيز ٠,٠٢ جزء فى المليون . تقوم هذه الحيوانات بتخزين هذه المبيدات فى الدهون ، حيث يصل تركيز بقايا المبيد فى اللحوم ٠,٢ جزء فى المليون . إذا إستهلكت كميات كبيرة من اللحوم ، فإن أنسجة الجسم الدهنية فى الإنسان تحتوى على بقايا المبيدات بتركيز ٦ جزء فى المليون . عندما تترسب المبيدات الكلورونية العضوية فى الدهن فى أجسام الثدييات ، بما فيها الإنسان ، فإنها تبقى فى هذه الأنسجة الدهنية بصورة دائمة .

ولقد حددت إدارة الأغذية والأدوية FDA فى الولايات المتحدة الأمريكية الحدود الآمنة للمتبقيات فى دهون لحوم البقر والماعز والدجاج والأغنام من مبيد الميثوكسى كلور بـ ٣ جزء فى المليون ، الملاثيون ٤ جزء فى المليون ، DDT ٧ جزء فى المليون . ويلاحظ أن ماشية اللبن ، التى تعرضت لهذه المبيدات بطريقة مباشرة أو غير مباشرة ، يحتوى اللبن الناتج منها على بعض متبقيات هذه المبيدات . أكثر المبيدات تواجداً فى الألبان هى المبيدات الكلورونية مثل DDT ، الدرين ، ديلدرين ، ليندين ، وقد يصل تركيزها فى اللبن إلى عشرة أضعاف تركيزها فى العليقة . وتعتبر المبيدات الفوسفورية ومركبات الكارباميت أقل خطورة من المبيدات الأخرى ، بالرغم من أنها

سامة أيضاً للإنسان والحيوان ، حيث أنها لا تتراكم فى الدهن ويتلف معظمها فى الجهاز الهضمى للحيوان . وتعتبر مبيدات هكساكلور هكسان ، ومنها الليندين ، أكثر المبيدات تواجداً فى منتجات الألبان فى أوروبا ، وتخطت بعض العينات الحد الأقصى المسموح به فى هذه الدول (٠,٠١ ملليجرام ليندين/كجم لبن) .

وقد أظهرت نتائج دراسة سمية ، أجريت فى كلية الزراعة جامعة عين شمس فى عام ١٩٩١ ، للكشف عن وجود متبقيات بعض المبيدات الكلورونية فى عينات من اللبن الجاموسى والبقرى واليوجهورت وجبن دمياطى وزبد ، جمعت من أسواق القاهرة الكبرى فى الفترة ١٩٨٨ - ١٩٩٠ ، أن جميع العينات لا تحتوى على مبيدات فوسفورية (ملاثيون malathion) والبيرثرويدات (pyrethroids-fenvalerate-) (sumicidin) ، بينما كانت جميع العينات تحتوى على نوعين على الأقل من المبيدات الكلورونية . وقد وجد أن الليندين هو أكثر المبيدات أنتشاراً (حيث يوجد فى ٦٢٪ من عينات اللبن ، ٦٧٪ من عينات اليوجهورت ، ٥٣٪ من عينات الجبن الدمياطى ، ٣٠٪ من عينات الزبد) ، يليه سادس كلوريد البنزين BHC (حيث يوجد فى حوالى ٥٠٪ من عينات كل من اللبن ، اليوجهورت والجبن الدمياطى ، ٣٠٪ من عينات الزبد) . كما توجد مبيدات كلورونية أخرى مثل كلوردين chlordane ، هبتاكلور heptachlor و DDT ومشتقاته ، بنسب أقل . وقد لوحظ أن متبقيات مبيد BHC (٠,٢٨٩ جزء فى المليون) فى عينات اللبن أعلى ، بينما باقى المبيدات توجد بتركيزات أقل من الحدود القصوى المعتمدة من منظمة الأغذية والزراعة FAO ومنظمة الصحة العالمية WHO . كما وجد أن متبقيات جميع المبيدات السابقة فى اليوجهورت والجبن الدمياطى والزبد أقل من الحدود القصوى المسموح بها .

كما أشارت النتائج إلى أن بعض العمليات التكنولوجية ، قد تساعد على خفض متبقيات المبيدات فى المنتج النهائى . تعقيم اللبن (١٢١°م / ١٥ دقيقة) وغليان اللبن لمدة ١٥ دقيقة يؤدى إلى خفض تركيز مشتقات DDT بمقدار ٦٨٪ ، بينما البسترة ليس لها تأثير كبير فى التخلص من متبقيات المبيدات . فرز اللبن للحصول على قشدة ، يؤدى إلى خفض الليندين بمقدار ٥,٣٪ ، BHC ومشتقات DDT بمقدار لم يتجاوز ٠,١٪ ، كما يؤدى خض القشدة لتحويلها إلى زبد إلى خفض محتوى الزبد الناتج من المبيدات ، مقارنة بالتركيزات الموجودة فى القشدة قبل عملية الخض ، تسبيح الزبد إلى سمن يؤدى إلى خفض تركيز BHC والليندين ومشتقات DDT بمقدار ٨٢ ، ٩٢ ،

٧٧٪ على التوالي . كما تسبب عملية الترشيح الفائق (UF) ultrafiltration للبن إلى فقد ٢٠٪ من BHC ، ٢٩٪ من مشتقات DDT ، ٤٠٪ من الليندين فى الراشح pemeate الناتج بينما أحتفظ المركز retentate بالباقي .

وقد أظهرت الدراسات أن لبن الأم فى الدول الصناعية قد يكون ملوثاً بالمبيدات ، نتيجة تناولها أغذية تحتوى على هذه المبيدات طول حياتها ، والذى يخزن فى الأنسجة الدهنية فى الجسم ، (يحتوى دهن جسم الإنسان على DDT بتركيز ٤,٧ جزء فى المليون فى ألمانيا ، ٧,٧ جزء فى المليون فى الولايات المتحدة الأمريكية ، فى حين تصل هذه النسبة إلى ٣٧ جزء فى المليون فى العاملين بالزراعة) ، ويفرز فى اللبن بعد الولادة . وعادة ما تكون تركيز هذه المبيدات فى لبن الأم أعلى منه فى لبن البقر . وقد بلغ الأمر فى السويد النصح بعدم إعطاء الأطفال لبن أمهاتهم بسبب أحتوائه على مبيد DDT .

وقد أشارت دراسة أخرى عن وجود كميات صغيرة من DDT فى لبن الأمهات ، تتراوح من ٠,٠١ - ٠,٧٧ جزء فى المليون ، بمتوسط قدره ٠,١٣ جزء فى المليون ، بينما وصل تركيز DDT فى دهن لبن الأم إلى ٣,٢ جزء فى المليون .

تحدد بعض البلاد النسبة المسموح بها من DDT فى الألبان ومنتجاتها ، فى ألمانيا (ألمانيا الغربية سابقاً) تكون جزء واحد فى المليون ، محسوبة على أساس الدهن (أى ملليجرام واحد لكل كجم دهن) ، وهذا يعنى أن تكون نسبة الدهن فى اللبن السائل ، الذى يحتوى على ٣٪ دهن حوالى ٠,٠٣ ملليجرام/ لتر لبن . كما أوضحت الدراسات وجود متبقيات لكثير من المبيدات الكلورونية العضوية ، وخاصة DDT والأندرين andrin فى بيض الدجاج البياض ، التى غذيت على علائق ملوثة بالمبيدات الكلورونية العضوية .

متبقيات المبيدات فى الأسماك

تتلوث الأسماك بالمبيدات ، التى تكون موجودة فى مياه الصرف ، وتتركز فى الأعشاب البحرية والكائنات الحية ومنها الأسماك ، بالإضافة إلى ما تأخذه الأسماك من الماء مباشرة . ارتفاع الدهن فى الأسماك يزيد من فرصة أحتوائها على نسب أعلى من المبيدات ، أى أن الأسماك الدهنية ، مثل ثعابين السمك ، يمكن أن تحتوى على تركيزات أعلى من المبيدات بالمقارنة بالأسماك الأخرى ، مثل السردين . ويمكن للأسماك أن تركز

المبيد فى لحمها إلى أن تصل إلى تركيزات مرتفعة ، بالمقارنة بتركيز المبيدات فى نفس الماء المحيط بها . فمثلاً يوجد DDT بتركيز جزء فى البليون فى أنهار أوروبا ، فى حين يصل التركيز فى الأسماك التى تعيش بها إلى ٠,٥ - ٥,٠ جزء فى المليون . وتحدد بعض الدول الحد الأعلى المسموح به من مركبات DDT ومشتقاتها فى الأسماك بـ ٥,٠ جزء فى المليون ، بينما تنصح منظمة الصحة العالمية WHO ، بألا يزيد تركيز بعض المبيدات الأخرى عن ٠,١ جزء فى المليون مثل الدرين ، وديلدرين وكلوردين ، وعن ٠,٥ جزء فى المليون مثل ليندين وديميتون ، ٧ جزء فى المليون لك DDT.

عموماً تحتوى أسماك أعالي البحار على نسب DDT أقل من جزء واحد فى المليون . وقد أظهرت بعض الأبحاث التى أجريت فى مصر أن أسماك بحيرة ناصر تعتبر أقل الأسماك احتواءً على المبيدات والمعادن الثقيلة ، ويزيد تلوث الأسماك (البلىطى) كلما اقتربنا من شاطئ البحر الأبيض المتوسط ، وأكثر الأسماك تلوثاً كان فى وسط الدلتا وخصوصاً أسماك المصارف والترع .

وترجع سمية المبيدات الكلورونية العضوية إلى أنها تخزن فى الدهن داخل الجسم وتحت الجلد ، وتسبب بذلك تسمماً مستمراً للإنسان ، حيث تسبب تهيجاً للجهاز العصبى ، اضطراباً فى تمثيل الصوديوم والبوتاسيوم فى الجسم . وتعتبر المبيدات الفوسفورية العضوية (مثل ديازينون ومفينفوس) أقل سمية من المبيدات الكلورونية العضوية ، حيث يمكن للإنسان تحويلها إلى مركبات أخرى غير سامة والتخلص منها عن طريق البول .

وتعتبر المبيدات الكلورونية العضوية أكثر المبيدات ثباتاً فى البيئة المائية ، وكذلك أكثر متبقيات المبيدات ثباتاً فى الأسماك ، ومن أمثلتها مبيد DDT ، حيث يعتبر أكثر متبقيات المبيدات ثباتاً فى الأسماك ، حيث تقوم الأسماك بتجميع المبيد ، سواء عن طريق الغذاء أو الملامسة ، ويتجمع داخل الأسماك فى الأنسجة الدهنية ، سواء فى صورة المركب الأصيل أو أحد نواتج تمثيله . وقد لوحظ ارتفاع مستوى متبقيات DDT فى أسماك السالمون إلى حوالى ٧٠٠ ضعف ما هو موجود فى البيئة المحيطة . وقد وجد أن مبيد DDT يوجد بمستويات مرتفعة فى الأسماك الكبيرة الغنية فى الدهن وخاصة الأسماك المفترسة الكبيرة .

تؤثر درجة حرارة الماء على السمية الحادة للمبيدات على الأسماك ، حيث وجد بصفة عامة أن ارتفاع حرارة الماء يزيد من سمية معظم المبيدات ، خاصة الفوسفورية

العضوية ، بينما يظهر العكس مع المبيدات الكلورونية والبيرثرويدات ، حيث يزداد أثرها السام مع إنخفاض درجة حرارة الماء .

أجريت دراسة سمية ، فى كلية الزراعة - جامعة عين شمس فى عام ١٩٩٥ ، لتقدير متبقيات المبيدات الكلورونية العضوية فى عينات أسماك البلطى والبياض ، تم صيدها من خمس مواقع من نهر النيل (شبرا الخيمة ، إمبابة ، التحرير ، الجيزة والمعادى) فى القاهرة الكبرى ، وقد وجد أن متوسط تركيز متبقيات المبيدات الكلورونية العضوية فى عينات سمك البلطى ٢٢,٤٢ (شبرا الخيمة) ، ١٣,١٥ (إمبابة) ، ٤,٦٣ (التحرير) ، ٤,٠٣ (الجيزة) ١١,٥٣ (المعادى) ميكروجرام / كجم نسيج رطب ، بينما كانت التركيزات المقابلة فى سمك البياض ١٤,٧٥ ، ٢٧,٦٩ ، ٢٣,٠٥ ، ٤٧,٢٢ ، ٥٠,١٥ ميكروجرام / كجم نسيج رطب ، على الترتيب . ويدل هذا التباين فى تركيز المبيدات فى أنسجة السمك فى مختلف المواقع التى تم الصيد منها ، على اختلاف درجة التلوث فى هذه المواقع ، وعلى الاختلاف فى معدلات تراكم هذه المبيدات فى أنسجة الأسماك المختلفة . كما أشارت الدراسة إلى أن نسب تواجد هذه المبيدات كانت أقل كثيراً عن الحدود القصوى المسموح بتواجدها فى بعض الأغذية الحيوانية .

متبقيات المبيدات فى الخضر والفاكهة

بالرغم من اتباع التعليمات الخاصة باستخدام المبيدات فى إنتاج المحاصيل الزراعية المختلفة ، فإن الخضر والفاكهة قد تحتوى على كميات ولو ضئيلة من المبيدات عند جمع المحصول ، والتى قد تصل للمستهلك . وتتلوث الخضراوات والفاكهة بالمبيدات بطرق متعددة بعضها مباشر والآخر عرضى (غير مباشر) . وتصل المبيدات بطريقة مباشرة من خلال المعاملة المباشرة للنباتات بالمبيدات فى الحقول من خلال برامج الآفات ، أو عن طريق إمتصاص النباتات للمبيدات من التربة الملوثة . وقد تصل المبيدات للنبات بطريقة غير مباشرة ، عن طريق الهواء من خلال الجزيئات المنتشرة من الرش أو التعفير أو التدخين من الحقول المجاورة .

عمليات إعداد وتجهيز وتصنيع الخضراوات والفاكهة يقلل بدرجة كبيرة من تواجد متبقيات المبيدات . إزالة الأجزاء التالفة وعمليات الغسيل (ضغط ماء الغسيل ، استخدام مواد مبللة) ، النقع (درجة حرارة النقع والتقليب خلال النقع) تؤدى إلى التخلص من المبيدات تماماً ، أو تجعل مستوى متبقيات المبيدات فى الحدود الآمنة طبقاً

لنوع المبيد . كما أن عملية السلق أو الطهي (فى البخار أو الماء الساخن) يزيل نسبة كبيرة من متبقيات المبيدات ، تختلف من ٣٪ إلى أكثر من ٧٠٪ طبقاً لنوع المبيد ونوع الخضر والفاكهة . إجراء عملية غسيل إضافية عقب عملية السلق ، تزيد من كفاءة عملية التخلص من بقايا المبيدات . تفيد عملية التقشير فى التخلص من الملوثات السطحية ، وقد تجرى عملية التقشير يدوياً أو ميكانيكياً أو كيمياوياً . وقد وجد أن التقشير اليدوى أكثر كفاءة فى إزالة متبقيات DDT الموجودة فى البطاطس (٩١٪) عن التقشير الكيماوى (٧٤٪) ، كما أن التقشير الكيماوى للطماطم كان أكثر كفاءة فى التخلص من بعض متبقيات مبيدات DDT والملاثيون والكارباريل .

وقد أشار بعض الباحثين إلى أن عملية التعليب وتجهيز العصائر تزيل كل متبقيات DDT والملاثيون والكارباريل ، كما أن التجهيز التجارى يزيل ٩٤٪ من متبقيات الملاثيون ، بينما عملية الطهي المنزلى لا تترك إلا آثاراً بسيطة . كما أن سلق وطهي السبانخ فى الماء لمدة ٦ - ٧ دقائق يسبب تحللاً كاملاً لمتبقيات الملاثيون ، أما التجميد فلا يسبب أى نقص فى المتبقيات . ومن المعروف أن معظم المبيدات الثابتة ضد الحرارة ، يحدث لها انهيار فعلى بالتسخين فى وجود المواد الغذائية ، لذلك فإن معظم عمليات التجهيز تحتوى فى إحدى مراحلها على التسخين ، والتجهيز المنزلى والطهى يساعدان فى تقليل وإزالة متبقيات المبيدات .

وتشير الدراسات إلى ثبات المبيدات الكلورونية على وفى المحاصيل المخزنة تحت ظروف التبريد ، بينما بعض المبيدات الفوسفورية تكون ثابتة تحت هذه الظروف ولمدد مختلفة وفى درجات حرارة مختلفة ، بينما مبيدات أخرى تكون ثابتة تحت ظروف التجميد وتنهار بسرعة إذا ارتفعت درجة الحرارة .

الجدول (١٤-٨) يوضح تأثير عمليات النقل إلى الأسواق والأعداد والتصنيع على التخلص من متبقيات المبيدات فى بعض الخضر والفاكهة .

وما هو جدير بالذكر أن الفاكهة قد ترش بمواد أخرى (بعد حصادها) لمنع فسادها أثناء نقلها وتخزينها . وتستخدم مادة داي فينيل لرش ثمار الموالح (برتقال ، يوسفى ، جريب فروت) قبل تصديرها لمنع نمو الفطريات ، كما ترش أيضاً الأوراق المستخدمة فى التعبئة والعبوات الخشبية والكرتونية . تحدد معظم الدول الكمية المتبقية من داي فينيل على سطح الثمار من ٥٠ - ٧٠ ملليجرام / كجم ثمار ، هذه المادة تعتبر قليلة السمية إلى حد ما ، بالإضافة إلى بقائها فى القشرة التى لا تؤكل .

جدول (١٤-٨) : تأثير معاملات التسويق والتصنيع على الفاقد من متبقيات المبيدات فى بعض الخضراوات والفاكهة .

المحصول	% الفاقد	المحصول	% الفاقد
● النقل إلى الأسواق		● إزالة الأجزاء التالفة	
الفلفل	١٤	الخس	٨٩
الكرفس	٨٦	الكرنب	٩٣
الكرنب	٨٦	● المعاملات الحرارية	
الخس	٨٧	البطاطس : خبيز	٦١
الخيار	١٠٠	غليان	٦٨
الطماطم	١٠٠	شرائح	٨٦
● الغسيل		الفاصوليا : معلبة	٧٢
التفاح	١٤	بجمدة	٩٢
العنب	٣٦		
الخوخ	٧٣		
الطماطم	٨٣		

وقاية الأغذية من التلوث

لمقاومة تلوث الأغذية والحد من المخاطر الصحية الناجمة عن هذا التلوث ، وخاصة التلوث البيئى الكيماوى ، فإنه يجب إتخاذ الإحتياطات التالية :

١. زراعة المحاصيل الغذائية بعيداً عن الطرق السريعة والعمومية والمصانع .
٢. زراعة مصدات الرياح والأشجار الخشبية حول هذه المحاصيل الغذائية حيث تعتبر مصائد لعادم السيارات والمصانع .
٣. منع أو ترشيد استخدام المبيدات الضارة بصحة الإنسان ، واللجوء إلى المقاومة الحيوية .
٤. تحريم صرف مخلفات المصانع والصرف الصحى فى نهر النيل والترع والمصارف .
٥. التوسع فى استخدام وقود السيارات الخال من الرصاص .

٦. منع عرض الأغذية للبيع فى الشوارع والطرق العامة دون تغليفها بطريقة مناسبة لحمايتها من التلوث .
٧. إتخاذ الإحتياطات الكافية خاصة للعاملين فى مجال الصناعات الكيماوية والمعادن والمبيدات ، مثل إرتداء الملابس الواقية وتطبيق أسس وتعليمات الصحة المهنية .
٨. التوعية بأخطار التلوث البيئى الكيماوى ، وخاصة المعادن الثقيلة والمبيدات من خلال أجهزة الإعلام .