

الجزء الثالث

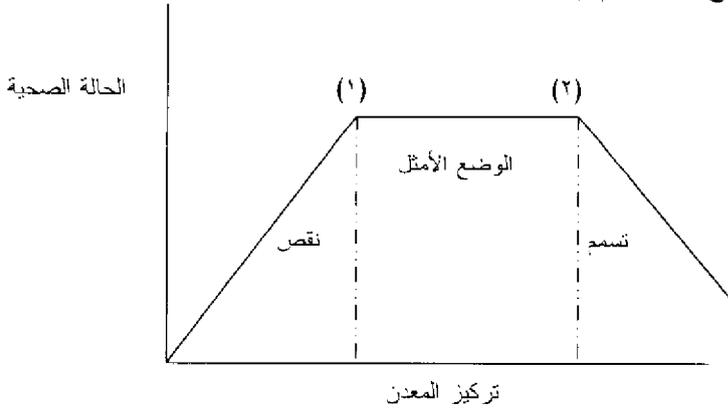
التلوث غير الحيوي للبن ومنتجاته

الفصل الثالث عشر

التلوث بالمعادن الثقيلة أو السامة

Heavy or Toxic Metals Contamination

المعادن الثقيلة هي المعادن التي تزيد كثافتها عن خمسة أمثال كثافة الماء. ويحتاج الإنسان والنبات والكائنات الحية بصفة عامة إلى بعضها بكميات ضئيلة Traces، وتركيزات حرجة للصحة والنمو. وتسمى هذه المجموعة بالعناصر النادرة Trace elements أو المغذيات الدقيقة Micronutrients وتسبب التركيزات الأعلى تسمماً كما هو موضح بالشكل (١).



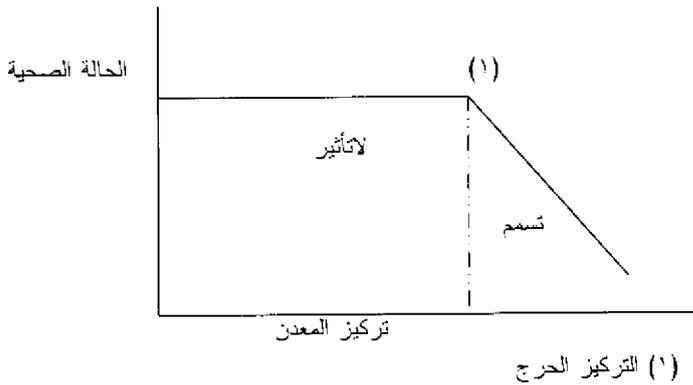
(١) أقل تركيز (٢) أعلى تركيز حرج

شكل (١): المغذيات الدقيقة وعلاقتها بالصحة (Micronutrients)

ومن الفلزات التي يسبب نقصها أمراضاً للحيوان: النحاس والحديد والزنك والكوبلت والسيلينيوم واليود. وترجع أهمية معظم هذه المعادن إلى أنها تدخل في بناء جزيئات

الإنزيمات والبروتينات والتي تشترك فى عمليات التمثيل الغذائى. أى تدخل فى تركيب الكثير من المركبات العضوية ذات الأهمية الحيوية للجسم كالهيموجلوبين، الثيروكسين، والإنزيمات المحتوية على النحاس كأسيديز حمض الأسكوربيك، والزنك فى الإنزيم النازع لحمض الكربونيك Dhydroxy carbonic (نازع هيدروكسى الكربونيك) والمولبيديوم فى أكسيد الزانثين. كما تدخل بعضها فى تكوين الفيتامينات مثل الكوبلت فى فيتامين B₁₂، وتدخل فى الهرمونات مثل الكبريت فى الإنسولين، اليود فى الثيروكسين. إلا أن وجود هذه العناصر فى الغذاء كمعدن أو كمركبات كيميائية من مصدر خارجى وبكميات كبيرة نسبياً يكون لها تأثيرات سامة للإنسان والحيوان، حتى لو إحتوى الغذاء على كميات ضئيلة منها فهى تؤثر على المدى الطويل على العمليات الحيوية بالجسم لأن لبعضها تأثيراً تراكمياً بالجسم.

وبجانب المغذيات الدقيقة Micronutrients توجد فلزات لايعرف لها ضرورة حيوية تسمى بالعناصر غير الأساسية Non essential elements، وقد تسمى أحياناً بالعناصر السامة شكل (٢) إذ تؤدى لموت الكائن الحى فى الحالات الشديدة، وترجع السمية الناتجة عن زيادة التركيز إلى تداخل هذه العناصر مع بعض نواتج التمثيل الغذائى أو الإحلال محل بعض العناصر الأساسية، أو التفاعل مع مجموعة الثيول n SH، أو الإضرار بجدار الخلية، أو التفاعل مع مجموعة الفوسفات فى مركبات الطاقة Adenosin diphosphate أدينوسين داى فوسفات (ADP)، Adenosin triphosphate (ATP) أدينوسين ثلاثى الفوسفات.



شكل (٢) العناصر غير الأساسية وعلاقتها بالصحة Non essential elements

مما سبق نرى أنه من الصعب أن نضع حداً فاصلاً بين المعادن الضرورية للتغذية Micronutrients والعناصر غير الأساسية من حيث السمية إذ يمكن القول أن جميع العناصر المعدنية سامة تقريباً إذا تناولها الإنسان أو الحيوان بكميات كبيرة.

ومن أهم المعادن الثقيلة والتي تعتبر من ملوثات الغذاء: الرصاص - الزئبق - الكاديوم - الزرنيخ - السيلينيوم - الأنثيمون - الألمونيوم - القصدير وغيرها.

وتصل هذه المعادن إلى البيئة من خلال العديد من العمليات الكيموحيوية والأنشطة البشرية، كالتوسع في الصناعات الكيماوية مثل صناعة البلاستيك والملونات والبطاريات والمواد العازلة وصناعة المعادن، هذا بجانب مخلفات الإنسان والمبيدات والمخصبات الزراعية، كما تجد هذه الملوثات طريقها إلى المياه الجوفية والسطحية وكلها عوامل تؤدي لزيادة تركيز هذه العناصر بالتربة ومنها إلى السلسلة الغذائية (نبات - حيوان - إنسان). كما قد تتعرض المواد الغذائية أثناء إنتاجها أو تصنيعها أو تعبئتها أو نقلها أو حفظها للتلوث بأنواع مختلفة من المعادن الثقيلة نتيجة ملامسة المادة الغذائية لأسطح الأواني والأدوات والعبوات ومواد التغليف التي تحتوي على آثار من هذه المعادن، أو نتيجة استخدام مياه تحتوي على شوائب منها نتيجة مرورها في أنابيب غير نقية وذلك في عمليات الغسيل للخضر والفاكهة، أو استخدام هذه المياه في تصنيعها أو استخدام مضافات غذائية غير نقية تحتوي على شوائب لهذه المعادن. كما تعتبر الأسماك في طبيعة الأغذية التي تتلوث بهذه السموم نتيجة إلقاء مخلفات كثيرة من المصانع والسفن والصرف الصحي في مياه الأنهار والبحار، فقد وجد أن الأسماك التي يتم صيدها من بعض مناطق الشرق الأقصى، وبعض أنواع الأسماك التي تعيش في مياه البحر الأبيض المتوسط غير صالحة للإستهلاك الأدمى لتلوثها ببعض هذه المعادن.

وتتوقف الكمية التي ترتبط من هذه المعادن بالمادة الغذائية على عدة عوامل منها: تركيب المادة الغذائية من ماء وأحماض، ونوع المعدن الملامس للمادة الغذائية، ومدة الملامسة، ودرجة الحرارة، ومدى نقاوة الماء المستعمل وخلوه من الشوائب المعدنية.

وتتمثل ميكانيكية التسمم بالمعادن الثقيلة غالباً في تثبيط الإنزيمات المحتوية على مجموعات SH و \bar{n} وبالتالي يحدث تداخل بينها وبين تمثيل الخلية ووظيفتها ثم تلفها.

وتتوقف شدة السمية على نوع المعدن (العنصر السام) والجرعة المأخوذة، وتتمثل الأعراض العامة للتسمم المعدنى بتهيج أغشية المعدة والغثيان والمغص والقى وفقر الدم وعادة تزول الأعراض بسرعة بعد القى. كما تصاب الكلى بالالتهاب، وقلة التبول (إحتباس البول) وإرتفاع اليوريا Urenia. كما يصاب الكبد بالتهاب واليرقان Jaundice ويصاب الجهاز التنفسى بعدم إنتظام التنفس وصعوبته ويصاب الجهاز الدورى بإنخفاض الضغط وعدم إنتظام النبض ويصاب الجلد بفقد الشعر والتقرن Keratinization والتبقع Pigmentation.

ويختلف التسمم المعدنى عن التسمم الميكروبي فى أن المعدنى لا يحتاج إلى فترة حضانة. ومن وسائل إسعافات التسمم المعدنى العامة:

- ١- غسيل القناة الهضمية بعوامل مرسبة للمعدن السام.
- ٢- إعطاء مواد ملطفة مثل اللبن وبياض البيض.
- ٣- إعطاء مواد ملينة مثل المانيتول.
- ٤- إعطاء مضاد للسم (ترياق) Specific antidotes.
- ٥- إستخدام مواد رابطة (مكلبشة) Chelating agents ويشترط فى هذه المواد أن تكون ذائبة فى الماء، ولها القدرة على تكون معقد مع المعدن، ومقاومة للهدم والتمثيل، ويسهل إفرازها وطردها من الجسم، ومن أمثلة هذه المواد جدول (٤٢)

جدول (٤٢) بعض المواد المكلبشة Chelating agents المستخدمة فى علاج وإسعاف التسمم

المعدنى

المادة	إستخدامها	الآثار الجانبية
EDTA	فى حالات التسمم بالحديد والزنق والنحاس والنيكل والزنك والمنجنيز والجرعة المستخدمة ٢٥ مجم / كجم من وزن الجسم ثلاث مرات يوميا	قلة التبول - نقص الكالسيوم والماغنسيوم - إضرار بالحالب
Penicillamine	وهو مشتق من السستين. ويستخدم فى حالات التسمم بالرصاص والنحاس والزنق.	طفح جلدى - حمى - نقص كرات الدم البيضاء - إلتهاب الكلى - إلتهاب العصب البصرى.

المادة	إستخدامها	الآثار الجانبية
Desferrioxamine	يستخدم في حالات التسمم بالحديد ويستخدم عن طريق الفم أو الحقن تحت الجلد.	ألم في موضع الحقن - طفح جلدي - انخفاض الضغط - مغص - تشنج - فرط حساسية - صعوبة الرؤية (ضباب) Blurred vision

ولانتقصر أضرار التلوث المعدني للغذاء على الناحية الصحية، فبعض هذه المعادن تؤدي إلى تغيرات تضر بصفات المادة الغذائية وتقلل من رغبة المستهلك (طعم - لون - تزنخ). إذ قد تعمل بعض هذه المعادن على تنشيط إنزيمات وتفاعلات كيميائية غير مرغوبة تحدث تغيرات بالمادة الغذائية تتوفر المستهلك.

طريقة الكشف عن المعادن الثقيلة باللبن: Detection of heavy metals in milk

من هذه الطرق طريقة (Hankenson 1975)

٥٠ مل لبن + ٥٠ مل TCAA (٢٠٪) والرج لمدة ٢/١ ساعة والترشيح

في الراشح يتم التعرف على المعدن وتقديره بواسطة جهاز الإمتصاص الذري الطيفي Atomic absorption spectrophotometer وتستخدم هذه الطريقة للبن الخام والمبستر والمعقم والألبان المتخمرة. أما الألبان المركزة والمجففة فتخفف بالماء لتكون كالألبان الطبيعي.

ونتناول فيما يلي أهم المعادن الثقيلة الملوثة للغذاء.

الرصاص (Pb)

نبذة تاريخية وإستخداماته:

يوجد الرصاص فى القشرة الأرضية فى صورة كبريتيد الرصاص (جالينا Galena) بمعدل ١٣ مجم / كجم ومنه يحضر الرصاص بالتسخين. وهو فلز وزنه الذرى ٢٠٧,٢، ورقمه الذرى ٨٢، ويوجد له عدة نظائر منها Pb206, Pb 208, Pb 209, Pb 224.

والفلز لين ثقيل يستخدم فى العديد من الصناعات مثل الأدوات الصحية، وتغطية الأسلاك والكابلات الكهربائية، وصناعة الفذائف وسيكة لحام المعادن (قصدير: رصاص) والإسبيداج والبويات وزجاج الكريستال، والملابس الخاصة بالعمالين بالمحطات النووية للحماية من إشعاعاتها، ويستخدم فى أغلفة البطاريات، كما يستخدم فى بعض المبيدات (زرنخات الرصاص)، وطلاء بعض الأوانى ومساحيق التجميل وأصباغ الشعر، كما قد يضاف إلى البنزين (رابع إيثيل الرصاص Tetraethyl lead) لتحسين كفاءة محركات السيارات كما تحتوى مياه البحار على الرصاص بتركيز ما بين ٩ - ٣٠٠ µg / لتر.

وقد استخدمه القدماء المصريون والإغريق والصينيون والهنود فى صناعة أدوات الأكل وأنابيب المياه. كما استخدم قديماً فى صناعة أوانى تعتيق الخمر وصناعته مما ساعد على تلوث الخمر بنسبة عالية منه. ويفسر بعض المؤرخين التهور العقلى لقواد الرومان القدامى إلى تعاطيهم كميات كبيرة من هذه الخمور المخزنة فى تلك الأوانى، فمن إحدى التجارب لتصنيع وتعتيق الخمر فى مثل هذه الأوانى وبنفس الإسلوب الذى كان يتبعه هؤلاء الرومان كانت نسبة الرصاص فى الخمر تتراوح ما بين ٢٤٠ - ١٠٠٠ مجم / لتر وهى نسبة عالية جداً تؤدى إلى التسمم.

مصادر تلوث الأغذية بالرصاص:

يصل الرصاص إلى المواد الغذائية إما عن طريق البقايا التى تبقى بالتربة، أو عن طريق إستعمال المعدن نفسه أو السبائك التى تستخدم فى صناعة الأوانى والآلات

والعجوات التي تلامس الغذاء أثناء إنتاجه وحفظه. فالأواني التي تطلّى بالقصدير المحتوى على الرصاص، وكذلك الوصلات الملحومة وأنايب الرصاص قد تسبب كلها أو بعضها تلوثاً للمادة الغذائية، فقد لوحظ أنه بترك الماء فى أنابيب أو أوعية من الرصاص لأيام قليلة فإن تركيز الرصاص فى هذا الماء قد يصل لحوالى ١ مجم / لتر. كما أن استخدام (زرنخات الرصاص) المبيدات واستخدام رابع إيثيل الرصاص فى مخلوط البنزين كوقود للسيارات كمانع للفرقة Antiknock فإن هذه المبيدات وعوادم السيارات تبقى بقاياها على الخضر والفاكهة.

ومن المصادر الخطرة أيضاً للتلوث بالرصاص استخدام بعض أملاح الرصاص لعمل الكمادات أو لإحداث الإجهاض.

ومن الجدير بالذكر أن الرصاص العضوى المضاف للوقود يخرج مع عادم السيارات فى صورة غير عضوية على هيئة أكاسيد وكلوريدات وبروميديات الرصاص، والتي تتحول فى الجو إلى كربونات الرصاص وتمثل هذه العملية ٩٥٪ من مصادر تلوث الهواء بمركبات الرصاص فقد وجد أن السيارة الواحدة فى أمريكا الشمالية تلوث الجو بحوالى ٢,٥ كجم من الرصاص فى السنة ونظراً لصغر حجم جزيئات الرصاص فإنها تنتشر من منطقة إلى أخرى ولمسافات بعيدة وقد لا ترسب إلا بعد عدة أيام. ففى دراسة عن تلوث الهواء بمدينة القاهرة الكبرى وجد أن نسبة العالق من الرصاص فى الهواء تتراوح ما بين ٢٥ - ١١٠٠ مجم / م^٣ وهى نسبة عالية.

كما وجد أن متوسط عنصر الرصاص فى الأراضى الزراعية بالوجه البحرى بعيداً عن مصادر التلوث ١٥ جزء / مليون بينما يرتفع إلى ٢٢٦ جزء / مليون بالقرب من طريق القاهرة - الإسكندرية الزراعى وقدرت المساحة الملوثة على جانبى هذا الطريق بأكثر من ٦ آلاف فدان كما وجد أن المحاصيل التى تزرع بجوار هذه الطرق الرئيسية تحتوى نسبة عالية من الرصاص تصل لأكثر من ١٠٠ جزء / مليون من الوزن الجاف فى بعض الحالات. وينعكس ذلك على حيوانات اللبن التى تتغذى على الأعلاف الناتجة من هذه المحاصيل وكذلك الحيوانات التى تشرب من الترع والمصارف القريبة من هذه الطرق حيث ترتفع نسبة الرصاص فى لبنها.

أمثلة لتلوث بعض الأغذية بالرصاص

يصل الرصاص إلى الإنسان إما عن طريق التنفس (الجهاز التنفسي) أو عن طريق الغذاء (الجهاز الهضمي) ويمثل الرصاص فى الأغذية حوالى ٩٠٪ من الرصاص الذى يصل إلى الإنسان، ويبين الجدول (٤٣) متوسط ماقد تحويه بعض الأغذية من الرصاص.

جدول (٤٣) متوسط ما تحويه بعض الأغذية من الرصاص

المادة الغذائية	الرصاص مجم / كجم	المادة الغذائية	الرصاص مجم / كجم
الخضروات الطازجة	٠,٢٢	الحبوب	٠,١٧
الخضروات المعلبة	٠,٢٤	الأسماك واللحوم	٠,١٧
الفاكهة الطازجة	٠,١٢	ماء الشرب	٠,٠٠٥ (٥ µg / لتر)
الفاكهة المعلبة	٠,٤٠	اللبن	٠,٠٣

الرصاص فى المنتجات النباتية:

تزيد نسبة الرصاص فى الخضروات الورقية (الخبس - السبانخ - الكرنب) عن الخضروات الأخرى وذلك لزيادة قدرة النباتات الورقية على إمتصاصه (فمتوسط تركيز الرصاص فى السبانخ ٠,٠٤٥ مجم / كجم) بينما فى البصل ٠,٠٠٥ مجم / كجم والبصل نبات يمتص الرصاص بدرجة أقل.

كما أن الفاكهة التى يحتوى سطحها ذلى شعيرات (مشمش - الخوخ) تحمل كمية أكبر من الرصاص مقارنة بالفاكهة ذات السطح الأملس (جوافة - كمثرى ...).

وفى عمليات التصنيع والحفظ قد يزيد محتوى هذه الأغذية من الرصاص وذلك نتيجة إنتقاله من معدات التصنيع الغذائى ومن اللحام الجانبى لعلب الصفيح المستخدمة فى الحفظ وتتوقف كمية الرصاص والقصدير المأخوذه على نوع الصفيح المستخدم، وروع اللحام الجانبى، وخواص وتركيب الغذاء، فقد وجد أن كمية القصدير والرصاص تتناسب طردياً مع حموضة الغذاء ومايحتويه من حمض الأكساليك فتزيد فى صلصة الطماطم (إنخفاض pH) وفى السبانخ (حمض الأكساليك) خصوصاً عند تخزين العلب

لفترة طويلة حيث أن حموضة الصلصة وحمض أكساليك السبانخ يسببان تأكل العلبه من الداخل.

الرصاص فى المنتجات الحيوانية:

تحتوى المنتجات الحيوانية (لحم - لبن - بيض) على كمية أقل من الرصاص عن المنتجات النباتية كما أن الرصاص يتواجد فى اللبن بتركيزات أقل عن الأغذية الحيوانية والنباتية فى نفس المنطقة وهذا يدل أنه تحت الظروف الطبيعية فإن الثدييات الحلابه تمرر نسبة ضئيلة من الرصاص الملوث للغذاء أو الملوث للبيئة إلى لبنها وتعتبر هذه الثدييات مرشحات فعالة لهذه المواد.

وقد أشارت الدراسات إلى أن محتوى لبن الأم من الرصاص ٠,١٧ جزء فى المليون، وفى لبن البقر ما بين ٠,٠٠١ : ٠,٠٨٣ بمتوسط ٠,٠١٩ جزء فى المليون وتزيد فى مناطق مناجم الرصاص إلى ٠,١٤ جزء فى المليون فى لبن الأبقار. وفى نطاق القاهرة الكبرى وجد أن اللبن يحتوى ما بين ٠,٠٣ - ٠,٠٥ جزء فى المليون فى ألبان حيوانات المزرعة. وهذه النسب لا تمثل خطورة على صحة الإنسان ولكن فى عينات عشوائية من مدينة الزقازيق كان الرصاص (جزء / مليون) لبن مبسترأ ١,٥٠، لبن معقم ١,٠٨٧، لبن مركز ١١,٠٧١، لبن متخمّر ٤,٦٩٤، ولبن مجفف ٨,١٣٣ وهى تركيزات أعلى من الحدود المسموح بها فى اللبن ومنتجاته.

وفى إحدى التجارب غذيت الأبقار على عليقة تحتوى ١٣ مجم رصاص / ٥٠ كجم من وزن الجسم لمدة ٤ أشهر وكانت النسبة فى اللبن أقل من ٠,٠٥ جزء فى المليون وقد يرجع ذلك كما سبق إلى أن الحيوان يعمل كمرشح يحتجز المعادن الثقيلة ويقلل من وصولها إلى اللبن، ويتركز الرصاص الممتص من العليقة أساساً فى الكلى والكبد ويزداد هذا المحتوى بتقدم عمر الحيوان وهذا يدل على أن فضلات الذبيحة (كبد - كلى) تسهم بدرجة كبيرة من كميات الرصاص التى قد يتناولها الإنسان.

الرصاص والأغذية البحرية:

تتلوث الأسماك والحيوانات البحرية بالرصاص فى المناطق الصناعية التى يصل إلى مياه الأنهار والبحار التى تعيش فيها هذه الأسماك. ويبين الجدول التالى (٤٤)

تركيز الرصاص فى مياه نهر النيل وكذا فى أسماك البلطى والبياض التى تم صيدها من هذه المناطق.

جدول (٤٤) تركيز الرصاص فى مياه نهر النيل وكذا فى أسماك البلطى والبياض (جزء / البليون)

المنطقة	ماء النهر	السمك البلطى	السمك البياض
شبرا الخيمة	١٧٠٠	١٢٥١	١٥٨
إمبابة	١٦٦٠	٤٠٥	١٠٤٤
التحرير	١٢٧٠	٤٧٣	٦٨٨
الجيزة	١٣٢٠	٥٧٢	٣٦٥
المعادى	١٣٦٠	٥٣٦	٩٨١

وفى دراسة على بعض ملوثات المياه من المعادن الثقيلة وتأثيرها على سمك البلطى النىلى المستزرع فى إحدى المزارع الخاصة، وجد أن مستوى تركيز الرصاص فى المياه ٠,٤٩ جزء فى المليون (٤٩٠ جزء/ البليون) أى أعلى من الحد المسموح به من قبل منظمة الصحة العالمية WHO وهو ٠,٠٥ / جزء فى المليون (٥٠ جزء / بليون) كما كان مستوى الرصاص فى الجزء المأكول من أسماك البلطى المستزرع بلغ ٦,٥ جزء فى المليون (٦٥٠ جزء / بليون) وهى أيضاً أعلى من الحدود المسموح بها من قبل WHO.

وتحتوى الأسماك فى المياه غير الملوثة على نسبة منخفضة من الرصاص (أقل من ٨٠ جزء / البليون) وتشير الدراسات إلى ان المصانع تلقى فى البحار سنوياً مايزيد عن ٢٥٠ ألف طن من الرصاص، ومن الدراسات التى أجريت فى خليج تسالونيك باليونان وجد أن تركيز الرصاص فى أنسجة بعض الكائنات البحرية فى المنطقة الغربية من معمل إنتاج رابع إيثيل الرصاص يصل إلى ١٥٠ - ٤٨٠ جزء فى المليون ppm.

الإحتياجات الغذائية والتشريعات الخاصة بالرصاص:

تصل نسبة الرصاص بالجسم ١,٧ µg / جم فى الأنسجة، كما أن ٩٠٪ من الرصاص الموجود بالجسم يوجد بالعظام.

والإحتياجات الغذائية المسموح بها من الرصاص للبالغين $400 \mu\text{g}$ يومياً ويحصل الإنسان منها حوالي $10 \mu\text{g}$ من ماء الشرب ويحصل من الغذاء على $100 - 400 \mu\text{g}$ أما المتحصل عليها عن طريق الهواء فهو أقل من ذلك.

وتبعاً للهيئات الغذائية العالمية (WHO / FAO) فالحد الأقصى المسموح به من الرصاص هو $3 \text{ مجم} / \text{أسبوعياً} / \text{للفرد أو } 45 \mu\text{g} / \text{كجم من وزن الجسم أسبوعياً}$. ويعتبر تركيز $10 \mu\text{g} / \text{لتر دم}$ هو الحد الأقصى المسموح به. ويتراوح التركيز الحرج للرصاص في الدم ما بين $25 - 35 \mu\text{g} / \text{لتر}$ وقد تصل إلى $60 - 100 \mu\text{g} / \text{لتر}$ في دم الأفراد المعرضين للرصاص خاصة في البلاد المتخلفة.

وتبعاً للمواصفات الدولية فإن الحد الأقصى المسموح به لعنصر الرصاص في الغذاء هو جزء - 5 أجزاء في المليون ($1000 - 5000$ جزء في البليون) وفي اللبن $0,1$ جزء / مليون، والجرعة المميتة من الرصاص $0,5$ جم ومستوى الرصاص في الهواء الطلق يجب ألا يزيد عن $1,5 \mu\text{g} / \text{م}^3$.

إمتصاص وتمثيل الرصاص بالجسم

تدخل مركبات الرصاص إلى أنسجة الجسم عن طريق الفم (الجهاز الهضمي) والإستنشاق (الجهاز التنفسي)، وقد وجد أن $30 - 50\%$ من الرصاص المستنشق يصل مباشرة إلى الدم عن طريق الرئتين مسبباً ما يسمى بالتسمم بالرصاص Lead intoxication. ويمثل الرصاص في الأغذية 90% من الرصاص الذي يصل إلى الجسم. ويتوقف مدى إمتصاص الرصاص في القناة الهضمية على صورته الكيماوية، فالمركبات العضوية مثل رابع إيثيل الرصاص يمتص بمعدل 90% في القناة الهضمية وتتركز أساساً في العظام ولحد أقل في الكبد والكلى والعضلات والجهاز المركزي العصبي، أما مركبات الرصاص غير العضوية فهي أقل إمتصاصاً في القناة الهضمية إذ تبلغ الكمية الممتصة منه $5 - 10\%$ بالنسبة للبالغين، $40 - 50\%$ بالنسبة للأطفال ومن الجدير بالذكر أن مركبات الرصاص غير العضوية لا تمتص خلال الجلد، ويفرز الرصاص الممتص أساساً في البول والبراز بمعدل $60 - 75\%$ منه، كما يتوقف معدل إمتصاص الرصاص على عوامل تغذوية فيمتص بمعدل أكبر عند تناوله بعد صيام طويل (16 ساعة)، كما تزداد الكمية الممتصة منه بنقص الكالسيوم والحديد والزنك في الغذاء ويفسر ذلك إلى التنافس بين إمتصاص هذه العناصر وبين الرصاص في

مواقع الإمتصاص بالقناة الهضمية، كما تزداد الكمية الممتصة من الرصاص إذا كان الغذاء غنياً في الكربوهيدرات فقيراً في البروتين.

وتمثيل الرصاص في الجسم يشبه تمثيل الكالسيوم، ويمكن للرصاص أن يحل محل الكالسيوم في الجسم، ويخزن في صورة فوسفات الرصاص في العظام، والعوامل التي تساعد على تخزين الكالسيوم في العظام تعمل بدورها على تخزين الرصاص، ولكن يعود الرصاص المخزن إلى الدم مسبباً مشاكل في الكلى والجهاز البولى فى بعض الحالات كما هو الحال في الشيخوخة حيث تفقد العظام عناصرها المعدنية والتي منها الرصاص الذى سبق أن حل محل الكالسيوم.

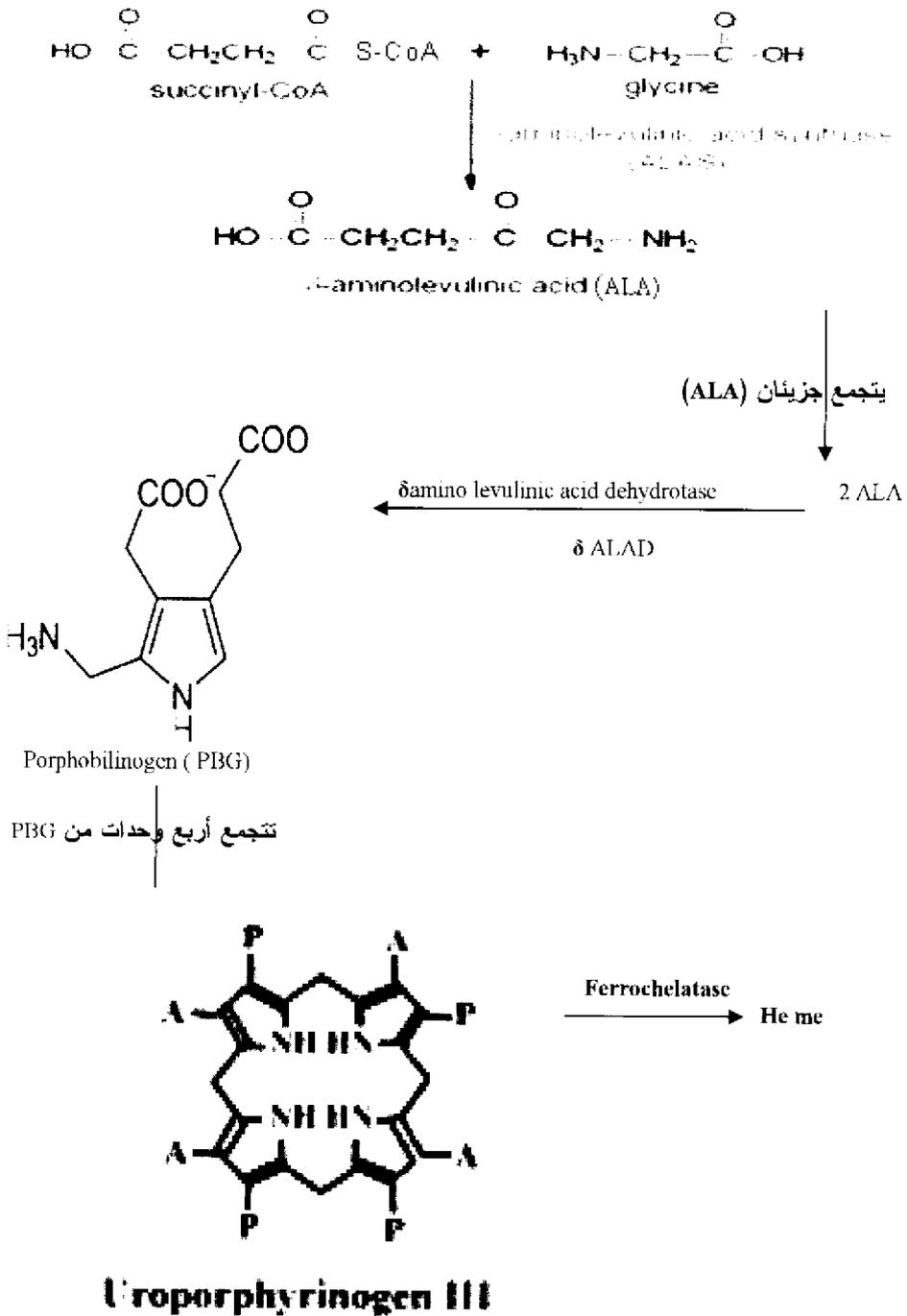
التأثير السام للرصاص وأعراض التسمم:

من الآثار الناجمة عن التلوث بالرصاص سوء الهضم والإمساك ونوبات شديدة من الألم في البطن، الهزال وفقدان الشهية، والصداع وزيادة العرق وشحوب اللون. وتعمل مركبات الرصاص على تثبيط كثير من التفاعلات الحيوية الهامة فى الجسم حيث وجد أن الرصاص فى الدم يعيق إفراز حمض اليوريك مما يؤدي إلى الإصابة بمرض النقرس. كما ينشأ عن التسمم المزمن الأنيميا، وذلك نتيجة إنخفاض نسبة الهيموجلوبين بالدم مما يؤدي إلى تلون اللثة بلون أزرق عندما تصل نسبة الرصاص فى الدم (٠,٦ - ٠,٨ جزء فى المليون) مع إصابة المريض باضطرابات نفسية وذهنية حيث يصاب بالتخلف العقلى، وصعوبة التعلم وفقدان النطق أو العمى والإفراط فى الحركة، والميل للسلوك العدوانى وخلل الجهاز الهضمى وتلف الكلى. وتتوقف هذه الأعراض على درجة التلوث إذ يوجد للتسمم بالرصاص ثلاث مراحل:

المرحلة الأولى:

وهى مرحلة لا عرضية Asymptomatic حيث لا يصاحبها تغير فى سلوك العضو أو إختلال فى وظيفته، ومن الأعراض المبكرة للتسمم البسيط بالرصاص هو الأنيميا البسيطة، إذ يسبب الرصاص خللاً فى تخليق الدم حيث أنه يثبط الأنزيمات اللازمة لتخليق الدم.

لذلك فإن ارتفاع مستويات الرصاص بالدم يسبب أنيميا وقصر مدة حياة الكرات الحمراء ويمثل التخطيط التالى ميكانيكية تكوين الهيم:



المرحلة الثانية:

وهى مرحلة ظهور الأعراض Symptomatic حيث تكون الأنيميا واضحة كما يظهر خلل بالجهاز العصبى المركزى والذى تتمثل فى زيادة الحركة، وتهور السلوك، وخلل الإدراك الحسى، وإرتعاش العضلات، وعدم القدرة على التنسيق فى الحركات وبطء الفهم وفقدان الذاكرة، وعدم الشعور بالراحة. ويصل مستوى الرصاص فى هذه المرحلة فى المخ والكبد ٥ - ١٠ أضعاف نسبته فى الدم مما يؤدي إلى تدمير المخ والجهاز العصبى.

المرحلة الثالثة:

وفىها تصل حدة التسمم إلى حد بعيد ومن أعراضها الفشل الكلوى والتشنج والإغماء والموت، وتحدث هذه الحالة نتيجة لبعض الحوادث الصناعية كتناول دهانات المنازل وتعاطى كميات كبيرة من بعض الخمور مثل moonshine whisky. وقد وجد أن أكثر حالات التسمم البسيطة بالرصاص تحدث بسبب تلوث مياه الشرب. ويوضح الجدول التالى (٤٥) العلاقة بين مستوى الرصاص بالدم وأعراض التسمم الناجمة عنه

جدول (٤٥) العلاقة بين مستوى الرصاص بالدم وأعراض التسمم بالرصاص

أعراض التسمم بالرصاص	مستوى الرصاص بالدم (مجم / ١٠٠ مل)
نقص الهيموجلوبين	٢٥ - ٥٠
أنيميا حادة	٥٠ - ٦٠
زيادة الحركة - قلة الإنتباه - العدوانية - خلل الجهاز العصبى	أكثر من ٦٠ وأقل من ١٢٠
قلة الفهم - فقدان الذاكرة - الفشل الكلوى - العمى - الموت	أكثر من ١٢٠

ويعتبر الأطفال والحوامل أكثر تأثراً بمركبات الرصاص. فهناك علاقة واضحة بين زيادة تركيز الرصاص فى جسم الأطفال ومستوى ذكائهم، إذ إن الرصاص يعيق نمو خلايا المخ والخلايا العصبية لهؤلاء الأطفال، كما وجد أن ٠,٦ جزء فى المليون من الرصاص فى دم الأطفال يؤدي إلى تسمم واضح والموت. وقد يرجع شدة تأثير الأطفال بالتركيزات القليلة من الرصاص لقلة محتوى جسمهم من الدم.

كما توجد علاقة بين الحوامل ومركبات الرصاص وأثر ذلك على الأطفال فقد وجد أن تركيز ٧ - ٨ مجم رصاص / ١٠٠ مل من دم الحامل يؤدي إلى تراكم الرصاص في الجنين وولادة أطفال لديهم تشوه خلقى أو أطفال ناقصي الوزن لديهم محتوى مرتفع من الرصاص في الدم (٢٥ µg / ١٠٠ مل) مما يجعلهم ذوي مقدرة ضعيفة للإستجابة للمؤثرات الضوئية والبصرية.

الإحتياطات الواجب مراعاتها لتقليل الأثار الضارة عن التلوث بالرصاص

- ١- عدم إستخدام العلب الملحومة بسبيكة لحام من القصدير والرصاص.
 - ٢- تعبئة العصائر فى عبوات زجاجية أو ورقية كرتون مبطن برفائق الألمونيوم والبولى إيثيلين.
 - ٣- عدم إضافته إلى البنزين فى آلات الحرق الداخلى.
 - ٤- العناية بعمليات تنظيف وتقسير الخضروات والفاكهة والتخلص من الأجزاء غير القابلة للأكل.
 - ٥- غلى الفاكهة والخضروات بعد تقشيرها قد يخفض من محتواها من هذا العنصر
- جدول (٤٦).

جدول (٤٦) تأثير عمليات الإعداد والتجهيز على محتوى بعض الخضروات من الرصاص (µg / كجم)

عملية الإعداد	فاصوليا خضراء	جزر	قنبيط	كرنب	بطاطس
المادة الخام	٤٥	٦٠	٦١	٤١	٢٩٩
تنظيف ميكانيكى	٤٠	٤٤	٣١	-	٧٢
تنظيف وغسيل	٢٥	٤٥	٢٨	٢٧	-
تقسير وغسيل	-	٣٤	-	٢٣	٢٤
غليان ثم تقشير	٢٨	-	٢٦	-	٢٧
تقسير ثم غليان	-	٣٦	-	٢٣	٢٤

الزئبق (Hg)

وجوده واستخداماته:

يعتبر الزئبق الفلز الوحيد الموجود فى صورة سائلة على درجة الحرارة العادية. وزنه الذرى ٢٠٠,٥٩ ورقمه الذرى ٨٠، وهو واسع الإنتشار فى البيئة إذ يوجد فى القشرة الأرضية فى صورة كبريتيد أحمر يسمى سينابار Cinabar ومنه يستخلص الزئبق.

ويستعمل الزئبق وأملاحه فى كثير من العمليات التصنيعية الكيماوية والكهربائية والطبية. فيستخدم الزئبق النقى فى علاج إنسداد الأمعاء bowl obstructtract، وفى صناعة بعض المراهم ammoniated mercury وصناعة بعض الأصباغ، والبطاريات والترموترات والمصابيح الكهربائية، وإستخلاص الذهب والفضة، وصناعة الورق لإزالة المواد الغروية.

وتستخدم أملاح الزئبق فى تطهير المعدات الطبية، وصناعة المبيدات خاصة تلك المقاومة للطحالب والفطريات التى تصيب محاصيل الحبوب قبل حصادها، مثل أمراض اللفحة والتبقع والتفحم، حيث يستخدم مركب إيثيل الزئبق ومثيل الزئبق فى مقاومة هذه الأمراض، ويستخدم إيثيل الزئبق فى معالجة تقاوى الحديد من الحبوب. ويستخدم أكسيد الزئبق فى معالجة قاع السفن لحمايتها من الطحالب وبعض القواقع.

مصادر التلوث بالزئبق

تعتبر البيئة المائية من أكثر البيئات عرضة للتلوث بالزئبق، وذلك من المخلفات الصناعية التى تحتوى على الزئبق ويلقى بها فى هذه البيئة لتصل فى النهاية إلى الأنهار والبحيرات، حيث تتحول مركبات الزئبق غير العضوية فى رواسب هذه الأنهار إلى مركبات عضوية مثل ميثيل الزئبق الشديدة السمية ومنها ثنائى ميثيل الزئبق Dimethyl mercury والذى يزداد معدل تكوينه فى الوسط القلوى، وهو أكثر قابلية

للتطير عن أحادي مثيل الزئبق Mono methyl mercury والذي يزداد معدل تكوينه في الوسط الحامضي. ويحدث التحول من الصورة غير العضوية إلى الصورة العضوية بفعل بعض الميكروبات التي تضيف مجموعة المثل بيولوجياً Biological methylation إلى الصورة غير العضوية. ومن هذه الميكروبات بعض البكتيريا مثل: *Clostridium*, *Pseudomonas*, *Enterobacter*, *E. coli* وبعض الفطريات مثل *Neurospora*, *Aspergillus*.

وتعتبر صناعة الكلور والصودا الكاوية من كلوريد الصوديوم أحد المصادر المهمة لتلوث الهواء بعنصر الزئبق، حيث ينبعث ٠,١ - ٢ كجم من الزئبق في صورة بخار زئبق لكل ٢٠٠ كجم كلور، ومن مصادر تلوث الهواء بالزئبق الأصباغ ومحطات الطاقة التي تعمل بالفحم ويسبب بخار الزئبق آثاراً خطيرة على الجهاز العصبي. ومن مصادر التلوث بالزئبق أيضاً أحجار البطاريات الصغيرة والتي تستخدم في الكاميرات وساعات الأذن والتي يمكن أن يبتلعها الأطفال. كما قد يتلوث اللبن عن طريق استعمال المراهم المحتوية على الزئبق لمقاومة الطفيليات التي تصيب الحيوانات الحلابة وكذلك من الحبوب المعالجة عند تغذية الحيوانات عليها مما يؤدي إلى إفرازه باللبن، كما يعتبر شرب الحيوانات من مياه المجارى المائية المحتوية على مخلفات بعض المصانع إحدى مصادر التلوث. وقد ينتقل الزئبق عن طريق الهواء الجوى، إذ يولد بخاراً على درجات الحرارة العادية ينطلق باستمرار في الهواء المحيط. ويزداد ذلك بالعمليات الصناعية التي تستخدم فيها الحرارة.

أمثلة لتلوث بعض الأغذية بالزئبق

يحتوى غذاء الإنسان العادى على ما لا يقل عن ٥ µg / كجم من الغذاء. ويبين الجدول (٤٧) متوسط كمية الزئبق في بعض الأطعمة.

جدول (٤٧) متوسط ماتحتويه بعض الأغذية من الزئبق

المادة الغذائية	الزئبق µg / كجم جاف	المادة الغذائية	الزئبق µg / كجم جاف
الأسماك	٢٠٠	الخضروات	١٠
الحبوب	١٠	منتجات الألبان	٥
اللحوم	١٠	اطعمة أخرى	٥

ومن الجدول يتضح ان معظم الأغذية (عدا السمك) تحتوى على نسبة ضئيلة من الزئبق في صورة مثيل الزئبق تفل عادة عن ١٠ جزء في المليون.

الأطعمة البحرية:

تعتبر الأطعمة البحرية المصدر الرئيسى للزئبق في غذاء الإنسان، إذ يصل تركيز الزئبق بها ألف ضعف الموجود بالبيئة، كما أن المحاررات يتجمع فيها الزئبق من البيئة المائية لمعدل يصل إلى ثلاثة آلاف ضعف الموجود في الوسط المائى الموجودة به. وتشير الأبحاث أن ٩٩٪ من أسماك العالم تحتوى نسبة من الزئبق أقل من ٥٠٠ µg / كجم في المياه غير الملوثة وتزيد هذه النسبة في أسماك المياه الملوثة لأكثر من ١٠٠٠ µg / كجم، وتحتوى الأسماك الكبيرة مثل التونة والماكريل على نسبة أعلى من الزئبق عن الأسماك الصغيرة مثل السردين، ويرجع ذلك إلى طبيعتها المفترسة (للأسماك الأخرى). كما تحتوى الحيوانات البحرية (الجمبرى - الأصداف) على تركيزات عالية أيضاً بسبب طول مدة حياتها بالمقارنة بالأسماك.

ورغم ان المخلفات الصناعية التى تصرف فى الأنهار والمجارى المائية تحتوى على تركيزات ضئيلة من الزئبق لانتجاوز ٠,١ جزء فى المليون، إلا أنه ونظراً للخواص التراكمية للزئبق داخل الأنسجة الحيوانية، فقد يصل تركيز الزئبق فى أنسجة بعض الأسماك إلى حوالى ٥٠ جزء / مليون، أى أن معامل التراكم يبلغ ٥٠٠ ضعف من المياه الملوثة. وتقوم الأسماك بتجميع وتخزين الزئبق فى صورة فنيال الزئبق الذى يرتبط ببروتينات هذه الأسماك بواسطة إحدى ذرات الكبريت. ويبين الجدول (٤٨) تركيز الزئبق (جزء فى البليون) فى مياه نهر النيل وأسماك البلطى والبياض التى تم صيدها منه فى نطاق القاهرة الكبرى.

جدول (٤٨) تركيز الزئبق فى مياه نهر النيل وأسماك البلطى والبياض (جزء/ البليون)

المنطقة	ماء النهر	السمك البلطى	السمك البياض
شبرا الخيمة	٣,٥٦	٣,٠٦	٢,٧٦
إمبابة	٣,٥٩	٠,٢٩	٤,٧٣
التحرير	٣,٤٩	٨,٥٩	٤,٧٤
الجيزة	٣,٠٤٦	١,٤٦	١,٠٢
المعادى	٣,٣٩	٠,٣٩	٢,٣٤

ونظراً لأن مركبات الزئبق منها ما هو قابل للتطاير، لذا قد ينخفض محتوى الزئبق في الأسماك نتيجة المعاملات الحرارية ويوضح الجدول (٤٩) تأثير المعاملات المختلفة على محتوى الزئبق في الأسماك.

جدول (٤٩) تأثير المعاملات المختلفة على محتوى الزئبق في الأسماك (ميكروجرام / جرام)

نوع السمك	المعاملة	محتوى الزئبق في العينة الخام	محتوى الزئبق في العينة المعاملة
الأشوجة	قلي	٠,٢٠٠	٠,١١٧
	تخليل في الخل	٠,٢٠٠	٠,١٣٠
التونة	قلي	٠,٣٨٠	٠,٢٩٠
	طهى مع الطماطم	٠,٣٨٠	٠,٢٦٠

حيوانات المزرعة:

تركيز الزئبق في حيوانات المزرعة أقل بكثير من تركيزه في الحيوانات المائية، فتحتوى عضلات الماشية على ٠,٠١ - ٠,٠٤ مجم / كجم، وقد يتلوث اللبن بالزئبق عن طريق لحس الحيوان للمراهم المحتوية على الزئبق والتي يعالج بها لمقاومة الطفيليات، وكذلك عن طريق إستخدام الحبوب المعالجة بالزئبق في تغذية الحيوانات. وينقدير الزئبق في عينات عشوائية من لبن مبستر وآخر معقم من مدينة الزقازيق بجمهورية مصر العربية كان تركيز الزئبق ٠,٠٨٦ جزء / مليون في اللبن المبستر، ٠,٠٩١ جزء / مليون في اللبن المعقم أما لحوم الدواجن وخاصة الطيور الجارحة وكذا لحوم الخنزير والتي تتغذى على مساحيق الأسماك فقد تحتوى على نسبة أعلى من الزئبق مقارنة بلحم البقر.

الحبوب:

حدثت حالات تسمم خطيرة بمركبات الزئبق في عديد من الدول نتيجة تناول الإنسان أو الحيوان حبوب تقاوى سبق معاملتها بمركبات الزئبق للقضاء على بعض الفطريات التي تفتك بها، وذلك أدى إلى تسمم مباشر أو غير مباشر ومن أمثلة ذلك ما حدث سنة ١٩٧٢ بالعراق حيث بلغت حالات التسمم ٦٠٠٠ حالة وكان عدد الوفيات ٥٠٠ وفاة.

الإحتياجات الغذائية والتشريعات الخاصة بالزئبق:

الحد المسموح بالزئبق فى السمك والمحارات تبعاً FAO = $500 \mu\text{g}$ / كجم وذلك أيضاً فى معظم دول العالم مثل الولايات المتحدة وسويسرا، أما فى ألمانيا فالحد المسموح به فى السمك $1000 \mu\text{g}$ / كجم بشرط ألا تزيد نسبة مثيل الزئبق عن ٦٥٪ من إجمالى مركبات الزئبق. وبالنسبة للأغذية الأخرى غير السمك فإن الحد المسموح به حسب WHO = $5 \mu\text{g}$ / كجم. وفى اللبن ومنتجاته فإن الحد المسموح به فى معظم دول العالم هو $10 \mu\text{g}$ / كجم وتبعاً لهيئات FAO/WHO، فإن الحد الأقصى المسموح به من الزئبق إسبوعياً لايتجاوز $0,3$ مجم / للفرد أى ما يعادل $0,005$ مجم/ كجم من وزن الجسم. والإحتياجات الغذائية من الزئبق أقل بكثير من الحد الأقصى المسموح به، وتعطى الأسماك حوالى ٨٤ - ١٠٠٪ من إحتياجات الإنسان الغذائية من الزئبق. والجرعة المميته من الزئبق هى واحد جرام وتقدر كمية الزئبق فى الأنسجة لأشخاص ماتوا نتيجة التسمم بالزئبق (كما فى العراق سنة ١٩٧٢) كانت تلك الكمية ١٥ جزء/ المليون فى الدم، ٨ - ٩ جزء / مليون فى انسجة الكلى.

إمتصاص وتمثيل الزئبق:

الزئبق سم تجمعى يخزن أساساً فى الكبد والكلى، ويختلف معدل إمتصاصه وتراكمه باختلاف العضو والصورة التى يوجد عليها الزئبق. فالزئبق فى صورة معدن نقى قليل الإمتصاص فلايمتص منه أكثر من ٠,٠١٪ فى القناة الهضمية، والباقى يطرده الجسم، وليس من المحتمل أن يسبب تسمماً لذا يستخدم فى علاج إنسداد الأمعاء.

أما مركبات الزئبق غير العضوية وهى قابلة للذوبان فى الماء فيمتص منها حوالى ٢٪ ويؤدى ذلك لأضرار بالكلى وزيادة اليوريا بالدم Uremia وإحتباس البول Anuria والتسمم الحاد بأملاح الزئبق المعدنية يسبب فشل كلوى. ومن الأعراض المبكرة للتسمم بمركبات الزئبق غير العضوية إضطراب القناة الهضمية وآلام البطن والغثيان والقئ والإسهال الدموى وإضرار الكلى. والجرعة السامة للكلى أكثر من ١٥٧ جزء / مليون من أملاح الزئبق.

أما مركبات الزئبق العضوية وهي ذائبة في الدهون فهي اشد سمية وتسبب تسمماً للجهاز العصبي، ويسبب التسمم الشديد فقد حساسية الجلد. وتختلف الكمية الممتصة منه باختلاف نوع الزئبق، ففي تجارب على الفئران يمتص ٢٠٪ منها إذا كان الزئبق في صورة خلات زئبق أما إذا كان في صورة مثيل الزئبق Methyl mercury والذي هو أحد ست مواد شديدة السمية في البيئة فهو يمتص تماماً في القناة الهضمية، وينتقل بسرعة في مجرى الدم حيث يرتبط بكرات الدم الحمراء وبروتينات البلازما ثم ينتقل إلى الكلى والقولون والعضلات كما يتجمع في المخ. ويقال أن تركيز مثيل الزئبق في المخ يعادل عشر مرات الموجود بالدم، كما أن تركيزه في دم الأجنة يزيد عن الموجود بدم الأمهات، وقد يعزى ذلك لزيادة هيوجلوبين الدم في دم الأجنة.

أما أبخرة الزئبق فهي سامة وتنتقل إلى خلايا المخ حيث تتأكسد مما يؤدي إلى التسمم، إذ يحدث تحطيم غير عكسي للنظام العصبي وتكسير في الكروموسومات.

التأثير السام للزئبق وأعراض التسمم :

جميع مركبات الزئبق سامة للكائنات الحية بدرجات متفاوتة، إلا أن مركبات الزئبق العضوية أشدها سمية وخطورة لأن الجسم البشري يمكنه طرد مركبات الزئبق غير العضوية عن طريق البول. وعموماً فمن ظواهر التسمم بالزئبق في الحالات الخفيفة: الصداع والشعور بالتعب وضعف الحس في الأطراف واليد وحول الشفاهة. وفي الحالات الشديدة يحدث تلف للكبد والجهاز العصبي المركزي مما يؤدي لعدم القدرة على تنسيق الحركات وعدم وضوح الكلام وتشوش الرؤية والعمى وفقد السمع والموت في النهاية. كما أن تعرض الحامل لمثيل الزئبق تعطي مولوداً متخلفاً عقلياً مع احتمال إصابته بالشلل وقد وجد أن حالات الوفاة بين الحوامل أعلى. وللزئبق القدرة على إحتراق الأنسجة الواقية للجنين في بطن الأم والوصول إلى الجنين، وإحداث تلف بالمخ.

وفي بعض حالات التسمم قد يحدث شفاء تدريجي بعد مرور ٢ - ٣ أشهر من إنقطاع التعرض لمركبات الزئبق، وذلك مع تناول المريض بعض المركبات التي تتحد مع مركبات الزئبق مثل المواد المكلبشة والتي منها Dimercaprol فهي من المواد التي تقلل أو تعطل التأثير السام للزئبق خاصة إذا أعطيت مبكراً وقبل بدء الزئبق مفعوله،

كما أن إستخدام مدرات البول مثل المانيتول من المواد التى تدخل فى علاج وإسعاف التسمم بالزئبق.

ملحوظة: من أعراض التسمم بالزئبق إرتفاع مستوى مثيل الزئبق بالدم (٠,٢ mg / مل)
وإرتفاع زئبق البول (٠,٣ مجم / يوم) ووجود بروتين بالبول Proteinurea
ووجود دم بالبول Hematurea.

الكاديوم (Cd) Cadmium

وجوده وإستخداماته:

يوجد فى الطبيعة حيث يوجد الزنك. ووزنه الذرى ١١٢,٤١ ورقمه الذرى ٤٨. وتوجد مركبات الكاديوم فى صورة مؤكسدة فقط، ومكوناته العضوية غير ثابتة، ويكون مركبات معقدة مع NH₃, Cn, Br, Cl كما أن له القدرة على الإرتباط بالمركبات المحتوية على الكبريت وكذا المحتوية على الأكسجين. كما يوجد الكاديوم فى وقود الديزل المستخدم فى سيارات النقل وبعض الموتورات المستخدمة فى الزراعة والصناعة، ويعتبر ذلك مصدراً لتلوث الخضر والفاكهة خاصة فى الحقول القريبة من الطرق (كالطريق الزراعى القاهرة - إسكندرية) فقد وجد أن تركيز الكاديوم يقل كلما بعدت المسافة عن الطريق. كما تعتبر الفضلات الأدمية مصدراً رئيسياً للكاديوم فى التربة، وكذلك الأسمدة الفوسفاتية، وتقدر كمية الكاديوم التى تصرف فى البحار بأكثر من ١٠٠٠ طن سنوياً. كما ينتج الكاديوم كنواتج ثانوى من مناجم الرصاص والزنك. كما يوجد فى التبغ وغيره من المحاصيل الزراعية خاصة التى تسمد برواسب الفضلات الأدمية كما يوجد فى المياه نتيجة تلوثها من الأنابيب المجفنة بسبائك من الكاديوم.

والكاديوم من المعادن التى تستخدم فى جلفنة المعادن الأخرى، وطلاء الأوانى لحمايتها من الصدأ حيث لايتأثر إلا قليلاً بالماء والهواء على درجة الحرارة العادية. كما يدخل فى اللحم وصناعة البطاريات والمبيدات الحشرية، والصبغات المستخدمة فى البلاستيك والمطاط الصناعى والألياف الصناعية واللدائن والحبر والدهانات، كما

يستخدم فى سفن الفضاء والغواصات والصناعات النووية كمادة ماصة للنيوترونات، وفى صناعة الخلايا الشمسية. وصناعة الصواريخ النارية حيث يلون اللهب بلون أزرق، ويستخدم فى مختبرات الأدلة الجنائية للكشف عن البصمات.

مصادر تلوث الأغذية بالكاديوم:

صرف مخلفات المصانع والمناجم المحتوية على مركبات الكاديوم مثل مخلفات صناعة البطاريات الجافة والأصباغ، وكذلك المخلفات الأدمية فى المياه. وإستخدام هذه المياه فى الري وكذا إستخدام الأسمدة الفوسفاتية المحتوية على الكاديوم، ومخلفات إحتراق الديزل.

وللكاديوم ميل للتجمع والتراكم فى أنسجة الكائنات الحية النباتية والحيوانية، حيث يتراكم أولاً فى الطحالب ثم الأسماك ومنها إلى الإنسان والحيوان خاصة تلك التى تتغذى على مخلفات ومساحيق الأسماك مثل الدواجن والخنازير.

أمثلة لتلوث بعض الأغذية بالكاديوم:

تحتوى معظم الأغذية على نسبة ضئيلة من الكاديوم أقل من $500 \mu\text{g} / \text{كجم}$ عادة، ولكن تحتوى الأسماك والأغذية البحرية والكلى على نسب أعلى بكثير من ذلك، ويبين الجدول (٥٠) محتوى بعض الأغذية من عنصر الكاديوم ($\mu\text{g} / \text{كجم}$)

جدول (٥٠) محتوى بعض الأغذية من عنصر الكاديوم ($\mu\text{g} / \text{كجم}$)

المادة الغذائية	محتواها من الكاديوم ($\mu\text{g} / \text{كجم}$)	المادة الغذائية	محتواها من الكاديوم ($\mu\text{g} / \text{كجم}$)
الماء	١ - ٢١	اللحوم	٢ - ٦٩
الخبز	٢ - ٤٣	الأسماك	٥٠ - ٣٦٦
الفاكهة	٢ - ١٩	الكلى	١٠٠,٠٠٠
الخضار	٢ - ٥١	المحار	٢٠٠,٠٠٠ - ٣٠٠,٠٠٠

الكادميوم فى المنتجات النباتية:

لبعض النباتات مثل البطاطس والجزر وكذا الورقية كالخس والسبانخ وعيش الغراب القدرة على تجمع الكادميوم من التربة، فمثلاً يبلغ تركيز الكادميوم فى السبانخ كنموذج مجمع للمعدن ٦٥ µg / كجم، وفى البصل كنموذج أقل قدرة على تجمعه ١١ µg / كجم.

وللعمليات التكنولوجية تأثير على محتوى هذه الأغذية من الكادميوم، حيث تؤدي عمليات التنظيف والتقشير والغسيل والطبخ وكذا التخلص من الأجزاء غير المأكولة إلى تقليل محتواها من الكادميوم. بينما يؤدي عملية تحضير بروتين فول الصويا المعزول Isolate إلى زيادة تركيز المعدن فى الناتج النهائى ويعلل ذلك بقدرة المعدن على الارتباط بالبروتين.

جدول (٥١) محتوى بعض الخضروات من الكادميوم وأثر العمليات التكنولوجية (µg / كجم)

عملية الإعداد	فاصوليا خضراء	جزر	قنبيط	كرنب	بطاطس
المادة الخام	٦	٢٧	٩	١٤	٢٥
تنظيف ميكانيكى	٥	٢٨	٩	-	٣٢
تنظيف وغسيل	٥	٢٥	٩	١٢	-
تقشير وغسيل	-	٢٢	-	١٣	٣٢
غليان ثم تقشير	٥	-	١٠	-	٢٩
تقشير ثم غليان	-	١٩	-	١٦	٢٢

فول صويا خام ٦٠ ميكروجرام / كجم

بروتين فول صويا معزول ١٩٠ ميكروجرام / كجم

الكادميوم فى المنتجات الحيوانية:

الكادميوم فى حيوانات المزرعة: يصل الكادميوم إلى حيوانات المزرعة عن طريق العليقة، ويتركز أساساً فى الكلى والكبد، ويرتفع تركيزه فى هذه الأعضاء بتقدم عمر الحيوان، فقد وجد أن تركيز الكادميوم فى أنسجة الكلى لحيوان عمره ٣,٥ شهر وأخر عمره ٥ سنوات تبلغ ٢٤٥ µg، ٩١٧ µg / كجم على التوالي.

ويوجد الكاديوم في اللبن بتركيزات عالية نسبياً وقد يرجع ذلك لتغذية الماشية على علائق خضراء إستخدم في تسميدها فوسفات محتوية على الكاديوم، فقد قدرت نسبته في بعض الأبحاث في اللبن السائل ما بين ١٧ : ٣٠ $\mu\text{g} / \text{كجم}$ ، وفي نطاق القاهرة الكبرى تراوحت نسبته في اللبن ما بين ٣٠ : ٣٤٠ $\mu\text{g} / \text{كجم}$. كما أوضحت الدراسات أن وجود الكاديوم في العليقة يقلل من إنتاج اللبن. وأظهرت الدراسات بالنظائر المشعة أن الكاديوم ينتقل من بلازما الدم إلى اللبن.

وفي دراسة أجريت على أثر بعض العمليات التصنيعية للبن تبين كما هو في جدول (٥٢) أن نسبته في اللبن وبعض منتجاته أعلى من الحدود المسموح بها (وهي ٥ $\mu\text{g} / \text{كجم}$ Carl.1991)

جدول (٥٢) الكاديوم وأثر العمليات التصنيعية ($\mu\text{g} / \text{كجم}$) باللبن

لبن مجفف	لبن مبخر	لبن مركز	لبن معقم	لبن ميستر
٦٠٤	٣١٨	٤٣٨	٦٠	٣٨

الكاديوم في الأسماك والأغذية البحرية:

من الأغذية المتوقع تواجد الكاديوم فيها بتركيزات مرتفعة الأسماك والأصداف حيث تصل في هذه المنتجات إلى أكثر من ٤٠٠ $\text{مجم} / \text{كجم}$ ويتوقف ذلك على معدل تلوث المياه التي تعيش فيها هذه الحيوانات. ويبين الجدول (٥٣) تركيز الكاديوم في مياه نهر النيل في بعض مناطق القاهرة ونسبة هذا العنصر في أسماك البلطي والبياض في هذه المناطق.

جدول (٥٣) تركيز الكاديوم (جزء في المليون)

في مياه نهر النيل وسمك البياض والبلطي في بعض مناطق القاهرة الكبرى

المنطقة	ماء النهر	سمك بلطي	سمك بياض
شبرا الخيمة	٤٤	٥١	٨٥
إمبابة	٧٦	٣٢	٧٣
التحرير	٢٢	٧١	٢٤
الجيزة	٢٥	٣٠	١٦
المعادي	٢٥	٣١	٢٧

ملاحظات:

كان تركيز الكاديوم في عينات المياه لإحدى المزارع الخاصة بتربية السمك ٠,٣٤ جزء في المليون (أعلى من المعدل المسموح به من قبل منظمة الصحة العالمية WHO في المتوسط ٠,٠٠٥ جزء في المليون). وتركيزه في الجزء المأكول من السمك ٣,١ جزء في المليون (أعلى من الحد المسموح به من قبل WHO ٠,١ جزء / مليون)، ويتعرض السمك (معملياً) لتركيز ٥ جزء / مليون وصلت نسبة النفق ٨٪ ويتعرض السمك أيضاً (معملياً) لخليط من الكاديوم (٥ جزء / مليون) والرصاص (٢٠ جزء / مليون) كانت نسبة النفق ٨٨٪ بينما لم تسجل أى نسبة نفوق عند تعرض الأسماك لتركيز ٢٠ جزء / مليون رصاص فقط.

التشريعات الخاصة بالكاديوم:

الحد الأقصى المسموح بتداوله هو ٥٠٠ µg / إسبوعياً / للفرد أى حوالى ٧٠ µg / يومياً للفرد البالغ. وفي الماء ١ - ١٠ مجم / لتر وفي الأسماك ومنتجاتها ٠,١ جزء / مليون. وقد ظهرت أعراض تسمم الكاديوم في الفئران بجرعة ٢٥٠ µg / كجم.

تمثيل الكاديوم بالجسم

يمتص الكاديوم في القناة الهضمية، ويتوقف معدل الإمتصاص على العمر ونوعية الغذاء، فتزيد في صغار الحيوانات فقد وجد أن الكمية الممتصة في فئران عمرها ٢، ٢٤ ساعة تعادل ٢٠، ١٠ أضعاف على التوالي للحيوانات الكبيرة (٦ أسابيع). كما تتوقف الكمية الممتصة تبعاً لنوع الغذاء، فتزيد بإرتفاع الكالسيوم والبروتين والزنك في الغذاء، والكمية الممتصة في حالة التغذية على لبن تعادل ٢٠ ضعف الممتصة في حالة عدم وجود اللبن. ورغم أن الممتص من الغذاء في القناة الهضمية قليل (٣ - ٥٪) إلا أن ٤٠٪ من المستشق يمتص، ولذا فإن السجائر مصدر للكاديوم المستشق في صورة معدن أو أكسيد.

ويتوزع الكاديوم الممتص على جميع أعضاء الجسم خاصة الكلى والكبد والطحال وذلك بعد ٤٨ ساعة من دخول الجسم، ففي الجرعات الصغيرة فإن ٥٠٪ من الكاديوم يكون في الكلى والكبد والباقي في بقية الأعضاء، وفي الجرعات المتوسطة يعادل

المتجمع فى الكلى عشرة أمثال المتجمع فى الكبد، وفى الجرعات العالية يتساوى المتجمع فى الكلى مع المتجمع فى الكبد.

والكاديوم الممتص فى الجسم يتميز بطول مدة نصف حياته الحيوية Biological half life فهى تتراوح ما بين ٢٠ - ٤٠ سنة، ويعزى ذلك إلى إرتباطه ببروتين Metallo thionein وهو بروتين معدنى صغير الوزن الجزيئى يقوم بنقل المعادن خلال الجسم، وأن ٨٠ - ٩٠% من الكاديوم الموجود بالجسم يرتبط بهذا البروتين، وقد وجد أن تخليق هذا المركب يزيد بزيادة معدل الكاديوم والزنك بالجسم حيث يكون معه معقد يسمى Cadmium metallothionein complex ينتقل إلى الكلى ويرشح خلال Glomerulus ويعاد إمتصاصه فى نهاية الخلايا الأنبوية Proximal tubular cells وفى هذه الخلايا يتكسر المعقد بإنزيمات Proteases لينطلق الكاديوم الذى يتلف الخلايا أو يعود لإرتباطه بالبروتين مرة أخرى وهذا مما قد يفسر لماذا تكون الكلى هى أكثر أعضاء الجسم تركيزاً فى الكاديوم رغم أن Metallothionein يوجد فى أعضاء أخرى، ونلاحظ أن بروتين Metallothionein لا يقلل من سمية الكاديوم، بل نجد أن معقد Cadmium metallothionein أكثر من سمية الكاديوم بمفرده.

التأثير السام وأعراض التسمم:

تعتبر الكلى أكثر الأعضاء تأثراً بالكاديوم فيزداد إفراز الجلوكوز والبروتين والأحماض الأمينية وحمض البوريك، يليها الكبد فالطحال حيث ينقص مستوى الإنسولين، كما يحتجز فى العظام فيجعلها هشة سهلة الكسر ويطلق على هذا المرض فى اليابان إسم Itai-itai الأيتاي إيتاي (Ouch ñ ouch) حيث ثبت تأثير الكاديوم على العظام فى نساء تغذت على أرز ملوث بالكاديوم. وكلمة Itai-itai كلمة يابانية (للتألم) نتيجة الآلام الناتجة عن العظام المشوهة وفى الجرعات العالية ٢٠٠٠ µg / كجم يحدث ضمور للخصى وغدة البروستاتا، إذ أن الكاديوم يعمل على قلة توارد الدم إليها مما يؤدى إلى نقص الأكسجين والمغذيات الواصلة إليها، كما قد يحدث للخصى موت موضعى Necrosis مع تحلل وفقد تام للحيوانات المنوية، كما أن الكاديوم يؤدى إلى زيادة معدل إفراز الأدرينالين وزيادة Dopamine فى المخ وهذه أعراض التسمم المزمنة. ومن أعراض التسمم الحادة الغثيان والقئ والإسهال وكثرة اللعاب. وهناك

أبحاث تشير إلى أن الكادميوم عامل رافع لضغط الدم ومسرطن، إلا أن هذه النتائج لم تتأكد في الإنسان. وهناك عناصر غذائية تقلل من سمية الكادميوم منها الزنك والسيلينيوم والنحاس والحديد وحمض الإسكوريك، وغير معروف بالضبط تفسير التأثير الواقى لهذه العناصر.

وفي حالة التسمم بالكادميوم يعطى المصاب اللبن وبياض البيض ومواد طاردة للسم (مسهل) Cathartics.

الزرنيخ Arsenic

وجوده وإستخداماته:

هو معدن شديد السمية، قد يؤدي للموت السريع، ويرتبط عادة بحوادث القتل. وزنه الذرى ٧٤,٩٢٢ ورقمه الذرى ٣٣. ويدخل الزرنيخ ومركباته فى صناعة السيراميك والزجاج والغراء وحفظ الجلود الحيوانية والأخشاب، وكمادة فعالة فى كثير من المبيدات مثل زرنبيخات الكالسيوم التى تستخدم مخلوطة مع الجير المطفاً ومسحوق الكبريت فى مقاومة دودة القطن، وزرنبيخيت الصوديوم الذى إستخدم كمبيد للحشائش وتجهيز الورق القاتل للذباب، ونظراً لسميته الشديدة فقد منعت كثير من الدول إستخدامه. وقد يدخل بجرعات دقيقة جداً فى تحضير بعض العقاقير الطبية.

مصادر التلوث:

يصاحب هذا العنصر العديد من خامات الكبريتيد المعدنية، فهو ينبعث من المسابك كملوث للهواء الجوى، كما يحتوى الفحم الحجرى على نسبة من الزرنيخ تتطلق منه عند إحتراقه، كما أن رماد الفحم يعتبر أحد المصادر الهامة للزرنيخ الذى يمكن أن يذوب وينتشر فى المياه والتربة ملوثاً إياها وبذا يدخل فى السلسلة الغذائية للإنسان.

أمثلة لتلوث بعض الأغذية بالزرنيخ :

رغم أن كثيراً من الدول منعت استخدام الزرنيخ ومركباته لشدة سميته، إلا أنه ونظراً لسعة إنتشاره في الماضي وكثرة استخداماته فهو يوجد في الطبيعة، ومعظم الأغذية وإن كان بنسب صغيرة ويوضح الجدول التالي (٥٤) وجود الزرنيخ في بعض الأطعمة.

جدول (٥٤) متوسط ما تحتويه بعض الأغذية من الزرنيخ (μg / كجم)

المادة الغذائية	مياه الشرب	اللحوم والأسماك	الخضروات النشوية	الحبوب	خضروات غير نشوية	منتجات ألبان
متوسط محتواها من الزرنيخ μg / كجم	٢٠٠ : ٠	٦٠,٢	١٣,٦	٨,٦	٢,٦	٢,٦

تمد المنتجات الحيوانية والحبوب والخضروات والنشوية أكثر من ٦٥٪ من الزرنيخ الذي يحصل عليه الإنسان في غذائه اليومي حيث يحصل الإنسان على ٢,٦ : ١٠٠ μg يومياً. ومعظم الزرنيخ الموجود في الأغذية يوجد في صورة مركبات عضوية منخفضة السمية.

الزرنيخ في الأسماك وبعض الأصداف :

تختلف نسبة الزرنيخ فيها باختلاف أنواعها فمثلاً الرنجة (٠,٨ - ١,٤٣ مجم / كجم) - سمك القد (٠,٦ - ٧,٢٩) - الجمبرى (٣,٢ - ٢٥,٧) الإستاكوزا (١,٥ - ١٢٢).

الزرنيخ في الخضروات:

تتأثر مستويات الزرنيخ في الخضروات والبطاطس بدرجة كبيرة بعملية التحضير والطبخ فمثلاً يؤدي التقشير، التنظيف والغليان إلى فقد كبير في الزرنيخ في الغذاء النهائي، فقد يصل الإنخفاض إلى ٧٠٪ في الخضروات بينما تتخلص البطاطس من الزرنيخ بصورة كاملة تقريباً.

الإحتياجات الغذائية والتشريعات الخاصة بالزرنيخ:

يحصل الإنسان يومياً في غذائه على حوالي ٢ - ١٠٠ µg زرننيخ يومياً، والحدود المسموح بها طبقاً لتقدير منظمى الأغذية والزراعة (FAO) ومنظمة الصحة العالمية (WHO) هو ٢ µg زرننيخ فى صورة أكسيد الزرننيخوز / كجم من وزن الجسم، والحدود المسموح بها فى مياه الشرب ١٠ µg / لتر.

إمتصاص وتمثيل الزرننيخ بالجسم:

يمتص الزرننيخ خلال القناة الهضمية والجلد، وتختلف الجرعة المميته من الزرننيخ عن طريق الفم طبقاً لنوع المركب ونوع الحيوان، وهى تتراوح ما بين ٥ - ١٠٠ مجم / كجم، كما تتوقف السمية على الصورة الكيماوية الموجودة عليها فالمركبات غير العضوية أشد سمية من العضوية أما غاز الأرسين Arsine فهو أقل سمية. وترجع سمية الزرننيخ إلى عدة عوامل منها:

١- إرتباطه بمجموعة SH العضوية مما يثبط الكثير من إنزيمات التنفس والتمثيل مثل Cytochrome oxidase, α n glycerol phosphate dchydrogenase, Lactic acid dehydrogenase

فجميعها حساس لمركبات الزرننيخ لإحتوائها على مجموعة SH.

٢- تشابه الزرننيخ وتماتله كيماوياً مع الفوسفور مما يؤدي إلى تداخل الزرننيخ فى عمليات التمثيل الغذائى حيث يمنع فسفرة Adenosin diphosphate (ADP) وتحويله إلى Adenosine triphosphate (ATP) وهذا يؤدي إلى إيقاف إنطلاق الطاقة اللازمة للعمليات الحيوية المختلفة.

٣- يؤدي الزرننيخ ومركباته خاصة فى التركيزات العالية إلى الترسيب الكلى للبروتين.

ورغم وجود الزرننيخ فى الدم فلا يعرف له دور فى العمليات البيولوجية بالجسم، وهو يتجمع فى الجلد والشعر والأظافر ولحد ما فى العظام والعضلات، ونسبته العادية فى الشعر (٠,٣ - ٠,٧ جزء / مليون) وفى الأظافر (١,٥ - ٤ جزء / مليون)،

وتزيد عن ذلك إذا زاد الزرنيخ الداخل للجسم، وتستخدم هذه الظاهرة في تشخيص حالات التسمم بالزرنيخ.

التأثير السام وأمراض التسمم بالزرنيخ :

يلاحظ أن زيادة الزرنيخ بالدم يؤدي إلى تكسير الكرات الدموية الحمراء. ومن أعراض تسمم الزرنيخ المزمنة نقص الوزن، فقد الشهية، إتهاب الأغشية المخاطية، وإختلال القناة الهضمية، وقد يسبب سرطان الكبد والرئة.

ومن أعراض التسمم الحاد بالزرنيخ عن طريق الفم، آلام شديدة بالمعدة مع قي مستمر وإسهال وتبول دموي وشعور بإحترق في المرئ وبرودة الجلد، وشحوب اللون وهبوط التنفس والشعور بالعطش وإنخفاض الضغط ثم غيبوبة فوفاة خلال أيام. والمستوى المميت ١ - ١٥ µg / مل دم.

ومن أعراض التسمم الحاد والتي تظهر في التحاليل هو ارتفاع نسبة الألبومين في البول والدم، ووجوده في الشعر والأظافر والبول والبراز مع تلف الجهاز البولي.

وتعالج الأعراض الحادة بغسيل المعدة وإستخدام المحلول الملحي والجلوكوز لمعالجة الجفاف، وإستخدام مدرات البول لعلاج أوديمما الرئة، ونقل دم طازج لعلاج التحلل الحادث بالدم.

السيلينيوم Selenium

وجوده وإستخداماته:

هو من العناصر النادرة والسامة في الجرعات العالية، وزنه الذري ٧٨,٩٦ ورقمه الذري ٣٤.

ويوجد مرتبطاً بعدد من المعادن مع الكبريت في الفضة والنحاس والرصاص والزنبق وغيرها، ويستخدم في العديد من الصناعات مثل الخلايا الضوئية، والبويات وصناعة الفولاذ وتلوين الخزفيات.

أهميته:

يوجد السيلينيوم فى الأغذية مرتبباً مع الأحماض الأمينية المحتوية على الكبريت فى صورة Seleno ñ amino acids خاصة مع الميثيونين Seleno ñ methionine والسستين Seleno cysteine ويمتص الجسم ٨٠٪ من السيلينيوم الموجود بالغذاء خاصة الأغذية النباتية. ويعمل السيلينيوم Prosthetic groups فى تركيب العديد من الإنزيمات مثل Glutathion peroxidase ولهذا الإنزيم أهمية فى إزالة الأصول الحرة المتكونة فى عملية التمثيل الغذائى. ويحسن السيلينيوم من التأثير البيولوجى لفيتامين E كمضاد للأكسدة بالخلايا، كما ينشط الجهاز المناعى ويساعد فى زيادة النشاط والطاقة، وخفض نسبة الإصابة بالسرطان وقد يكون له تأثير مضاد لسمية بعض المعادن مثل الزئبق والكاديوم والفضة. وبقى الحيوان من مرض إبيضاض العضلات White muscles وهو عدم بناء العضلات وتعتبر نسبة ٠,١ مجم / كجم غذاء للحيوان كافية لعدم ظهور هذا المرض. ويتوقف مستوى السيلينيوم فى السلسلة الغذائية للإنسان على مستواه فى التربة الزراعية ومن المصادر الرئيسية للسيلينيوم فى الغذاء: اللحوم - الأسماك - البيض - منتجات الحبوب.

الإحتياجات الغذائية:

يوصى بمعدل ٥٠ - ٢٠٠ µg / يوم للبالغين، ٢٠ : ١٢٠ µg لإقل من ٦ سنوات، ١٠ - ٤٠ µg للأطفال. وعموماً فإن الجرعة التى يجب أن يحصل عليه الجسم ليقوم بوظائفه الطبيعية يجب ألا تقل عن ٤٠ µg يومياً والرجل ٧٠ µg والمرأة ٥٠ µg وقد وجد أن أعلى جرعة دون إضرار هى ٢٠٠ µg يومياً.

السيلينيوم فى المنتجات الغذائية :

يتركز السيلينيوم فى جذور النباتات، وعند تغذية الحيوان على هذه النباتات، وجد أن ½ ما يتحصل عليه الحيوان المجتر يبقى بالجسم أما الزيادة فىمكن للحيوان أن يتخلص منها. ويفرز بعض السيلينيوم المتحصل عليه مع الغذاء فى اللبن بنسبة تتراوح ما بين ٠,٠١ - ٠,٠٥ جزء / مليون، ويعتبر النسبة الأخيرة نسبة عالية، وتقوم الحيوانات بترشيح السيلينيوم من جسمها وتستمر فى ذلك حتى تنفق قبل أن يصل تركيز السيلينيوم فى جسمها إلى مستوى يجعل من إستهلاك ألبانها ولحومها سبباً فى

تسمم المستهلك. ويحتوى لبن الأبقار على ٠,٠٠٥ : ٠,٠٦٧ جزء / مليون بينما يحتوى لبن الإنسان ٠,٠١٣ - ٠,٠٥٣ جزء / مليون.

وقد أدى إعطاء الأبقار جرعات ٥٠ مجم سيلينات الصوديوم Na selenate أدى لرفع نسبة السيلينيوم فى اللبن إلى ٠,١٥٢ جزء / مليون وهى نسبة لاتمثل خطورة على الإنسان.

ويميل السيلينيوم إلى الفقد الجزئى أثناء المعاملات الحرارية نظراً لتطاير بعض مكوناته، كما تتأثر نسبته فى الأغذية بالعمليات التصنيعية مثل التجفيف والغليان والطهى.

التأثير السام وأعراض التسمم:

رغم أن السيلينيوم من العناصر الأساسية فى غذاء الإنسان والحيوان، إلا أن زيادته فى الغذاء أو العليقة تؤدى لحالات من التسمم بالسيلينيوم Selenosis، وقد لوحظ ذلك فى عدة دول التى تحتوى فيها التربة على مستويات مرتفعة من السيلينيوم كالصين، الولايات المتحدة الأمريكية، إستراليا، المكسيك وكندا وإسرائيل، وقد وجد أن وجود السيلينيوم بنسبة ٥ مجم / كجم عليقة تعتبر نسبة قاتلة للحيوان، كما أن زيادة السيلينيوم عن ٢٠٠ µg يومياً للإنسان يؤدى إلى إتهاب الجلد والدوخة أو الدوار الأعمى Bland staggers، وتقصف الأظافر، وفقد الشعر، وإضطراب الهضم، وظهور رائحة الثوم فى التنفس. أما الجرعات العالية من السيلينيوم (١٠٠٠ µg / يومياً) فقد تؤدى لتلف الكبد ومشاكل فى القلب.

الألومنيوم Aluminum

وجوده واستخداماته:

يمثل الألومنيوم ٨٪ من القشرة الأرضية. وتستعمل أملاحه كمادة مضافة فى كثير من الصناعات الغذائية مثل صناعة الجبن المطبوخ والخبز واللحوم كأملح إستحلاب أو مواد رابطة لتحسين القوام، أو كعوامل تبيض Acidifying agents مثل فوسفات الومينات الصوديوم Sodium aluminum phosphate وسليكات الألومنيوم Aluminum

silicate كما يدخل فى مركبات التجميل، وصناعة أدوات المطبخ ورقائق الألومنيوم aluminum foil ويستخدم فى الطب كمضاد للحموضة لمن يعانون مشكلات بالجهاز الهضمى، فقد وجد أن بعض الأفراد يتعرضون لكميات كبيرة من الألومنيوم نتيجة استخدام تلك الأدوية. وتستخدم كبريتات الألومنيوم فى تنقية مياه الشرب.

مصادر تلوث الأغذية بالألمونيوم:

يتلوث الغذاء بالألمونيوم من العبوات المتداول فيها. حيث يتأثر اللومنيوم بفعل محاليل الغذاء الحمضية والملحية، ويزداد التلوث بطول مدة التخزين وإرتفاع الحرارة ودرجة حموضة الغذاء. كما تزداد الخطورة فى حالة استخدام أوعية ألمونيوم رديئة الصنع حيث تزداد نسبة الشوائب بها (رصاص - كاديوم) وهى عناصر ضارة تجد طريقها إلى الغذاء مع الألومنيوم وتسبب آثاراً ضارة بصحة الإنسان خاصة الذين يعانون من مشاكل فى الكلى إذ أن عدم القدرة على إخراج الألومنيوم سوف يودى إلى إرتفاع معدلاته فى الدم، ويتداخل مع تمثيل كل من الكالسيوم والفسفور، مما يؤثر على وظائف المخ وتكوين العظام. والأطفال أكثر تأثراً بالتلوث عند تعبئة أغذيتهم برفائق الألومنيوم.

الألمونيوم فى المنتجات الغذائية :

باستثناء الشاي وبعض التوابل، فإن معدل الألومنيوم الطبيعى قليل فى الأغذية، ومتوسط ماياخذه الإنسان فى اليوم ٩ - ١٣ مجم. ويبين الجدول (٥٥) متوسط الألومنيوم فى بعض الأغذية.

جدول (٥٥) متوسط الألومنيوم فى بعض الغذية (مجم / كجم)

الغذاء	شاي	لبن أطفال	لبن مطبوخ	لحم	أسماك	فواكه	شاي	ماء شرب	زيت
مستوى الألمونيوم (مجم / كجم)	٠,٧٤٩	٠,١٥	٠,٤١	٠,٢٨	٠,٥٠	١	٤,٥	٠,١٢	٥,٥

إمتصاص وتمثيل الألومنيوم:

تتوقف كمية الألومنيوم الممتصة بالجسم على الصورة التي يوجد عليها العنصر، فيقال أن ٧٪ منه تمتص إذا كان في صورة فوسفات أو سترات. ويخزن الألومنيوم الممتص في الكبد والكلى والطحال والعظام وأنسجة القلب.

الآثار الضارة للألومنيوم:

يقال أن هناك علاقة بين التلوث بالألومنيوم وأمراض الشيخوخة، إذ يؤدي زيادة معدله إلى فقد مؤقت في الذاكرة وخلل وشلل رعاش، ومرض من أمراض المخ مثل مرض الزهايمر، فقد أوضحت بعض الدراسات على تركيب المخ لبعض الأفراد الذين أصيبوا بمرض الزهايمر وجود كميات كبيرة من الألومنيوم، إلا أن آخرين فشلوا في إثبات هذه العلاقة مما يلقى بظلال من الشك على الألومنيوم كمسبب لهذا المرض.

النحاس Copper**إستخداماته :**

تستخدم كبريتات النحاس كمضاد للطحالب في أحواض الزينة، وخزانات المياه التي تتعرض لنمو الطحالب الزرقاء، كما يستخدم النحاس في الصناعات الكيماوية وأنابيب المياه في المنازل وكانت تستخدم كبريتات النحاس في تثبيت اللون الأخضر في المواد الغذائية إلا أن القوانين تحذر من إستخداماته، كما أن المصانع إستبدلت الأوعية النحاسية بأوعية من معادن أخرى في التصنيع الغذائي، نظراً لأن النحاس يذوب في الأحماض العضوية التي تحتويها المواد الغذائية، كما أنه يؤثر على الصفات المرغوبة للمواد الغذائية فهو يثلف فيتامين C.

مصادر التلوث بالنحاس:

يحدث التلوث من مناجم النحاس وعمليات الإستخلاص وصناعة البرونز والطلاء الكهربائي والإسراف في إستخدام المركبات الزراعية المحتوية على النحاس مثل عجينة بوردو، وإستخدام بعض مركباته في المبيدات المستخدمة في رش الخضر والفاكهة.

النحاس فى المنتجات الغذائية :

رغم أنه يصعب عملياً تواجد النحاس فى غذاء الإنسان إذ أن القوانين تحذر من إستخدامه إلا أنه قد وجد بنسب عالية فى الخضر والفاكهة الطازجة نتيجة رشها ببعض أملاحه، لذا يجب ضرورة إزالة ما علق بها.

التأثير السام وأعراض التسمم بأملح النحاس:

لأملاح النحاس تأثير سام قابض مهيج للمعدة إذا كان المتناول ٨٠ - ١٦٠ مجم. وتحدث سمية منه للحيوانات التى تتغذى على محاصيل العلف النامية فى أراضى ملوثة به، وتعتبر الأغنام أكثر الحيوانات حساسية للتسمم بالنحاس.

ويمتص النحاس فى الدم ويحدث تحللاً لكرات الدم. ومن أعراض التسمم بالنحاس تلون الأسنان باللون الأزرق وكذا اللثة واللسان، وقئ مخضر، أنيميا ومغص وإرتفاع اليوريا والكرياتين فى مصل الدم، وقلة التبول وتلف الجهاز البولى.

القصدير Tin

وجوده وإستخداماته ومصادر التلوث:

يوجد فى التربة بنسبة قليلة، ويدخل فى طلاء العلب الصفيح، ويوجد فى معظم الأغذية بمعدل ١ مجم / كجم غذاء، ماعدا الأغذية المعلبة (الخضر ٩ - ٨٠ مجم / كجم) والفاكهة (١٢ - ١٢٩ مجم / كجم) نظراً لتلوثها بالقصدير المدهون به العلبه.

إمتصاص القصدير وأعراض التسمم:

إمتصاص القصدير بالجسم قليل، فيخرج معظمه فى البراز والكمية القليلة الممتصة منه تبقى بالكبد والكلى والعظام. والجرعة السامة المميتة منه للإنسان ٥ - ٧ مجم / كجم من وزن الجسم ومن آثاره السامة المزمنة إصابة الكبد وضعف النمو والأنيميا، فهو يعوق إمتصاص الحديد وتكوين الهيموجلوبين.

ولم تعرف للقصدير وظيفة بيولوجية ورغم أن القصدير يصنف ضمن المعادن ذات التأثير السام إلا أنه من الصعب التعرف على حالات يحدث فيها تسمم حاد أو مزمن ينسب للقصدير وحده عن طريق الأغذية المحفوظة في العلب.

الأنثيمون Antimony

وجوده ومصادر التلوث:

الأنثيمون عنصر سام وإن كان أقل سمية من غيره من المعادن. وينتشر في كثير من الأغذية، ويرجع مصدره أساساً إلى التلوث من أواني الطهي المطلية بمادة الإنامل، ومن مصادر التلوث أنابيب المطاط إذ يوجد خماسي سلفيد الأنثيمون كأحد مكونات أنابيب وحلقات المطاط. ونظراً لدخول الأنثيمون في السبيكة التي تصنع منها الأوراق المعدنية القصديرية والتي تستخدم في لف الجبن فإن هذه الأوراق قد تساعد على تلف الجبن، حيث يظهر الأنثيمون كصبغة بيضاء أو بنية على سطح الجبن نتيجة تأكسد وذوبان هذه الصفائح. ومن مصادر التلوث البطاريات والسيراميك - الطرطير المقيء tartar emetic.

التشريعات الخاصة بالأنثيمون :

توصى التشريعات بوكالة حفظ البيئة (EPA) Enviromental protection agency ألا يزيد معدله في ماء الشرب عن ٠,١ مجم / لتر.

التأثير السام وأعراض التسمم :

تتوقف سمية مركبات الأنثيمون على قابليتها للذوبان، وعلى حالتها من حيث التأكسد (ثلاثية أو رباعية التكافؤ). وتؤدي زيادة التعرض للأنثيمون إلى إتهاب الجلد، الأغشية المخاطية، وإتهاب الملتحمة والصداع وفقد الوزن وهذه من الأعراض المزمنة. ومن مظاهر التسمم الحاد المغص والغثيان وإتهاب الجلد والكبد والكلية وعدم إنتظام التنفس وإنخفاض حرارة الجسم.

ملحوظة:

- ١- ثالث أكسيد الأنتيمون الذى يستخدم فى صناعة المينا لايمتص فى القناة الهضمية لعدم قابليته للذوبان.
- ٢- فى صناعة المينا يتحول ثالث وخامس أكسيد الأنتيمون إلى مينا أنتيمونات الصوديوم.
- ٣- لا يذوب الأنتيمون فى أحماض الغذاء إلا إذا تعرت الطبقة اللامعة للمينا والتي تحمى أكسيد الأنتيمون.

الكروم Chromium

مصادر التلوث:

يحدث تلوث التربة نتيجة للتخلص من الكرومات الناتجة عن عمليات دباغة الجلود والطلاء الكهربائى. وفضلات الصرف الصحى إذ تحتوى مياه الصرف الصحى على كمية من الكروم فى حدود $0,7 \mu\text{g} / \text{ml}$.

التأثير السام:

رغم أن الكروم أحد العناصر الغذائية الهامة فى عمليات تحول الكربوهيدرات فى الحيوان. إلا أنه أحد العناصر المسببة للسرطان، إذ ينشأ عنه سرطان الجهاز التنفسي للعاملين فى المصانع التى تستخدم الكرومات، وكذلك الذين يتعرضون لمدد طويلة للغبار المحتوى على الكروم.

ويتواجد الكروم فى صورتين الثلاثية والسداسية التكافؤ وقد تتحول الصورة السداسية إلى الثلاثية فى وجود المواد العضوية والكروم الثلاثى أكثر سمية للأسماك خاصة سمك السلمون. ويختلف التركيز السام للعديد من أنواع السمك من $0,2$: $5 \mu\text{g}$ / جم أما الصورة السداسية فهى أكثر سمية للنبات.

الفلور Fluorine

إستخدامه ومصادره:

يضاف الفلور إلى العديد من مصادر مياه الشرب، وذلك لحماية الأسنان من التسوس، والتركيز المناسب له فى الماء (واحد ميكروجرام / مل) سواء من المصادر الطبيعية أو بالإضافة.

الآثار الضارة :

فى المناطق التى يحتوى الماء فيها على تركيزات عالية من الفلور (أكثر من 1,5 مجم / لتر) يصاب الأفراد بظاهرة عدم إنتظام الأسنان وقد يسبب إستخدام مياه تحتوى أكثر من 3 : 6 مجم / لتر إلى فلورة الهيكل العظمى (تشوه الأطراف).

الزنك Zinc

الزنك من العناصر الغذائية الدقيقة، فالنقص الشديد فى الزنك يؤدى لقصر القامة، وتأخر النضج الجنسى.

الآثار الضارة :

يسبب الزنك تسمماً للنبات فى حالة زيادة تركيزه بالتربة. وينتقل الزنك إلى الغذاء عن طريق الأوانى الحديدية والمجلفنة ونادراً مايسبب تسمماً للحيوان أو الإنسان. والأعراض الشائعة تقتصر على القيء، ولم تحدث حالات تسمم فى الإنسان تصل فى شدتها إلى ظهور أعراض أخرى.

الباريوم Barium

من مصادره كربونات الباريوم المستخدمة كسم للفران، أما كبريتات الباريوم فهى غير ذائبة وغير سامة.

ومن أعراض التسمم بالباريوم جفاف الفم - البراز الدموى - إسهال متبوع بإمساك - تشنجات زرقة الجسم - الشلل - إنخفاض مستوى البوتاسيوم فى المصل.

ويعالج تسمم الباريوم أو يسعف بغسيل المعدة بمحلول ٥٪ كبريتات الصوديوم، يتبعه إعطاء كبريتات الماغنسيوم لترسيب الباريوم فى صورة كبريتات الباريوم.

الفضة Silver

مصادر التلوث:

صبغات الشعر، والمواد القاتلة للبكتريا Bactericidal agents.

أعراض التسمم: قئ أسود عند بلعها. تآكل وتقرح الجفون عند وضعها فى العين.

الإسعافات:

إعطاء محلول كلوريد الصوديوم للترسيب فى صورة كلوريد فضة.

إعطاء بياض البيض للترسيب فى صورة بروتينات الفضة.

الحقن تحت الجلد بمحلول ٦٪ كبريتات صوديوم، ١٪ سيانات الحديد (واحد ٪).

الباريليوم Barilium

الأضرار: ينشأ عن إستنشاقه الكحة الشديدة وصعوبة التنفس.

وينشأ عن ملامسته للجلد الأديما وتقرح الجلد، وإلتهابه ووجود ورم حبيبي

.Granuloma

الإسعافات: إستخدام المضادات الحيوية، ومهدئات الكحة، إزالة الورم الحبيبي جراحياً

من الجلد.

مصادر التلوث: لمبات الفلورسنت.

الفوسفور Phosphorus

منه نوعان: الأحمر: وهو غير سام ولايمتص وينطلق منه غاز الفوسفين بفعل

الماء والحمض.

الأصفر: وهو شمعى يذوب فى الدهن سام ويحترق عند تعرضه للهواء، ويستخدم سم للقوارض

أعراض السمية:

السمية الحادة: غثيان - قيء - إسهال - رائحة الثوم - عدم إنتظام النبض - يرقان - قلة التبول - نقص الكالسيوم - التكرز tetany - تشنج. وينتج عن غاز الفوسفين إنخفاض الضغط - أديما الرئتين - عدم إنتظام القلب - تشنج - غيبوبة - موت.

السمية المزمنة: ألم أسنان - إنتفاخ الفك وتحلل الأنسجة Necrosis - ضعف - فقد الوزن - فقد الشهية - الأنيميا - تلف وظائف الكبد - دم وبروتين بالبول.

الإسعافات: غسيل المعدة - معالجة فشل الكبد - العلاج الجراحى للفك.

الحديد Iron

مصادر التلوث:

تسمم الحوادث عند الأطفال - أدوية التقوية لعلاج الأنيميا أثناء الحمل (Tonics) وتظهر أعراض التسمم الحادة بعد ٦ - ٢٤ ساعة.

أعراض السمية والضرر:

إلتهاب القناة الهضمية - قيء - إسهال - وفى الحالات الشديدة: رعشة حادة - أديما الرئة - زرقة - تلف الكبد - براز أسود - ظهور الحديد معتماً فى المعدة عند الفحص بأشعة x (إكس).

الإسعافات: تجنب الغسيل المعوى - إستخدام ترياق معين هو Desferrioxamine.

الثاليوم Thallium

من المعادن النادرة السامة.

محتوى الأغذية من الثاليوم:

تحتوى الأغذية تركيز منخفض جداً من الثاليوم (ميكروجرام واحد / كجم) يحتوى عيش الغراب، الكرنب، الفجل، الشلجم كميات أكبر من الثاليوم مقارنة بالمحاصيل الأخرى ويتركز الثاليوم الموجود فى العليقة فى أنسجة العضلات والكبد والكلى.

الإحتياجات الغذائية: ٥ µg / يوم.

أعراض التسمم: تسمم القناة الهضمية والجهاز العصبى المركزى.

الفصل الرابع عشر

التلوث بالمبيدات

Pesticides contamination

مقدمة:

المبيدات مركبات كيميائية تستخدم في مقاومة الآفات التي تصيب النباتات الزراعية، والحشرات التي تضايق الإنسان بصفة عامة. فقد ثبت أن مايزيد عن ٥٠٪ من الإنتاج الزراعى فى الدول النامية يتلف بفعل هذه الآفات، هذا بجانب الأضرار الصحية التي تلحق بالإنسان نتيجة تلوث الغذاء بها. ففي الولايات المتحدة ورغم إتباعها نظاماً دقيقاً فى استخدام المبيدات وجد أن أكثر من ٥٠٪ من المواد الغذائية ملوثة بهذه المبيدات، وأن أكثر من ٥٪ منها تحتوى بقايا أعلى من الحدود المسموح بها، فما بالك بما يحدث فى الدول النامية. ونظراً لمخاطر المبيدات فقد إتجهت بعض الجهات إلى إنتاج محاصيل آمنة غير معاملة بالمبيدات إلا أنها محدودة وغالية الثمن.

تقسيم المبيدات تبعاً لمجال إستخدامها ودورها: يوضح الجدول (٥٦) أقسام المبيدات الهامة.

جدول (٥٦) أقسام المبيدات الهامة تبعاً لمجال إستخدامها ودورها

المبيد	مجال إستخدامه	دوره
مبيدات حشرية Insecticides	الحشرات الضارة فى الحقول والمنازل ومخازن الحبوب والأخشاب والألياف والورق ومن أمثلتها D.D.T	تنشيط العمليات الأيضية (التمثيل الغذائى) ووقف السيالات العصبية بالحشرة فتشل حركتها وتقتلها.
مبيدات عشبية Herbicides	مقاومة الحشائش الضارة بالمحاصيل دون التأثير على النباتات الأخرى. وبعضها يبقى فى التربة قبل ان تتحلل بالحرارة والضوء وفعل الكائنات الدقيقة. وقد تصيب الأحياء المائية (الأسماك) بالضرر إذا تسرب بعضها للمجارى المائية (كبريتات النحاس)	تعرف بالمبيدات الجهازية إذ تسرب إلى أجهزة التوصيل فى النبات فتعطل إنتقال الغذاء وتوقف عمليات الإنبات والبناء الضوئى وتكاثر وإيقاسم الخلايا وبناء البروتين. وتسبب ضرراً للإنسان والحيوان عند التعرض لها (الجلد - العينين - الجهاز التنفسى)
مبيدات الفطريات Fungicides	مقاومة الفطريات التى تهاجم المحاصيل والبنور والأخشاب والجلود والمنسوجات ومنها أملاح الزئبق، النحاس ومسحوق الكبريت (IICB) Hexachloroberyene	تدمير العمليات الحيوية داخل الخلايا الحية للفطر وتحلل جدر خلاياها وتنشيط إنزيماته الضرورية لحياته وتوقف قدرة الفطر عن النمو والتكاثر
مبيدات القوارض Rodenticides	تستخدم فى صورة طعم لمقاومة الفئران فى المنازل والمخازن والحقول. ومن أشهرها مبيد (وارفارين) والفوسفور الأصفر وفلوريد الزنك وفلوروخلات الصوديوم والأندرين endrin	تمتص فى الأمعاء وتوقف عمل الإنزيمات وتجلط الدم بوقف إنتاج البروثرومبين فى الكبد فيصاب الحيوان بنزيف دموى داخلى وقد يستمر عدة أيام حتى يموت الحيوان، وهناك مركبات أخرى تسبب تدميراً للمخ والرئتين والكبد والكلى والقلب بدرجات متفاوتة
مبيدات القواقع	تستخدم فى صورة طعم يوضع بين الحشائش أو جذوع الأشجار أو قنوات الرى	تخدير الجسم الرخو للقواقع وشل جهازه العصبى ومنع حركته وإيقاف نموه وتكاثره.

المبيد	مجال استخدامه	دوره
مبيدات الطفيليات Parasitocides	تستخدم لمقاومة الطفيليات الخارجية والداخلية التي تصيب حيوانات المزرعة	حيث تثبط عمليات الأيض لهذه الطفيليات

ويستخدم في البيئة (سنة ٢٠٠٠) ما يقرب من أربعة ملايين طن سنوياً من المبيدات أى بمعدل ١/٢ كم من المواد السامة لكل شخص على سطح الأرض وذلك لحمايته وحماية غذائه من الآفات. وفي مصر تعدى حجم ما ينفق سنوياً على المبيدات ٣٦٠ مليون دولار سنة ٢٠٠١ إذ تستخدم مصر أكثر من ٢٠٠ مبيد بكميات تصل إلى أكثر من ١٩٠ ألف طن سنوياً وهذه الكمية تمثل ما يقرب من ٥٪ من جملة الإستهلاك العالمى ويفرض أن سكان مصر ٧٠ مليون نسمة عام ٢٠٠١ فإن الفرد فى مصر يستهلك ما مقداره ٥ دولار سنوياً وكمية تعادل ٢,٧ كجم سنوياً.

وتعتبر المبيدات الحشرية ومبيدات الطفيليات ومبيدات الحشائش من أهم المبيدات الملوثة للبن وغيره من الأغذية.

أولاً: مبيدات الحشرات Insecticides

يمكن تقسيم مبيدات الحشرات من حيث تركيبها الكيماوى إلى مبيدات غير عضوية ومبيدات عضوية.

أ- المبيدات الحشرية غير العضوية:

وهى تعرف بمبيدات الجيل الأول وكانت تستخدم حتى القرن السابع عشر. والجزء الفعال فيها إما أن يكون أحد الفلزات الثقيلة مثل مركبات الزرنيخ (أخضر باريس عبارة عن أملاح النحاس الزرنيخية) ومركبات الكاديوم ومركبات النحاس مثل كبريتات النحاس وأوكسى كلور النحاس.

وقد يكون العامل الفعال فيها لافلز. مثل مركبات الفلور ومنها فلوريد الصوديوم، والبوتاسيوم والباريوم. وهى سموم خطيرة وتفوق تأثيراتها السامة مركبات الزرنيخ. كما تشمل مركبات الفوسفور والكبريت والكلورات والبورات. وجميع المبيدات الحشرية غير العضوية مركبات طويلة البقاء فى البيئة ونظراً لأن عناصرها السامة ثابتة لذلك توقف حالياً إستخدام معظمها.

ب- المبيدات الحشرية العضوية:

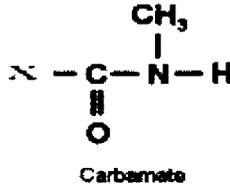
وهى تعرف بمبيدات الجيل الثانى وىوجد منها الآن أربعة مجموعات:

المجموعة الأولى: مركبات البيرثرويدات الطبيعية والمصنعة: Pyrethroids

وهى مبيدات ذات أصل نباتى ظهرت منذ القرن الثامن عشر منها ماىستخرج من نبات الأقحوان Hrysanthemums ومن عائلة الدخان مثل Nicotin وتتميز هذه المواد بسرعة تحللها فى الضوء والهواء وقلة سميتها للإنسان والحيوانات الثديية لعدم هدمها فى أنسجة الحيوان وليس لها تأثير مزمن ومن هنا تظهر أهمية هذه المركبات فى رش الحشرات المنزلية ومعاملة الحبوب المخزونة والفاكهة ولكنها شديدة السمية للأسماك ويتجه الأثر السمى لها إلى الجهاز العصبى للحشرات فنصاب بالشلل. وهى مركبات معقدة التركيب. وقد تم إنتاج الكثير منها صناعياً بصورة أقل تكلفة من الطبيعية وأكثر ثباتاً منها ضد الضوء ومن أمثلتها: بيرمترين - ديكامترين - سيبرمترين - ريبكود 962 - سوليسيدين 52.

المجموعة الثانية: مركبات الكاربامات Carbamate

ظهرت فى أوائل الخمسينات من القرن الماضى. وإستمر إستخدامها حتى اليوم على نطاق واسع، لقلة سميتها وعدم تراكمها فى البيئة. ورغم إستخدام أصولها النباتية منذ القدم فقد برزت كمرکبات كيميائية على نطاق تجارى. وتركيبها كما فى الشكل



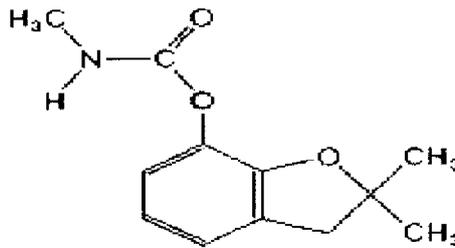
مركبات الكاربامات

حيث ترمز (x) لمجموعة كبيرة من المركبات الأليفاتية أو الحلقية التى تتفصل عن الجزئ وتحدث التسمم حيث تمتص عن طريق الجلد والقم والإستنشاق. وتعتمد فى فاعليتها على تعطيل الجهاز العصبى، حيث توقف عمل إنزيم أستيل كولين

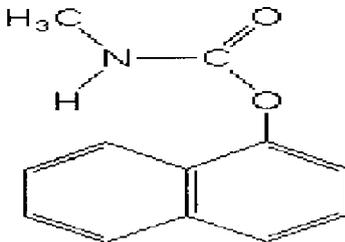
إستريز، فتتراكم مادة أستيل كولين عند نقطة التشابك العصبية والعضلية وتصاب الضحية بالشلل وتموت.

ومركبات الكاربامات أكثر قابلية للتحلل من غيرها من المبيدات. ويمكن للكبد والكليتين تخليص الجسم من نسبة كبيرة منها.

وتتصف مركبات الكاربامات بقابليتها العالية للذوبان في الماء، لذا يحدث تسمم منها من بعض الأغذية الملوثة بها خاصة تلك العالية في نسبة رطوبتها مثل البطيخ، حيث أنها تتحول إلى مركبات سرطانية في المعدة كما أنها تسبب العقم ومن أمثلتها



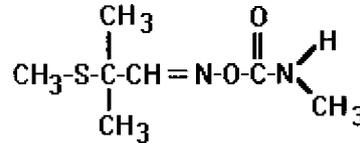
كاربوفوران (LD₅₀ : 8 ñ 14 mg/ kg)



كارباريل (سيفين) Carbaryl

(LD₅₀ : 850 mg / k g)

أقلها سمية



أكثرها سمية

Aldicarb (LD₅₀ : 0.93 mg / kg)

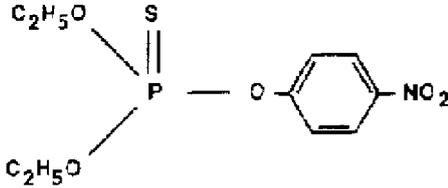
وبجانب المركبات السابقة يوجد مركبات عديدة منها ميثوميل (لانيت) - الفرادان

المجموعة الثالثة: مركبات الفوسفور العضوية Organophosphate insecticides

ظهرت خلال الحرب العالمية الثانية في القرن الماضي وشاع إستخدامها وحلت محل مركبات الكلورين العضوية إذ تتميز بقابليتها للذوبان في الماء وعدم ثباتها طويلاً في البيئة وتتفاوت في درجة التحلل، فبعضها يبقى أثره لعدة أسابيع وبعضها سريع التحلل، ولاتراكم في الجسم. وترجع فاعليتها إلى تعطيلها للإنزيم

الأستيل كولين إستريز acetyl choline esterase الناقل للسيالات (النبضات العصبية Nerve impulses)

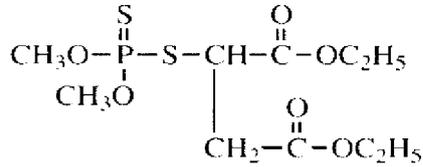
وهي عبارة عن إسترات لحمض الفوسفوريك أو الأرتوفوسفوريك أو مشتقاتها وتحتوى على هالوجينات أو نيتروجين أو غيرها ومن أمثلتها



باراثيون Parathion

(LD₅₀ : 10 ñ 12 mg / kg)

أكثر سمية فهو أكثر قدرة على الإرتباط بإنزيم أستيل كولين إستريز.



مالاثيون (Malathion) أقل سمية

(LD₅₀ أكثر من الباراثيون) فهو أكثر هدماً

ويعتبر المالاثيون أكثر أفراد المجموعة الثالثة هدماً بإنزيمات الإستريز.

ومن أمثلة مركبات الفوسفور العضوية أيضاً دايثويت - كلوربيرفيوس - أكتيك - ديبزكس.

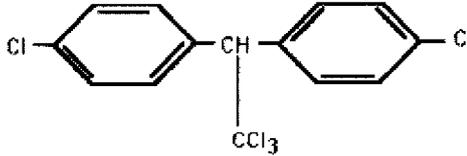
المجموعة الرابعة: مركبات الكلورين العضوية

Chlorinated hydrocarbons, organochlorines (OCS)

وظهرت منذ بداية الحرب العالمية الثانية سنة ١٩٣٩ ومنها:

١- DDT ومشتقاته وتعرف كيميائياً باسم:

P- dichloro diphenyl trichloroethane (DDT)

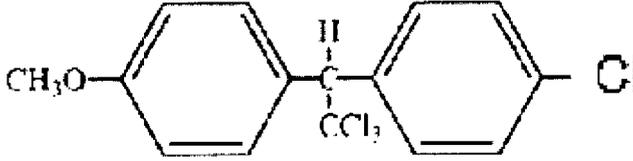


(LD₅₀ : 500 : 2500 mg / kg)

ويستخدم في شكل محاليل ومعلقات ومساحيق تعفير وأيروسولات ودهانات. ويؤثر في الحشرات بالملامسة، ويؤثر على أجزاء الجهاز العصبى المركزى. مركب

غير قطبي يذوب في الدهون ويتجمع في الأنسجة الحيوانية الدهنية. ثابت يتراكم في التربة لبطء تحلله الذي يستغرق عشرات السنين. فرغم تحريم استخدامه منذ ١٩٧٢ إلا أن بقاياه مازالت في كل مكان في العالم لقد وصل تركيزه في ألبان الأمهات لحد أعلى من المسموح به وكذلك في اللحوم والمنتجات اللبنية، ولكن إنخفضت حالياً بعد تحريم استخدامه إلا أنه مازال يسبب خطراً على صحة الإنسان فقد وصل تركيزه في دهن الجسم ٣٧ ppm للعاملين في الزراعة، وفي ألمانيا ٤,٧ ppm والولايات المتحدة ٧,٧ ppm.

٢- ميثوكسى كلور



Methoxychlor (LD50 : 5000 : 6000 mg / kg)

وهو أقل سمية من DDT وأسهل تحللاً بإنزيمات الثدييات، وتتميز نواتجه بأنها مركبات أكثر قابلية للذوبان في الماء وتخرج مع البول فهو لا يتجمع في الأنسجة ولا يتراكم في البيئة ويهدم بكائنات التربة.

٣- Chlorinated cyclodiene: وهي من السموم العصبية مثل DDT إذ تتداخل مع

أيونات Ca, Cl وتمنع نقل السيالات (النضبات) العصبية

Nerve impulse transmission ومن علامات التسمم به حدوث تغيرات تشريحية

في الكبد وزيادة وزنه، ولها فعل مسرطن وقابلية للذوبان في الدهون وتتجمع في الأنسجة الحيوانية، وهي ثابتة وتنتقل في السلسلة الغذائية ولذا حرم استخدامها.

ملاحظات:

تتميز مركبات الكلور العضوية بثباتها في البيئة وصعوبة تحللها أو ذوبانها في الماء، مع سرعة ذوبانها في الدهون لذا تتراكم في أي نسيج دهني داخل جسم الحيوانات والحشرات وتحدث تأثيرها السام على الجهاز العصبي الذي يضم أغشية دهنية وتسبب إضطراباً في تمثيل الصوديوم والبوتاسيوم بالجسم.

ومركبات الكلور العضوية قد حرم إستخدامها في كثير من الدول منذ ما يقرب من أربعين عاماً (١٩٧٢) مما أدى إلى إنخفاض بقاياها في البيئة والمنتجات اللبنية، وتعرف بالملوثات العضوية المستديمة (POPS) Persistent organic pollutants وقد وقعت معاهدة من حوالي ١٠٠ دولة وافقت فيها تحت رقابة بروجرام البيئة للأمم المتحدة United Nations Enviroment Program للتحكيم أو تحريم ١٢ مركب من POPS وتضم:

(DDT , Mirex, Toxaphene, HCB, PcBs, Dioxins, Furans,

ومجموعة Chlorinated cyclodiene والتي تشمل:

Aldrin, Chlordane, Dieldrin, Endrin, Heptachlor

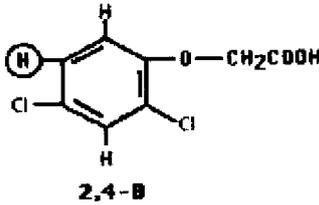
ثانياً : مبيدات الطفيليات Parasiticides

وهي إما مبيدات لطفيليات خارجية Ectoparasiticides أو داخلية Endoparasiticides وتستخدم المبيدات الخارجية لمعالجة جلد الحيوان مثل مبيدات الحشرات Insecticides ومبيدات القوارض Acaricides وهذه تشمل مركبات من أهمها مركبات فوسفورية عضوية OP، كاربامات، البيرترويد، الأرجانوتين Organotin وبعض المركبات العضوية النيتروجينية Organonitrogen مثل Acaricide amitraz ويصعب الكشف عن هذه المواد في اللبن بعد يومين من الإستخدام ولكن بعضها قد يستمر حتى ٥ أيام.

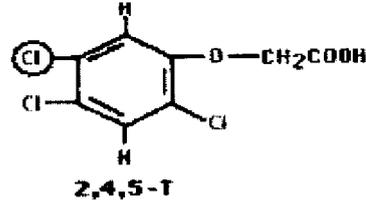
أما مبيدات الطفيليات الداخلية فإنها قد تنتقل إلى اللبن نتيجة حمل الدم لمركباتها الفعالة إلى الغدة اللبنية. ويتوقف ذلك على خواصها الكيماوية والطبيعية (مثل الكراهية للماء أو الدهن، الوزن الجزيئي ...) وعادة تعطى مبيدات الطفيليات الداخلية عن طريق الفم كمضافات في العليقة أو تعطى حقناً أو في صورة Pour n on preparation وذلك لمعالجة الديدان المعوية Helmiths والتي منها الدودة الشريطية Tape worms والإسطوانية Round worms والمقلطة Flukes ومن هذه المبيدات Benzimidazoles مثل Thecobendazole وقد درس معدل إفراز مبيدات هذه الديدان فوجد أن معظمها لا تبقى في اللبن أكثر من ٥ أيام بعد العلاج لذا يجب أن تؤخذ الاحتياطات اللازمة لإستخدامها وعدم إستخدام اللبن قبل المدة المحددة بعد إستخدامها.

ثالثاً : مبيدات الحشائش Herbicides

ومعظمها مركبات كلور عضوية، وقد استخدمت في حرب فيتنام إذ أنها تؤدي لسقوط أوراق النباتات الخشبية، وتعوق نمو الحشائش عريضة الأوراق، فتساعد على كشف جنود فيتنام الذين كانوا يحتمون بها ومن أمثلة هذه المركبات



2-4 dichlorophenoxy acid
LD₅₀ (375 mg / kg body)

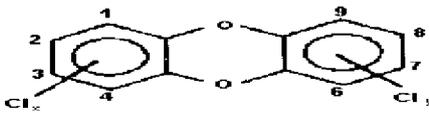


2,4,5 trichlorophenoxy acid
LD₅₀ (500 mg / kg body)

وهذه المركبات قليلة السمية للتدييات خاصة في الجرعات الصغيرة، أما الجرعات الكبيرة فتؤدي إلى تصلب الأطراف والشلل وعدم المقدرة على تنسيق الحركة، وتحتل إستراتها إلى الصورة الحمضية، وهي ذائبة في الماء وتطرد مباشرة مع البول، وإن كان لبعضها تأثير سام فيرجع ذلك لتلوثها بمركبات الديوكسينات Dioxins ونظراً لشدة سمية هذه المركبات (الديوكسينات) فتشير إليها فيما يلي:

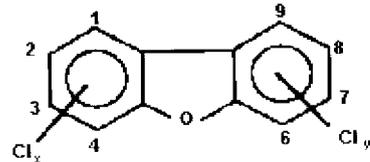
الديوكسينات Dioxins

الديوكسينات لفظ لمجموعة من المواد المتعلقة بـ



Poly chlorinated dibenzo *n* para *n* dioxins
(PCDDS)

من ١ : ٩ توجد ذرات H أو Cl



Poly chlorinated dibenzo furan (PCDF)

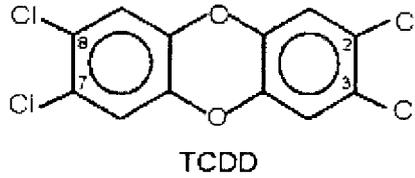
من ١ : ٩ توجد ذرات H أو Cl

ويوجد عدة أنواع من هذه المواد بعضها سام خاصة تلك التي تحتوي على ذرات

الكلور في المواقع ٢، ٣، ٧، ٨، ومن أكثرها دراسة وسمية

2,3,7,8 tetrachlorodibenzo ñ para dioxin (TCDD) ويشار إليه بإسم الديوكسين

ومنه عدة مشابهاة



خواص الديوكسين:

بلورات صلبة بيضاء وزنها الجزيئي 321,96 تنصهر على 300 م° وتتحل بدءاً من 700 م° ثابتة كيميائياً وحرارياً في الصورة الجافة تحت ظروف التخزين العادية، شحيحة الذوبان في الماء (0,2 جزء / البليون PPb) محبة بشدة للدهون Highly lipophilic ترتبط بالتربة والرواسب والمواد العضوية الأخرى، ونظراً لوجودها في الطبيعة فهي تتراكم عن طريق السلسلة الغذائية ويمكن وجودها بتركيزات منخفضة في الغذاء، وهي مقاومة للهدم تحت الظروف الطبيعية نظراً لإرتباطها الشديد بالتربة والمواد العضوية، ولكن تهدم بسرعة تحت ظروف المعمل بفعل الأشعة فوق البنفسجية وUv radiation، وتختلف درجة الهدم باختلاف المادة المرتبطة بها matrix ونوع التربة في منطقة التلوث وكذا باختلاف الظروف المناخية، ويزداد الهدم تحت ظروف المعمل في وجود مصدر للأيدروجين Hydrogen donor.

ورغم إنخفاض ضغطها البخاري نسبياً فإنها تتطاير بدرجة ملموسة من السطح العلوي للتربة، وترتبط بجزيئات المواد وتتساقط عن طريق الهواء الجوي على أي سطح. وقد يوجد منها تركيز عالي من التلوث في اللبن الناتج من مزارع قريبة من مصانع المواد الكلورية العضوية.

وتختلف فترة نصف العمر الخاصة بها في التربة وذلك باختلاف الظروف الجوية (في الظروف الجافة نسبياً 330 يوم وفي الظروف الرطبة الدافئة 190 يوم)، وكذا بمدى تلوث التربة ففي التربة شديدة التلوث (كما في Severo بايطاليا) تمتد فترة نصف العمر لحوالي عشر سنوات.

مصادرها ووجودها:

تتكون الديوكسينات كنواتج ثانوية غير متوقعة، فهي لاتصنع لغرض تجارى ولكن توجد كأثار ملوثات نتيجة صناعة وإنتاج المركبات الكلورية العضوية.

Chlorinated organic compounds مثل بعض المبيدات والمطهرات وسوائل تبييض الورق فقد عرفت فى العالم أثر إنفجار مصنع للكيمياويات الكلورية العضوية فى Severo بإيطاليا سنة ١٩٧٦ حيث نتج عنه كميات كبيرة وجد منها ٠,٢٦ كجم TCDD بالتربة المحيطة بالمصنع.

كما تتولد الديوكسينات كنواتج إحتراق الخشب والفحم والمركبات الكلورية العضوية مثل البلاستيكات الكلورية والتي منها Polyvinyl chloride (PVC) والذي يستخدم فى عديد من المنتجات التجارية (كعازل للكبلات وعبوات للأغذية) وتختلف الكمية الناتجة باختلاف نوع البلاستيك (١ مجم | كجم بلاستيك طرى، ٢٢ مجم | كجم بلاستيك صلب). كما تتكون الديوكسينات كمخلفات لمواقد القمامة Incinerators ومحارق الأسمت Cement kilns وبقايا مخلفات مصانع الصلب. والجرعة اليومية المحتملة Tolerable daily intake (TDI) للديوكسين والفوران تبعاً لهيئة WHO هي $1-4 \text{ pg TEQ Kg}^{-1} \text{ day}^{-1}$ والمصادر الأساسية التى قد يتعرض لها الإنسان هى الأغذية الحيوانية، وبقدر ما يأخذه الفرد من الديوكسينات فى اليوم فى المدن الصناعية بمقدار $1-3 \text{ pg TEQ kg}^{-1} \text{ day}^{-1}$ وتسهم منتجات الألبان بحوالى $\frac{1}{4}$: $\frac{1}{3}$ المأخوذ يومياً من الديوكسينات وهذه تمثل 10^{-1} جم | جم دهن أى PPT وعادة ماتقدر الجرعة من الديوكسينات بما يعرف بمكافئ التسمم Toxic equivalent TEQ.

التأثير الصحى للديوكسينات Health impact

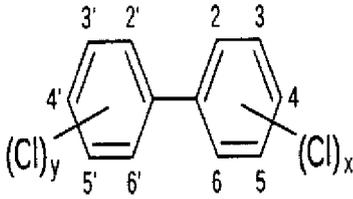
الديوكسينات مواد شديدة السمية very potent toxicants نظراً لإمتصاصها بالإمعاء فهى محبة للدهون Lipophilic لذا يزداد إمتصاصها عند إرتباطها بزيت أو دهون الطعام. ويعتبر TCDD أكثر الديوكسينات فاعلية فى إصابة الحيوان بالسرطان وقد صنفت سنة ١٩٩٧ بأنها مسرطن آدمى Human carcinogen. وتختلف سمية TCDD تبعاً لنوع الكائن المعرض لها فنجد $LD50 (\mu\text{g} \text{ kg})$ تتراوح ما بين $0,6 \mu\text{g} \text{ kg}$

بالنسبة لخنزير غينيا إلى $0,01 \mu\text{g} / \text{kg}$ بالنسبة للهمستر Hamster كما تختلف شدة سميتها من مركب لآخر نظراً لإحتمال وجود معها مواد سامة أخرى من المبيدات الكلورونية. ومن ذلك نرى وجود مدى واسع للحساسية من هذه المركبات فلو إستخدم LD_{50} والخاص بخنزير غينيا ($0.6 \mu\text{g} \setminus \text{kg}$) فهو يعادل فى سميته 64000 مرة ضعف سمية سيانيد الصوديوم كما تختلف شدة السمية باختلاف الجرعة المستخدمة.

الجرعة	الأعراض
٥ أيام فى الإِسبوع لمدة ١٣ إسبوع $1 \mu\text{g} \setminus \text{kg}$	ظهرت الأعراض بعد أول جرعة والموت
٥ أيام فى الإِسبوع لمدة ١٣ إسبوع $0.1 \mu\text{g} \setminus \text{kg}$	نفس الأعراض فقط بدرجة أقل
٥ أيام فى الإِسبوع لمدة ١٣ إسبوع $0.01 \mu\text{g} \setminus \text{kg}$	زيادة طفيفة فى الوزن النسبى للكبد
٥ أيام فى الإِسبوع لمدة ١٣ إسبوع $0.001 \mu\text{g} \setminus \text{kg}$	لاتأثير يذكر
لمدة ٢ سنة $1 \text{ng} \setminus \text{kg}$	لم تظهر آثار سامة
لمدة ٢ سنة $10 \text{ng} \setminus \text{kg}$	أضرار فى الكبد وأورام مختلفة فى الفئران

والجرعات العالية 0.5 PPb تسبب تسمماً حاداً acute toxicity يؤدي إلى الموت الذى يحدث بعد ٢ - ٦ أسابيع ($1/2$: $1 1/2$ شهر) بعد التعرض لمرة واحدة أو عدة مرات ويعتمد ذلك على نوع الكائن الحى المختبر. وفى أثناء ذلك يحدث نقص فى الوزن بما يعادل ٣٠ - ٤٠٪ من الوزن الأسمى مما يجعل الحيوان هزياً كأنه يعانى من مجاعة تؤدي إلى الوفاة، ويعزى ذلك إلى عدم قابلية الحيوان للطعام أو إلى خلل فى التمثيل الغذائى كتثبيط الإنزيمات المنتجة للطاقة ويفقد الحيوان أظافره وأهداب العين ويحدث صلح بالوجه. كما يحدث تثبيط لإنزيمات تخليق DNA ويصاب الحيوان بإضطرابات نفسية وعصبية، وبتشريح الجثة يلاحظ زيادة نسبية فى وزن الكبد والكلى والغدة الكظرية Adrenals ونقص الغدة الليمية Thymus بالنسبة للوزن الكلى للجسم. وتعرض الإنسان للديوكسينات بجرعات صغيرة ولمدة طويلة تسبب فى فقد الأظافر وأهداب العين Eye laches وصلح الوجه. وتعرض الإنسان لجرعات صغيرة من الديوكسينات ولمدد طويلة يصاب بما يعرف بإسم Chloracne (بثرات نتيجة التعرض لمركبات الكلور) وهو عبارة عن نوع من التقرن Hyper keratosis أو مايسمى Comedones وهى عبارة عن بثرات فى الوجه سوداء الرأس وتشبه حب الشباب.

ولكن في حالة Chloracne فغالباً ما تندمج هذه البثرات مما ينشأ عنه تشوه أكبر من دور حب الشباب ويحدث ذلك على الوجه والرقبة وقد يمتد إلى الظهر والصدر والأطراف كما قد يصيب الخصية عند الذكور. وقد تستمر هذه الأعراض لفترة طويلة يعتمد ذلك على شدة الإصابة. قد تمتد أحياناً إلى ٣٠ عاماً بعد توقف التعرض للعامل المسبب، وقد يشفى المريض وتظهر الأعراض بعد ذلك حتى مع عدم التعرض للمسببات. ويرجع ذلك لوجود مسببات لها



Accngon في الكبد ومخازن الدهن بالجسم. ويصاحب الشفاء ظهور ندب وإلتهابات بالجلد وأحياناً حساسية للضوء Photo sensitivity. وقد تعالج هذه الحالات خاصة المتوسطة منها باستخدام فيتامين A في صورة سائل أو كريم cream.

ملحوظة:

قد يوجد بالبيئة مركبات أخرى تشبه الديوكسينات يمكن التعرف عليها في اللبن مثل مركبات Chlorinated hydrocarbons والتي من أهمها المركب المسمى باسم Poly chlorinated biphenyls (PCBS) وهو من المخلفات الصناعية التي لا يمكن للطبيعة التخلص منها وهي تشبه في خواصها الفيزيوكيماوية خواص الديوكسينات فهي ثابتة كيميائياً وحرارياً وشديدة الذوبان في الدهون High lipophilic وإرتفاع درجة غليانها وهي مقاومة للنار Fire resistance مما ساعد على إنتشار إستخدامها في كثير من الصناعات مثل المواد العازلة والبلاستيك والدهانات ومعالجة الأخشاب وغيرها. وهي عبارة عن مخاليط تحتوي PCDFS كشوائب بمعدل ٠,٨ - ٥ مجم / كجم وتنتج وتستخدم تجارياً وبكثرة في كثير من الصناعات منذ ١٩٢٩ وفي الستينات في القرن الماضي أصبحت موجودة في كل بيئة حتى منعت من منتصف السبعينات عندما حدث منها حوادث تسمم إلا أن هناك بقايا منها يمكن الكشف عنها في البيئة وإن كانت شدة الرقابة البيئية أدت إلى خفض مستواها في الأغذية وبالتالي قلة تعرض الإنسان لها في العقد الأخير. ونسبتها في اللبن والدهن الحيواني أقل من ١٠٠ µg / كجم (PPb).

وبخصوص تأثيرها الصحى Health impact فرغم أنها قد تسبب تأثيرات غير مرغوبة مختلفة إلا أنه يصعب تقدير شدة سميتهما لوجودها فى صورة معقدة من مخاليط من مواد سامة أخرى مثل الديوكسينات والمبيدات الكلورونية الأخرى. وتوصف PCBS بأنها مركبات محتملة إصابة الإنسان بالسرطان Probable human carcinogens وفى التجارب على الحيوانات كان لها تأثير على نمو وتكاثر ونظام المناعة عند هذه الحيوانات. ومتوسط ما يتناوله الإنسان فى اليوم أقل من ٠,١ - ١,٩ µg للشخص / يوم. وقد وضعت عديد من الدول حداً لبقايا PCBS فى المنتجات اللبينية.

العوامل المؤثرة على ثبات المبيد:

من العوامل المؤثرة على ثبات المبيد ومصيره:

- ١- خواص المبيد: الطبيعية مثل ضغطه البخارى وسرعة تبخره، الكيماوية مثل مدى تحلله بفعل العوامل الجوية، البيولوجية مثل تحلله بالعوامل الحيوية. ومدى قدرة المبيد على التحرك تحت سطح التربة وقدرته على الإرتباط بسطح التربة ومن ثم بالنبات فبعضها له خاصية التراكم فى أنسجة النبات، وبعضها وخاصة الفوسفورية يمكن تحللها داخل أنسجة النبات.
- ٢- مقدار الجرعة وعدد مرات إستخدام نفس المبيد.
- ٣- نوع المحصول بالتربة وعمره ومعدل نموه والمعاملات التكنولوجية التى تجرى على المحصول بعد الحصاد من تنظيف أو تقشير أو غسيل وتجفيف وتبخير وطهى.
- ٤- عوامل متعلقة بالتربة والمناخ (رملية - طينية - ضوء - حرارة - رياح).
- ٥- عوامل النمو عن طريق تكوين أجنة جديدة تخفض من تركيز المبيد.

مخاطر المبيدات:

كما أن للمبيدات تأثيراً قاتلاً للحشرات فإن بقاياها فى الغذاء تلحق ضرراً كبيراً بالإنسان حتى إذا تناولها بكميات ضئيلة ولكن على المدى الطويل. وقد عرفت ظاهرة التلوث بالمبيدات فقط فى النصف الثانى من القرن العشرين حيث وقع الإنسان ضحية لما ابتكره، إما بسبب سوء الإستعمال أو الجهل بسميتها أو التعرض غير المباشر أو

المباشر نتيجة تلوث غذائه وهوائه، وذلك عن طريق تناول الغذاء الذى عوامل مباشرة بالمبيد، أو عن طريق غير مباشر بتناول الأعذية الحيوانية والدواجن ومنتجاتها والتي تغذت على أعلاف أو أعشاب ملوثة بالمبيدات، فالمبيدات تذوب فى الدهون وتتركز فيها وفى الألبان والبيض ومنتجاتها الأخرى. وعموماً يمكن تناول هذه المخاطر من ثلاث زوايا:

الأولى: مخاطر بيئية (إختلال التوازن البيئى - تلوث الغذاء)

وتتمثل فى التأثير الضار لهذه المبيدات على بعض الكائنات المفيدة، وتلوث المياه الجوفية والتربة الزراعية مما يضعف من خصوبتها. ومعظم المبيدات شديدة السمية، ومقاومة للهدم الحيوى، ويمكن البقاء فى التربة عشرات السنين، وتنتقل من التربة إلى النبات فالحيوان فالإنسان الذى يصل فى نهاية السلسلة الغذائية. ويصل التركيز أقصاه فى جسم الإنسان إذ تتراكم مع تقدم العمر فى أنسجته الترسيبية *adipose tissue*، مما يؤدى لظهور الأمراض الخبيثة والتشوهات الخلقية للجنين إذا مازادت بقاها عن حدود معينة.

وكثيراً ما تتعرض الأغذية للتلوث بالمبيدات إما عن طريق مباشر أثناء الرش أو بطريق غير مباشر ومن أمثلة ذلك:

١- تلوث المياه: تلوث مياه الشرب يعتبر من أخطر المشاكل الصحية، فقد أظهرت التحاليل الدقيقة وجود متبقيات للمبيدات خاصة مركبات الكلور العضوية فى مياه الشرب، حيث أن عمليات التنقية والمعالجة المألوفة للمياه لايمكنها إزالة تلك المخلفات. وقد وجدت نسب متفاوتة من هذه المخلفات فى عينات مياه الشرب المأخوذة من عدة محافظات فى مصر تراوحت ما بين ٠,٠٢١ - ٠,٠٥٤ ppm كما لوحظ أن العينات المأخوذة من المناطق الريفية كانت نسبة المخلفات بها أعلى من المناطق المدنية. كما يعتمد مستوى المخلفات على طبيعة مصدر المياه، فعينات المياه الجوفية الموجودة على عمق ٥٠ م إحتوت على نسبة أقل من مخلفات المبيدات بالمقارنة بعينات المياه القريبة من سطح الأرض (٦ م). أما عينات ماء النيل فأحتوت على نسبة ضئيلة من تلك المخلفات بعد معالجتها. هذا فيما يتعلق بالمياه المعالجة التى يتناولها الإنسان. لكن الحيوانات الأليفة وحيوانات

المزرعة تشرب من المجارى المائية غير المعالجة لذا فهي أكثر عرضة للتلوث بمخلفات المبيدات.

٢- اللحوم: فرغم عدم وجود حصر لمدى تواجد مخلفات المبيدات فى لحوم الحيوانات المعروضة فى الأسواق فى مختلف بلدان العالم إلا أن الدراسات التى أجريت فى مصر (كلية طب البيطرى الزقازيق) لإستبيان مدى تواجد بقايا المبيدات الشائعة الإستخدام فى مصر بحيوانات المزرعة، وجد أن بعض المبيدات الهيدروكربونية الكلورية تتواجد فى ذبائح الجاموس والبقر والغنم والجمال. وقد وجد أن دهن وكبد هذه الحيوانات يحتويان أعلى مستوى تراكمى من هذه المبيدات، يليها الكلى ثم اللحوم بنسبة تفوق بكثير المسموح به دولياً. كما دلت النتائج على أن الطهى بالغلى أو التجميد ليس له تأثير يذكر على بقايا المبيدات. وخلصت الدراسة إلى خطورة تداول وإستهلاك لحوم ونتاج هذه الحيوانات، كما أوصت بضرورة سن قوانين للحد من تواجد هذه المبيدات بلحوم الحيوانات، وقد حددت إدارة الأغذية والأدوية فى الولايات المتحدة الأمريكية الحدود الآمنة للمتبقيات فى دهون لحوم البقر والماعز والدجاج والغنم من ٣ - ٧ جزء / مليون من المبيدات الكلورية العضوية حسب نوع المبيد وشدة سميته، وتعتبر المبيدات الفوسفورية ومركبات الكبراميت أقل خطورة من المبيدات الأخرى حيث لا تتراكم فى الدهن ويتلف معظمها فى الجهاز الهضمى للحيوان.

٣- البيض وأنسجة الدجاج: أوضحت الدراسات وجود بقايا من المبيدات فى عليقة الدجاج ومياه شربه وكذا فى البيض الناتج منه وبنسبة مرتفعة فى دهن وأنسجة الدجاج.

٤- عسل النحل: يتعرض عسل النحل للتلوث بالمبيدات (مثل شرائط الأبتستان) التى تستخدم فى مقاومة حشرة الفاروا التى تصيب النحل وتقضى عليه، كما تعلق جزيئات المبيدات بشغالات النحل أثناء تغذيتها على رحيق ازهار النباتات المرشوشة مما يؤدى لتلوث العسل والشمع وغيرها من منتجات النحل بالمبيد.

٥- الأسماك: تؤكد معظم الدراسات أن المبيدات تحدث تسمماً للأسماك حتى عند التركيزات الضئيلة، والأسماك التى تقاوم هذه التركيزات تحتوى لحومها على

تركيزات عالية من بقايا المبيد، ففي إحدى مزارع السمك (التل الكبير) وجد أن مياه الأحواض تحتوى بقايا مبيدات حشرية أعلى من المعدل المسموح به، وثبت وجود هذه المبيدات فى عينات سمك البلطى بصورة تضر بصحة المستهلك خاصة فى الأسماك التى توجد بالمصارف، وكذا بالأسماك التى تحتوى نسبة عالية من الدهن مثل ثعابين السمك. وقد تركز الأسماك المبيد فى جسمها إلى تركيزات مرتفعة تفوق الموجودة فى المياه التى تعيش بها فقد لوحظ ارتفاع مستوى متبقيات DDT فى أسماك السالمون إلى ٧٠٠ ضعف ما هو موجود فى البيئة المحيطة. وتحدد بعض الدول الا تزيد مركبات المبيدات فى الأسماك عن ٥ جزء / مليون (من ١ - ٧ جزء / مليون تبعاً لنوع المبيد).

وتعتبر أسماك ناصر أقل الأسماك إحتواء على المبيدات والمعادن الثقيلة ويزيد تلوث الأسماك (البلطى) كلما إقتربنا من شاطئ البحر الأبيض المتوسط وأكثر الأسماك تلوثاً كان فى وسط الدلتا وخصوصاً أسماك المصارف والترع. فمن تجربة لتقدير متبقيات المبيدات الكلورونية فى عينات من أسماك البلطى والبياض تم صيدها من خمس مواقع مختلفة كان متوسط التركيزات (ميكروجرام / كجم نسيج رطب) كما يلى (جدول ٥٧)

جدول (٥٧) المبيدات الكلورونية فى عينات من اسماك البلطى والبياض

نوع السمك	شبرا الخيمة	إمبابة	التحرير	الجيزة	المعادى
سمك بلطى	٢٢,٤٢	١٣,١٥	٤,٦٣	٤,٠٣	١١,٥٣
سمك بياض	١٤,٧٥	٢٧,٦٩	٢٣,٠٥	٤٧,٢٢	٥٠,٥٣

ويرجع التباين إلى إختلاف درجة التلوث فى هذه المناطق، وإختلاف معدلات تراكم هذه المبيدات فى أنسجة الأسماك المختلفة. ويلاحظ أن النسب المذكورة أقل من الحدود القصوى المسموح بها فى بعض الأغذية الحيوانية الأخرى. أما عن مصير هذه المبيدات فى السمك فبعضها يتراكم فى الكبد والأحشاء الداخلية والدهن الموجود تحت الجلد، ويتخلص السمك من جزء منها عن طريق الخياشيم والكليتين ونسبة قليلة تبقى فى العضلات التى تؤكل.

٦- الخضر والفاكهة: يحدث تلوث الخضر والفاكهة بالمبيدات إما بطريقة مباشرة نتيجة معاملتها بالمبيدات فى الحقل خلال برامج مقاومة الافات حيث يمتص النبات المبيد من التربة الملوثة، أو بطريقة غير مباشرة عن طريق الهواء من خلال الجزيئات المنتشرة بالهواء من الحقول المجاورة. ومن أمثلة حالات التلوث بالمبيدات التى حدثت فى مصر ظهور مركبات الكلور العضوية إلى جانب مركبات الفوسفور العضوية فى عينات من البطاطس بتركيزات أعلى من المحاصيل الخرى. إذ بالغ بعض التجار فى معاملتها بالمبيدات حتى تتحمل التخزين لفترات طويلة، مما أدى إلى إنبعاث رائحة المبيد السامة منها فى بعض الأسواق، وقد صادرت الجهات المسئولة كميات من البطاطس المعروضة بالأسواق وصلت مئات الأطنان وأعدمتها خلال صيف ١٩٩٧ وإشتهر آنذاك بالبطاطس المسممة وبجانب تلوث البطاطس فقد ثبت وجود بقايا مبيدات الكاربامات فى عينات من الخضر النامية فى الصوبات الزراعية مثل الخيار والطماطم والبانجان وكان أكثر تركيزاً فى الخيار وخاصة خلال موسم الشتاء.

ونشير فيما يلى إلى أثر العمليات التصنيعية على بقايا هذه المبيدات فى الخضر والفاكهة إذ قد تعمل العمليات التصنيعية على تقليل المتبقى من هذه المبيدات مثال ذلك:

أ- إزالة الأجزاء التالفة - النقع - الغسيل فى مياه جارية نقية تزيل حوالى ٥٠٪ كما أن السلق فى الماء يزيل ٥٠٪ أما السلق فى البخار أو البسترة فتزيل فقط حوالى ٣٪. كما يزيل التقشير جزءاً كبيراً من الملوثات السطحية (٩٠٪ الموجودة على البطاطس وثمار الموز والبرتقال والمانجو والقرع والبطيخ).

ب- عمليات تجهيز العصائر والمرببات تزيل كثير من بقايا المبيدات إذ تبين أن عصير الفواكه يحوى نسبة أقل من هذه البقايا مقارنة بثمار الفاكهة الكاملة.

ج- الطهى: رغم أن معظم المبيدات ثابتة ضد الحرارة إلا أنه يحدث لها إنهيار فعلى بالتسخين فى وجود المادة الغذائية.

د- التبريد والتجميد: بعض المبيدات لا تتأثر بالتبريد أو التجميد وتتفاوت المبيدات فى هذا الشأن.

ملاحظات:-

- معالجة الخضر والفاكهة بكميات كبيرة من المبيدات ولفترة طويلة قبل الحصاد قد تسمح لبقايا المبيدات بإختراق القشرة والإستقرار فى الأنسجة الداخلية بنسب عالية مما يشكل خطراً على المستهلك لاتفيد معه عمليات الغسيل والتجهيز .
- بالنسبة للخضروات الورقية الملوثة فإن المبيدات تنفذ داخل أنسجتها بعد ساعة من المعاملة، ولاتجدى عمليات الغسيل فى إزالتها لذا يجب الحيطه ومعرفة مصدر هذه الخضروات.

٧- الوجبات السريعة: أظهرت الدراسات أن الوجبات السريعة التي تقدمها المطاعم والفنادق وحتى المستشفيات تحتوى على نسب متفاوتة من بقايا المبيدات، تتوقف على طبيعة الغذاء وطريقة إعداده فالأطعمة الغنية بالدهن وكذا التي تطهى مع الدهون كشرائح اللحم أو التي تطفى فى الزيت لفترات طويلة تحتوى كميات أكبر من بقايا المبيدات عن اللحوم والأطعمة المشوية أو المسلوقة. كما وجد أن الأغذية ذات الأصل الحيوانى خاصة المخ والكبد والطحال واللحوم الدسمة تحتوى بقاءا مبيدات أكثر من الأغذية النباتية كالبقول والحبوب والخضروات.

٨- الألبان ومنتجاتها: هناك مصدران أساسيان لتلوث اللبن بالمبيدات الأول التلوث من المبيدات المستخدمة لمقاومة الحشرات والطفيليات (ذباب - قمل - قراد) الموجودة بحظائر الحيوانات وأجسامها. والثانى المبيدات المستخدمة على أعلاف الحيوانات نتيجة الرش بطريقة عشوائية على حقول البرسيم والذرة المجاورة لحقول القطن المصابة. ومازالت بعض الأعلاف المستوردة من الخارج من دول تستخدم مركبات الكلور العضوية فى العمليات الزراعية أو مكافحة الملاريا تحتوى على بقايا من هذه المبيدات كما أن من مصادر التلوث إستخدام مخلفات المجارى Sewage sludge فى تسميد الأرض. وفى جميع الحالات فإن هذه المبيدات يمتص بعضها عن طريق الجلد والجهاز التنفسى أو تصل إلى الجسم عن طريق الجهاز الهضمى حيث يفرز جزء منها فى اللبن. وقد تختفى بقاءا هذه المبيدات فى اللبن بعد أيام قليلة من تلوثه بها، ولكن فى

بعض الحالات قد تبقى معدلات قليلة لمدة طويلة، كما قد يخزن بعضها في أنسجة الجسم الدهنية وينتج عنها تأثيرات تراكمية Commulative effects. ونظراً لشراهة معظم هذه المبيدات للدهون فهي ترتبط بدهن اللبن وتتركز في منتجاته الدهنية (قشدة - زبدة - سمنة) وكذا في الجبن والمثلجات اللبنية. ومن الدراسات التي أجريت على تلوث اللبن ومنتجاته بالمبيدات:

أ- في مصر:

في زراعة القاهرة (Fawzia, 1996) وفي دراسة على المبيد (أزينفوس ميثايل) من المبيدات الفوسفورعضوية أعطى المبيد إلى ماعز عن طريق الفم في كبسولات جيلاتينية (١٠ - ٢٠ جزء / مليون) من العليقة. ودرس أثر ذلك على كمية المبيد المفرز في اللبن - الدم - البول - البراز - الأعضاء وأثر المبيد على إنتاج اللبن وخواصه. حيث أعطى المبيد لمدة ٤ أيام متتالية، ثم أخذ العينات وتحليلها طول هذه الفترة وكذا لمدة ١٤ يوم بعد ذلك وتشير النتائج:

١- فرز من المبيد في:

البول (٥٩ - ٦٠٪) - في البراز (٤ - ٥٪) في الأعضاء والأنسجة الدهنية - الكبد - المخ - القلب - المرارة (٣ - ٤٪) - اللبن (٠,٠٨ - ٠,١٤) - الدم (٠,٠٣ - ٠,٠٤).

وأمكن التعرف على نواتج التمثيل الأتية في كل من اللبن والبول

Dimethyl phosphodithioc, Monodimethylated azinphos methyl, Dimethyl phosphorothioic

٢- تأثير المبيد على كمية اللبن وبعض خواصه:

محصول اللبن: انخفاض محصول اللبن بزيادة الجرعة

زمن التجبن: طول زمن التجبن

بروتين - T.S.F - لاكتوز - وزن نوعي - حموضة: لم تحدث تغيرات معنوية

الإلكتروفورسيس: α_{scn} تحلل لعدة أجزاء، Kcn إختفى، بروتينات الشرش تغير طفيف في B lacto وتحلل لشقين الأحماض الدهنية الحرة: زيادة طفيفة.

وفي زراعة عين شمس (Abou Arab, 1991) في دراسة على بقايا بعض مبيدات الكلور العضوية في عينات من اللبن والمنتجات اللبنية جمعت في الفترة من ١٩٨٨ - ١٩٩٠ وجد أن:

٦٢٪ من عينات اللبن، ٨٥٪ من عينات لبن الأم، ٦٧٪ من عينات الزبادى، ٥٣٪ من عينات الجبن الأبيض ملوثة بالمبيدات كلورعضوية (ليندين) وقد كانت النسب الموجودة بهذه العينات أقل من الحدود القصوى المسموح بها. وقد يفسر ذلك بقدرة الحيوان على إبطال سمية هذه المبيدات وإفراز معظمها في البول والبراز. وكانت نسبة هذه المبيدات في لبن الأبقار (٠,٠٣ - ٠,٠٧ جزء / مليون) أقل مما في لبن الجاموس (١٢ جزء / مليون) مما يدل على وجود علاقة بين نسبة الدهن والمبيد باللبن.

كما درس أثر العمليات التصنيعية على مصير البقايا من مركبات الكلور العضوية باللبن ولوحظ:

١- تعقيم اللبن ١٢٠م° / ١٥ د أو غليانه ١٥د: خفض نسبة مشتقات DDT بمقدار ٦٨٪ ولم يكن للبسترة تأثير في ذلك.

٢- UF: Premeate به ٢٠ - ٤٠٪ من المبيد، Rctentate به ٨٠٪ من المبيد.

٣- عمليات الفرز والخض والتسييح

تسييح	خض	فرز
سمنة ←	زبدة ←	لبن ←
٩٢٪ من المبيد الموجود بالزبد	٨٢٪ من المبيد الموجود بالقشدة باللبن	٩٤٪ من المبيد الموجود باللبن
٨٥٪ من المبيد الموجود بالقشدة	٧٧٪ من الموجود	
٥٨٪ من المبيد الموجود باللبن		

كما درست بقايا المبيدات الحشرية الكلورونية في عينات لبن جاموسى خام (Abd El- kader et al. 1994) وأظهرت النتائج تلوث اللبن بمركبات الفاكلوروسيكلو هكسان، بيتا كلوروسيكلو هكسان، جاما كلوروسيكلو هكسان، DDT ومشتقاته، الألدرين Aldrin، الديلدرين Dieldrin، الإندرين Endrin بتركيز

٠,٠٤٤، ٠,٤٦٠، ٠,٠٤٦، ٠,٢٦٨، ٠,٠٨٨٠، ٠,١٨٢، ٠,٠٥٢ مجم / كجم
دهن لبن على التوالي. وتبين الدراسة إحتواء عينات اللبن على تركيزات مرتفعة
لبقايا بعض المبيدات الكلورونية مما يؤثر على سلامة إستخدامها الآدمي.

وفى دراسة على الألبان المجففة المستوردة (El- Sayed et al, 1993) لتقدير
بقايا المبيدات الحشرية (مركبات الكلور العضوية وفنيلات الكلورينات المركبة،
المبيدات الفوسفورية العضوية) كانت النسبة من تلك المركبات تحت الحد المسموح
به تبعاً لمنظمة الأغذية والزراعة FAO ومنظمة الصحة العالمية WHO.

بينما كانت تركيزات مركبات الأندرين، اللدريين + الدى الدرين ٦,٦، ٠,٣، ١٤,
µg / كجم على التوالي وهى أعلى من النسب المسموح بها. ولم تحتوى هذه
الألبان على مركبات داي ميثوات، هيتاكلورولاندوسولفان والإندرين داي
هايدوسلفات الإندوسولفان.

ب- فى أسبانيا وكينيا

ويبين الجدول التالى بقايا Oranochlorides OCs فى لبن UHT من مناطق مختلفة
من أسبانيا سنة ١٩٧٨ مقارنة بعينات أخرى سنة ١٩٩٤ ومنها يتضح إنخفاض
إستعمال المبيدات وإستعمالها فى أضييق الحدود (Jarrido et al, 1994)

جدول (٥٨) بقايا OCs فى لبن UHT

المبيد	المتوسط مجم / كجم عام ١٩٧٨	المتوسط مجم / كجم عام ١٩٩٤	المصرح يومياً مجم / كجم من وزن الجسم Acceptable daily intake (ADI)
DDT and Metabolites	٠,٨٥	٠,٠٥٦	٠,٠٢٠
Heptachlor	٠,٠٤٨	٠,٠٢٨	٠,٠٠٠٥
Dieldin	٠,٠٤٧	٠,٠٢٦	٠,٠٠٠١

وفى كينيا وجد أن ٣ - ٤٪ من عينات اللبن فى كينيا تحتوى على مركبات
الكلور العضوية بنسب أعلى من المسموح به وعلى مدار خمس سنوات من
إيقاف إستخدام المبيد وتزيد نسب هذه المبيدات فى اللبن ومنتجاته خاصة فى
فترة سوء التغذية حيث يستخدم الحيوان دهنه فى المحافظة على كمية اللبن
الناجمة.

المبيدات فى لبن الأم:

اكتشف بعض المبيدات خاصة الكلورونية العضوية فى لبن الأمهات فى كثير من دول العالم ومنها مصر .

حيث وجد DDT فى لبن الأمهات بنسب تتراوح ما بين ٠,٠١ - ٠,٧٧ جزء / مليون بمتوسط ٠,١٣ جزء / مليون بينما يصل تركيزه فى دهن لبن الأم إلى حوالى ٣,٢ جزء / مليون. وتنتقل هذه المبيدات إلى الرضيع بفرض أن الرضيع يستهلك يومياً ٠,٦ لتر لبن ولبن الأم يحتوى ٠,١٣ جزء / مليون DDT أى ٠,١٣ مجم / لتر أى أن الرضيع يدخل جسمه $٠,١٣ \times ٠,٦ = ٠,٧٨$ مجم DDT يومياً وإذا علمنا أن الرضيع يبلغ وزنه عند الولادة حوالى ٣,٣٦ كجم، فهذا يعنى أن الرضيع عند ولادته يدخل جسمه $٠,٧٨ / ٣,٣٦ = ٠,٢٣$ مجم DDT يومياً / كجم من وزنه.

الثانية: مخاطر وظيفية:

تتمثل فى الأضرار التى تلحق بالقائمين بصناعتها وعمال الزراعة المستخدمين لها ومن هذه الأضرار:

أ- وجد أن زوجات العاملين فى مصنع ينتج Dibromo chloropropane أحد المبيدات الكلورونية العضوية لايقدرّون على الإنجاب حيث وجد أن عدد الحيوانات المنوية منخفضة عند العاملين من الذكور، بينما لم يظهر أى تأثير ضار على العاملات الإناث، وهذا يعنى أن لهذه المبيدات تأثير معاكس للخصوبة.

ب- من دراسة بكلية طب القاهرة مع الوكالة الدولية للتنمية والبحوث بكندا IDRC فى مشروع بحثى لتقييم التأثيرات الصحية للمبيدات على الأشخاص المعرضين لها أثناء التصنيع والتوزيع والإستخدام (أجرى البحث على ستمائة عامل) وقد أظهر البحث إصابة نسبة كبيرة من المعرضين لها بالأعراض التالية:

١- إضطرابات الأعصاب الطرفية وتيبسها.

٢- تصلب الشرايين.

٣- حساسية الصدر والربو.

- ٤- تضخم الكبد وإضطراب وظائفه.
- ٥- أمراض جلدية وأعراض مرضية فى العيون.
- ٦- ظهورها فى مصل الدم الذى قد ينتقل من شخص لآخر.
- ٧- تغير فى السلوك والحالة النفسية.
- ٨- انخفاض نشاط إنزيم أستيل كولين إستريز.

الثالثة: مخاطر ناشئة عن وجود آثار متبقية Residues فى الغذاء والعليقة

(الآثار السلبية على صحة الإنسان والحيوان)

رغم أن كمية المبيدات فى الهواء لا تسبب أضراراً خطيرة للإنسان عند الإستنشاق نظراً لضآلتها حيث لا تمثل أكثر من ٢ - ٥ ٪ من كمية المبيدات التى تؤخذ مع الغذاء، فإن متبقيات المبيدات فى الغذاء قد تحدث ضرراً حاداً للإنسان عند تناول الطعام الملوث بها بعد فترة قصيرة من المعاملة قد تصل إلى عدة ساعات أو يوم وقد يحدث الضرر على المدى الطويل وتختلف درجة الضرر طبقاً لطريقة التعرض للمبيد ونوعه ومدة التعرض له وشدة تركيزه.

ونشير فيما يلى لبعض الآثار السلبية لبعض هذه المبيدات:

١- الآثار السلبية للمبيدات الكلورونية العضوية، تحدث الإصابة بهذه المبيدات نتيجة إمتصاصها عن طريق الإستنشاق أو الجهاز الهضمى عن طريق الفم أو من خلال الجلد ولكن بدرجة ضعيفة. وعند المستويات السامة تظهر أعراض منها الإلتهابات - الزغلة - عدم التوازن - أورام - تشنجات وتظهر هذه الأعراض بعد ساعات من التعرض. وعند تناول الفئران الحوامل جرعات مرتفعة من المبيد أدى ذلك لحدوث سوهاة خلقية فى الأجنة مع إرتفاع معدل موت الأجنة، كما أدى تعاطيها بجرعات أقل من الحادة إلى حدوث سرطان الكبد فى الزمن الطويل.

٢- الآثار السلبية للمبيدات الفوسفورية العضوية: تعتبر هذه المبيدات أكثر سمية عن المبيدات الكلورونية العضوية وترجع سميتها أساساً إلى تثبيط إنزيم أستيل كولين إستريز فى مراكز الإتصال العصبى والذى يؤدى إلى شلل العضلات ويؤدى التسمم الحاد إلى ألم شديد ورعشة فى العضلات وتشنجات وفشل عضلات الحجاب

الحاجز الذى يؤدى إلى الوفاة نتيجة الفشل فى التنفس، كما أنه سام للقلب Cardiotoxic ويسبب تغيرات غير طبيعية فى رسم القلب الكهربى. كما تسبب تشوهات خلقية فى الأجنة. ويتوقف هذا كله على تركيز الجرعة التى يتعرض لها الإنسان. ويؤدى التسمم المعتدل (تحت الحاد) إلى التهابات جلدية - إكتئاب - تدهور الجهاز المناعى - أرق - تهيج الأغشية الداخلية للجهاز التنفسى إذ تعتبر جزيئات المبيد من المواد المسببة للحساسية الصدرية التى تؤدى إلى تورم الشعب الهوائية وزيادة إفرازاتها، كما يسبب إعاقة دخول وخروج الهواء وظهور أعراض الأزمات الربوية.

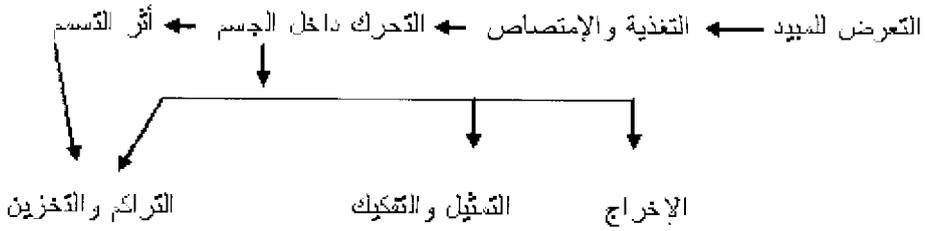
٣- الآثار السلبية لمبيدات الكارباميت Carbamates

يؤدى التسمم الحاد بهذه المبيدات إلى ضعف العضلات، إنقباضاتها، إنخفاض ضغط الدم، فشل الجهاز التنفسى وتشنجات، توقف القلب، تثبيط إنزيم أستيل كولين إستريز ويؤدى التسمم تحت الحاد إلى الصداع وآلام فى البطن وقئ وإسهال وعدم تركيز ورعشة وعدم وضوح الرؤيا وإفراز زائد فى اللعاب.

معظم مركباتها غير مسرطنة ولكن بعضها مثل الكارباميل يسبب تشوهات خلقية فى الأجنة عند جرعة ١٠ جم / كجم والجرعة المنخفضة ٤ مجم / كجم تسبب ارتفاعاً فى عدد وفيات الأجنة.

التأثير السام للمبيدات:

تشير الدراسات إلى أن هناك بضع ملايين من حالات التسمم تحدث فى العالم سنوياً يموت منها من ٤ - ٥ أفراد كل ساعة ويرجع التأثير السام للمبيد إلى تعطيل الإنزيمات المشاركة فى عمليات الأيض (التمثيل الغذائى) أو التوصيل العصبى أو إلى التفاعل مع البروتينات وإتلاف الخلايا والأنسجة. ويبين التخطيط التالى آلية حركة المبيد فى الجسم ومدى قدرته على تمثيله وتحليله والتخلص منه عن طريق الإخراج أو طرحه ليتراكم فى الأنسجة غير الحساسة مثل الدهون.

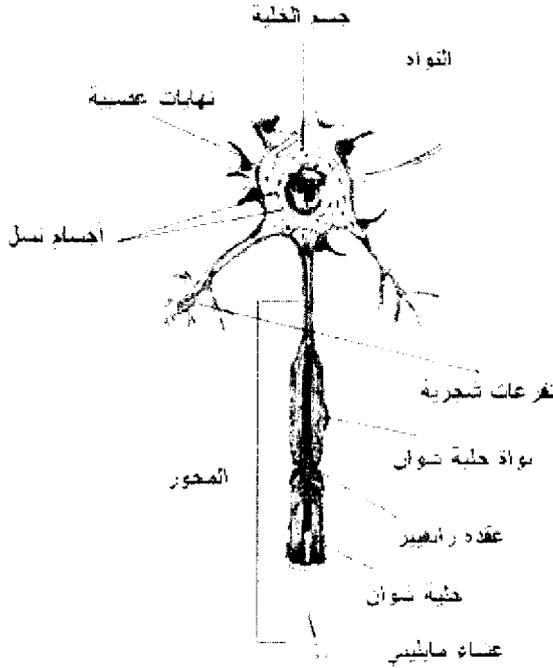


كيفية تأثير المبيد (السموم العصبية) على الجهاز العصبى:

أ- تركيب الجهاز العصبى:

يتركب الجهاز العصبى من العديد من الوحدات البنائية المتكررة هي الخلايا العصبية (شكل ٣) التى تتجمع فى المخ أو فى العقد العصبية، وتخرج من الخلايا العصبية زوائد محورية تعرف بالألياف العصبية تصلها بخلايا عصبية أخرى أو بأعضاء الإستجابة بالجسم مثل الألياف العضلية أو الغدد المفرزة.

ويغلف المحور العصبى بوحدات صغيرة تعرف (بخلايا شوان) تلتف حوله مكونة غلافاً طويلاً من مادة دهنية بروتينية تعرف بعشاء ميلين عدا مناطق محدودة تعرف (بعقد رانفيلية) وينتهى المحور بنهاية طرفية تحمل إنتفاخات دقيقة. بقرب الزوائد الشجرية للخلايا العصبية الأخرى ويفصل بينهما مساحة صغيرة تعرف بالمشبك العصبى، وتحتوى نهايات المحور على حويصلات بها موصلات كهربائية أهمها مركب أستيل كولين.



شكل (٣) تركيب الخلية العصبية

ب- كيفية تأثير المبيد على الجهاز العصبي

إذا استثّرت الخلية العصبية فإن سيلاً عصبياً يتجه سريعاً نحو المحور ليصل إلى نهايته الطرفية فتدخل أيونات الكالسيوم من الخارج إلى داخل الحويصلات فتتمدد تلك الحويصلات وتتجه نحو المشبك العصبي وتفرغ محتواها من مادة أستيل كولين وهو ما يعد رسالة كيميائية تستقبلها الخلية العصبية الأخرى بغشائها الحساس الذي يوصل الرسالة كنبضة كهربية حيث تمر من الزوائد الشجيرية عبر الخلية ومنها إلى محورها وتصل الرسالة في النهاية إما إلى سطح خلية عضلية أو غدية لتحدث الإستجابة المطلوبة، وبوصول الرسالة وحدث الإستجابة يتوقف عمل السيال العصبي بفعل إنزيم يعرف باسم "استيل كولين إستريز" يوجد حول المشبك العصبي ويعمل على تحليل الأستيل كولين فتعود الخلية العصبية والمحور لحالتها قبل الإستارة في إنتظار رسالة جديدة.

وتعمل السموم العصبية ومنها بعض المبيدات الكيميائية على تعطيل عمل ذلك الإنزيم (أستيل كولين إستريز) المحلل لمركب التوصيل (أستيل كولين) فتبقى الخلية العصبية فى حالة إستثارة مستمرة أى تتعطل وظيفتها فى إستقبال رسائل عصبية جديدة، فيحدث الشلل وتعجز أجهزة الجسم بالتالى عن أداء وظائفها الحيوية.

والسموم العصبية منها ما يعطل عمل أيونات وإنزيمات خاصة بنفاذية أغشية الخلايا العصبية ومحاورها فيختل مرور السيل العصبى ولايصل إلى الخلايا المختلفة، كما أن بعض المبيدات تعمل على إذابة العلاف الدهنى للمحور العصبى، فتتداخل السيلالات العصبية وتختل الإستجابة وينتهى الأمر بالموت. ويمكن بإختصار توضيح مظاهر التسمم بالمبيدات على مختلف أجهزة الجسم فى الجدول التالى (جدول ٥٩).

جدول (٥٩) مظاهر التسمم بالمبيدات

مظاهر التسمم	العضو الذى يظهر عليه أعراض المرض	الجهاز المستهدف
ضيق نفس - كحة - إلتهاب	الأنف - القصبة الهوائية - الرئتان	الجهاز التنفسى
ألم شديد فى منطقة البطن	المعدة - القولون	الجهاز الهضمى
الأم الظهر - التبول أكثر أو أقل من المعتاد - تلون البول	الكليتان	الجهاز البولى
صداع - عدم توازن	المخ - الحبل الشوكى	الجهاز العصبى
فقر دم (إنهاك وضعف)	الدم	الجهاز الدورى
إلتهاب الجلد - حك وإحمرار الجلد - بثرات	الجلد - العينان	الجلد
عقم - عيوب خلقية فى الجنين	أعضاء التناسل	الجهاز التناسلى

أثر المبيدات على الميكروبات باللبن:

لايوجد تأثير على النشاط الميكروبى فى اللبن الملوث بالمبيدات حتى تركيز ١٠٠ مجم / مل لبن وذلك فى وجود الكازين وقد يرجع ذلك لإرتباط المبيد بالكازين أما عند خلو البيئة من الكازين فإن المبيدات تثبط فعل الميكروبات.

الإحتياطات الواجب مراعاتها لتقليل الأثار الضارة للمبيدات على صحة الإنسان:

١- مراعاة التعليمات الخاصة بفترة الأمان من المعاملة وحتى التناول، حيث أنه عند معاملة المحاصيل الغذائية بمبيدات الآفات تتحل 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 ببطء بعد ذلك لذا يجب معرفة حدود أمان متبقيات المبيد على المحصول بحيث لايسمح بتسويقه إلا إذا كانت المتبقيات في الحدود المسموح بها ولايصرح بتداول غذاء إذا مازاد المتبقى من المبيد عن النسب المسموح بها وتعرف أكبر كمية من المتبقى من المبيد المسموح به في الغذاء بالحد المسموح Tolerance ويختلف هذا الحد باختلاف نوع الغذاء ونوع المبيد ودرجة سميته.

٢- يفضل مقاومة حشرات محاصيل الخضر بالمبيدات التي تتحلل بسرعة في غضون أيام، ولايبقى منها أى أثر في أنسجة النبات إلا مائل، وبصفة عامة ينصح بعدم جمع المحصول المعامل بالمبيدات العضوية إلا بعد إسبوعين على الأقل من آخر معاملة بالمبيد.

٣- إتباع بعض العوامل التكنولوجية على الخضر والفاكهة قبل إستهلاكها مثل التقشير - الغسيل - الطهو - التجفيف.

٤- وفى اللبن: أجريت أبحاث للتخلص من المبيد بعد التلوث وذلك من البقرة الحلوب وكذا من اللبن.

أ- التخلص من المبيدات بعد التلوث من البقر الحلوب:

i - ميكانيكياً: إختيار مركبات لها القدرة على الإرتباط بالمبيد وإخراجه قبل إرتباطه بالجسم ومثال ذلك مخلوط من الفحم النشط وأكسيد المنجنيز وحمض التانك بنسبة ٣ : ١ : ١ ويعطى للحيوان حوالى واحد كجم يومياً تخلط مع الغذاء الملوث مباشرة بشرط عدم إستخدام المخلوط مدة طويلة وذلك لإمتصاص المواد السابقة لبعض الإنزيمات.

ii - كيميائياً: بإعطاء بعض المركبات مثل Phenobarbitol وهذا ينشط الكبد لإنتاج إنزيمات تحلل بعض المبيدات مثل داي الدرين Dieldrin ليتحول إلى مركب قابل للذوبان فى الماء يخرج مع البول.

iii - فسيولوجياً: يكون الجسم مناعة بعد فترة بإنتاجه إنزيمات تحلل المبيدات
حافطة تركيزها عند معدل معين.

ب- من اللبن:

- i - كيميائياً: كإستخدام الأشعة فوق البنفسجية (تكسير بعض المبيدات) أو فوق
أكسيد الأيدروجين (أكسدة بعض المبيدات).
- ii - تكنولوجياً: مثل التجفيف أو التسخين أو إزالة الروائح تحت تفريغ.

الفصل الخامس عشر

الإشعاع والتلوث بالنويات المشعة (النظائر المشعة)

Irradiation and Contamination With Radionucleatides

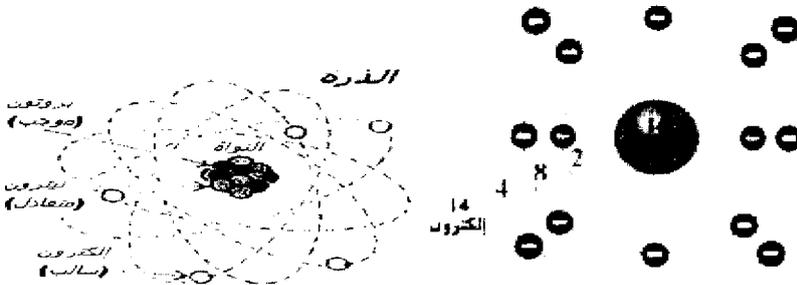
تركيب الذرة والإشعاع:

تتكون ذرة العنصر من نواة مركزية تحتوى على بروتونات موجبة الشحنة ونيوترونات متعادلة. ويدور حول الذرة إلكترونات سالبة الشحنة ويطلق على عدد البروتونات فى الذرة بالعدد الذرى، ويطلق على مجموع البروتونات + النيوترونات العدد الكلى فمثلاً ذرة الكربون تكتب

العدد الكلى وهو مجموع البروتونات + النيوترونات $^{12}\text{C}_6$

العدد الذرى وهو عدد البروتونات

وهذا يعنى أن ذرة الكربون تحتوى 6 نيوترونات.

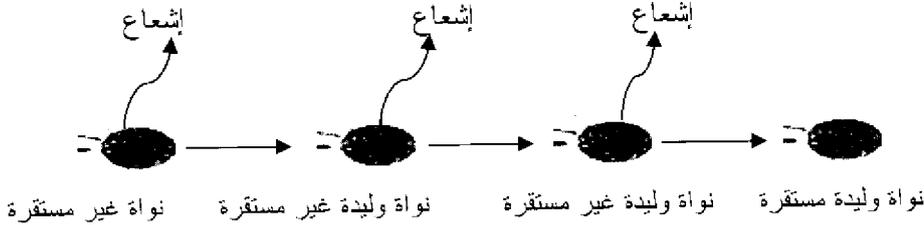


وفى بعض العناصر نجد أن أنوية ذراتها تتفق فى عدد البروتونات بينما تختلف فى عدد النيوترونات أى تتفق فى العدد الذرى بينما تختلف فى عدد النيوترونات ويطلق على هذه العناصر بالنظائر مثال ذلك:

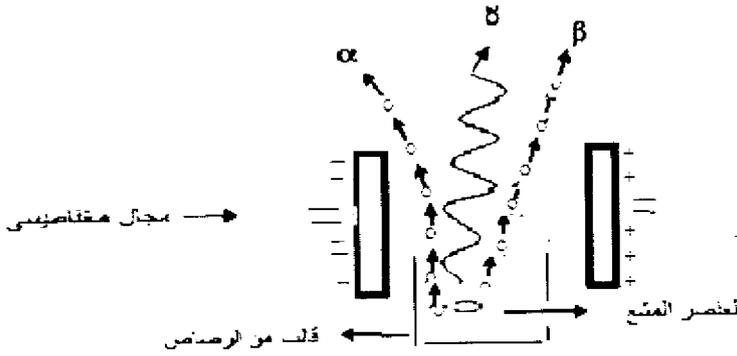
الكربون $^{12}\text{C}_6$ ونظيره $^{14}\text{C}_6$ ويوجد من هذه النظائر نوعان فى الطبيعة:

١- النظائر الثابتة أو المستقرة: وهى عناصر لايتغير تركيبها الذرى بمرور الزمن وعادة ما تكون ذات وزن ذرى صغير.

٢- النظائر المشعة أو غير المستقرة أو غير الثابتة: وهى عناصر تتفكك نواتها تلقائياً وهى عادة ماتكون ذات وزن ذرى كبير ٢٠٩ فما فوق وعددها الذرى ٨٢ فما فوق، ونتيجة تفكك نواة هذه العناصر ينبعث بها إشعاعات خاصة تسمى إشعاعات ألفا α ، بيتا β ، جاما γ وتنتج نواة جديدة تسمى نواة وليدة وهذه النواة الوليدة قد تكون مستقرة أو غير مستقرة والأخيرة سوف تتضاءل مرة ثانية حتى تتكون نواة وليدة مستقرة.



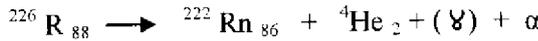
وتحول النواة المشعة (غير المستقرة) إلى نواة عنصر آخر مستقر يسمى بالنشاط الإشعاعى Radioactivity ويقل النشاط الإشعاعى بمرور الزمن ويتميز بما يعرف بعمر النصف Half life وهو الزمن اللازم لنقص النشاط الإشعاعى إلى النصف، وقد يتحول بعده إلى عنصر آخر مشع (غير مستقر) أو إلى عنصر غير مشع (مستقر). ويتراوح عمر النصف من جزء من الثانية إلى ملايين السنين والمواد المشعة قصيرة عمر النصف تتفكك بسرعة وتطلق أشعة شديدة الإختراق ولذا فهى أشد ضرراً للإنسان ومعظم المواد المشعة من هذا النوع. أما المواد المشعة طويلة عمر النصف فإنها تتفكك ببطء وتطلق اشعة قليلة ذات قوة إختراق ضعيفة وهى لاتضر الإنسان إلا إذا وصلت داخل الجسم. ويبين الشكل (٤) الأشعة المنبعثة من عنصر مشع وأهم خواصها.



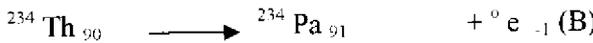
شكل (٤) الأشعة المنبعثة من عنصر مشع وأهم خواصها

الأشعة المنبعثة من عنصر مشع:

أ- أشعة جاما: وهي أشعة موجبة ليست بجسيمات، لا تحمل شحنة وهي ترافق إشعاع ألفا α وبيتا β مثال ذلك: تحول الراديوم 266 إلى الرادون 222 وإنطلاق أشعة α وجاما γ وتتميز بأن لها طاقة عالية جداً وقوة نفاذية عالية جداً وقدرة تأيينية ضعيفة. وهي أكثر استخداماً في مجال الصناعات الغذائية. وتخترق جسم الإنسان وتسبب تلفاً كبيراً لخلاياه.



ب- أشعة β : عبارة عن جسيمات (إلكترونات) تحمل شحنة سالبة حيث يتحول أحد نيترونات النواة إلى بروتون مع إنطلاق إلكترون مثال ذلك الثوريوم $^{234}\text{Th}_{90}$ فإنه يتحول إلى البرونكتينيوم $^{234}\text{Pa}_{91}$



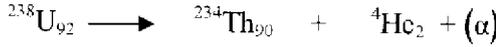
فيزيد عدد البروتونات بواحد ويبقى عدد الكتلة ثابتاً مع فقد إلكترون.

ويمكن لأشعة بيتا أن تخترق الطبقة الميتة الخارجية للجلد وتتوقف عندها مسببة تلفاً في أنسجة الجلد، حيث يبدو الجلد وكأنه محروق. ولا يمكن لجسيمات بيتا الساقطة على الجلد من الخارج أن تخترق الأعضاء الداخلية. ولكن تأثيرها على الأعضاء يمكن أن يكون فعالاً إذا أخذ باعث بيتا داخلياً.

نتيجة استنشاق أو ابتلاع وتتميز أشعة بيتا بأن لها طاقة وقوة نفاذية أقل من α وأعلى من α ولها قوة تأيينية متوسطة.

ج- أشعة α :

عبارة عن جسيمات تحمل شحنة موجبة وهى تعادل أيون ذرة الهيليوم ${}^4\text{He}_2$ ومن أهم مصادرها نظير اليورانيوم ${}^{238}\text{U}$ الذى يعطى الثوريوم ${}^{234}\text{Th}$ وشعاع بيتا



ولايمكن لأشعة (α) أن تخترق حتى طبقة معينة من الخلايا على سطح الجلد ولكن جرعة خارجية مكثفة من أشعة α يمكن أن تحدث حرقاً بالجلد. بالإضافة إلى أنه يمكن لجسيمات ألفا أن تؤدي إلى تلف كبير إذا ابتعت داخل الجسم نتيجة استنشاق أو ابتلاع باعث ألفا. وتتميز بأن لها طاقة وقوة نفاذية قليلة جداً ولها قوة تأين كبيرة.

ويجب أن نفرق بين المعاملة بالإشعاع وبين النويات المشعة

Radionuclides	المعاملة بالإشعاع Irradiation
إذا أخذت (ابتلعت) مع الغذاء أو الشراب أو عن طريق الاستنشاق أو الجروح فإنها تطلق إشعاعاتها α ، β ، لا داخل الجسم مسببة أضراراً بالغة لخلاياه. ويحدث ذلك عند تلوث الغذاء أو الشراب أو الهواء الذى يدخل جسم الإنسان بهذه النويات. وقد تستخدم هذه النويات فى إنتاج الطاقة كما قد تستخدم فى علاج بعض الأمراض حيث توجه للعضو المصاب أو فى عمل بعض العقاقير وذلك بكميات مدروسة	يستخدم الإشعاعات α ، β ، لا المنبعثة من النويات المشعة فى حفظ الغذاء وعلاج بعض الأمراض والأغراض الطبية بشرط عدم تعرض الجسم لجرعات عالية منها إذ تسبب تلفاً وجروحاً للجسم وعموماً يجب مراعاة الإحتياطات الأمنية بمنتهى الدقة فى التعامل مع هذه الإشعاعات وكذا المواد (النويات المشعة) المستخدمة فى إنتاجها.

التلوث بالإشعاع

مقدمة:

يعتبر التلوث بالإشعاع من أخطر أنواع التلوث، حيث أنه لا يرى، ولا يشم، ولا يحس فهو يدخل الجسم دون سابق إنذار، ودون ما يدل على تواجده أو ترك أثر في بادئ الأمر. ويصل الضرر ذروته في حالة تمكن الإشعاع من المادة الوراثية للكائن الحي، إذ أنه في هذه الحالة لا يقتصر الضرر على الكائن الحي ذاته، بل يتعداه إلى نسله محدثاً تشوهات ومشاكل أخرى. وقد استحوذ موضوع التلوث بالإشعاع إهتمام البشر لما له من آثار خطيرة على الكائنات الحية قد تستمر سنين طويلة. ويقصد بالتلوث بالإشعاع كل أنواع الإشعاعات التي يترتب عنها تلوث البيئة، ومنها الإشعاعات الذرية، الأشعة الكونية والأشعة السينية وغيرها من الإشعاعات.

مصادر الإشعاعات والنظائر المشعة

مصادر طبيعية: تنتج عنها إشعاعات دون تدخل الإنسان في إنبعاثها وتشمل:

١- الأرض: ويصدر منها نوعان من الأشعة:

أ- أشعة مؤينة: وهي الأشعة الناتجة من العناصر والنظائر ذات النشاط الإشعاعي (وهي العناصر التي تزيد عددها الذرى عن ٨٢) حيث ينتشر في القشرة الأرضية كثير من المواد المشعة ويزداد تركيز هذه المواد في الصخور الغريانية عن البازيلتية والرسوبية، ويقل في الصخور الجيرية والرملية ومن أهم العناصر المشعة التي تحتويها القشرة الأرضية اليورانيوم والثوريوم وتختلف كمية الإشعاع المنبعث منها باختلاف نوعها ونسبة وجودها والأشعة الناتجة من هذه العناصر أو النظائر ذات النشاط الإشعاعي إما أن تكون:

i - مشحونة أى تحمل شحنة ومن أمثلتها أشعة α ، أشعة β

وأشعة ألفا (α): رغم قلة سرعتها النسبية وبالتالي ضعف إختراقها للمواد، إلا أن لها قدرة كبيرة على إحداث تأين في ذرات المواد التي تمر فيها، لذا

فهي شديدة الضرر على الخلايا والأنسجة الحية التي تمر خلالها، وتعتبر من أخطر الإشعاعات التي يحدث عن التلوث بها أشد الأضرار للإنسان والكائنات الحية الأخرى.

أما أشعة بيتا (β): فنظراً لصغر كتلتها عن α فهي أكثر قدرة على إختراق الأجسام من أشعة α ولكن قدرتها على إحداث التأين أضعف من ألفا (α).
 ii - جسيمات متعادلة (نيوترونات) ولها القدرة على إحداث تأين للمادة والأنسجة بصورة غير مباشرة لذا فهي من الأشعة الخطرة إذا ما تعرضت لها الخلايا والأنسجة الحية.

ب- أشعة غير مؤينة: كما تقوم الأرض بإختزان جزء من طاقة الإشعاعات الشمسية التي تصل إليها وهي مجموعة من موجات الأشعة الحرارية الطويلة (تحت الحمراء الطويلة). وهي إشعاعات أرضية غير مؤينة يتم إمتصاصها بواسطة بخار الماء في طبقات الجو السفلى. ولا ينفذ منها إلى طبقات الجو العلوية إلا قدر ضئيل (3%) وهذا القدر ينعكس على السحب ليعود مرة أخرى إلى الأرض مما يجعل الأرض كما لو كانت صوبة زجاجية Green house.

٢- الأشعة الكونية:

وهي من الفضاء الخارجى مصدرها المجرات الموجودة فى الفضاء السحيق، وكذا من الزوابع والإنفجارات التي تحدث على سطح الشمس. ويمكن لبعض هذه الأشعة النفاذ داخل طبقات الهواء والوصول إلى مستوى الحياه على الأرض، ولما كانت هذه الأشعة تحتوى على بعض الجسيمات المشحونة لذا تتأثر كثافتها بالمجال المغناطيسى للأرض ومركزه والإرتفاع عن سطح البحر فتزداد كثافتها بزيادة الإرتفاع عن سطح البحر وزيادة البعد عن خط الإستواء. وتتكون الأشعة الكونية من عديد من الإشعاعات منها:

أ- إشعاعات مؤينة: وهي تحدث تأيناً فى ذرات الوسط الذى تمر به بمعنى أنها تكسب ذرات الوسط قدراً من الشحنات السالبة أو الموجبة ومنها الأشعة السينية X rays والأشعة فوق البنفسجية uv rays وأشعة جاما rays والأخيرة موجات أو أشعة كهرومغناطيسية لها قدرة كبيرة على إختراق

الأنسجة الحية إلا أن قدرتها على إحداث تأين أقل من قدرة أشعة ألفا (α)، أو بيتا β .

ب- أشعة غير مؤينة: وهذه الأشعة أطولها ليس لها القدرة على إحداث تأين في ذرات الوسط الذي تمر فيه ومن أمثلتها موجات الراديو الطويلة والمتوسطة والقصيرة، إشعاعات الضوء المرئي (بألوان الطيف المختلفة) والأشعة تحت الحمراء، الموجات القصيرة (microwave).

٣- الهواء القريب من سطح الأرض:

يحتوى الهواء القريب من سطح الأرض على مواد ذات نشاط إشعاعي، تتولد نتيجة تفاعل الأشعة الكونية مع أنوية ذرات الغازات المكونة للغلاف الجوى فيتولد فى الجو نظير الكربون C^{14} ، نظير الهيدروجين H^3 ونظير البريليوم Be^7 . كما يحتوى الهواء القريب من سطح الأرض على الرادون والثورون وهما ناتجان من تحلل اليورانيوم والثوريوم.

٤- المياه:

إذ تحتوى نسبة من العناصر المشعة تختلف باختلاف مصدرها فمثلاً تحتوى مياه البحار أعلى تركيز من البوتاسيوم 40 والثوريوم 222 وتحتوى المياه الجوفية أعلى نسبة من الراديوم. أما المياه المنزلية فهي خالية تقريباً من العناصر المشعة إذ أن طرق معالجتها وترسيب الشوائب منها يخلصها نسبياً من المواد الذائبة والعالقة بها.

مصادر صناعية من صنع الإنسان: ومنها

١- القنابل الذرية كما فى الحرب العالمية الثانية فى هيروشيما وناجازاكي باليابان ويعتبر الغبار الذرى المتساقط من القنابل الذرية من أهم مصادر تلوث البيئة بالمواد المشعة، ويؤدى تفجير القنابل الذرية فى الهواء القريب من سطح الأرض إلى إنصهار جزيئات من ترابها، ويندمج الغبار العالق فى الهواء مع المواد الإنشطارية ويكون ما يسمى بالغبار الذرى Fallout، وما يتساقط منه بالقرب من منطقة التفجير يسمى بالغبار الذرى الملقى، أما الجزيئات الصغيرة فإنها تتصاعد فى الجو وتتخزن فى طبقات الجو العليا، وهى عادة عناصر ذات عمر نصفى

Half life طويل ولذا لاتسبب مشاكل خطيرة للإنسان لسنوات عديدة حيث تترسب على الأرض بعد ذلك وتسمى بالغبار الذرى المتأخر.

٢- السفن المحملة بالنفايات النووية.

٣- المفاعلات النووية (كوارث) ومن أمثلتها بنسلفانيا بالولايات المتحدة الأمريكية سنة ١٩٧٥ وتشرنوبل بالإتحاد السوفيتى سابقاً سنة ١٩٨٦.

٤- محطات توليد الطاقة وتحلية المياه.

٥- تشيع بعض العناصر الثابتة للحصول على عناصر مشعة.

وتسهم المصادر الطبيعية بأكثر من ٩٨٪ من الإشعاعات التى يتعرض لها الإنسان بما فى ذلك التلوث الإشعاعى الذرى الذى يتعرض له الإنسان فى الإستخدامات الطبية مثل أشعة X، إذ تعادل الجرعة التى يتعرض لها السكان من هذه الأشعة ~ ٩٥٪ من الإشعاع الكلى، وهذا يدل على أن ما تسهم به القوى النووية والأسلحة النووية صغير جداً.

مجال إستخدام النظائر المشعة والإشعاع سلمياً

المجال الطبى: التصوير - علاج الأورام السرطانية - التشخيص - علاج إختلال وظائف الغدد وأمراض الدم.

المجال الصناعى: إنتاج الطاقة.

أ- فى المجال الطبى:

١- تشخيص بعض الأمراض وذلك إما:

i - بالتصوير بالأشعة السينية: يمكن إجراؤها على مختلف أجزاء الجسم (مجمعة

- صدر - أطراف الخ).

ii - بإستخدام النظائر المشعة: وذلك بحقنها أو إعطائها عن طريق الفم وإقتفاء

أثرها فى أنسجة الجسم، وذلك بقياس درجة الإشعاع فى أماكن مختلفة من

الجسم خاصة الأجزاء التى يراد تحديد حجمها ونشاطها. ويبين الجدول (٦٠)

أهم النظائر المستخدمة فى التشخيص الطبى.

جدول (٦٠) أهم النظائر المستخدمة في التشخيص الطبى

النظير المشع	إستخداماته فى التشخيص الطبى
اليود ١٣١	يستخدم فى أكثر من نصف الفحوص التشخيصية. فيستخدم فى: تحديد حجم الدم وضخ القلب وحجم البلازما وقياس وظائف الكبد والكلى والغدة الدرقية. كشف أورام المخ وسرطان الغدة الدرقية.
الفوسفور ٣٢	فى تحديد الأورام السرطانية بالجسم مثل كشف سرطان الجلد، وكذا فى جراحة المخ خاصة عندما يصبح من الصعب تمييز النسيج السرطانى عن العادى. إذ تتميز الخلايا السرطانية بإحتوائها على نسبة عالية من الفوسفور تفوق الخلايا العادية.
الكروم ٥١	فى قياس حجم الدم لتحديد مدى الحاجة لنقل الدم. قياس أعمار خلايا الدم الحمراء لكشف بعض حالات فقر الدم فى معرفة الوضع الدقيق للمشيمة فى المرأة الحامل.

٢- العلاج بالإشعاع: خاصة علاج الأورام (قتل الخلايا السرطانية) خاصة فى الحالات التى يصعب فيها إزالة النسيج السرطانى جراحة، وفيها يستخدم إشعاع على الشدة (عميق) يوجه بألة خاصة إلى النسيج السرطانى. يودى هذا الإشعاع إلى قتل الخلايا السرطانية وترك النسيج العادى. إذ أن الخلايا السرطانية أكثر حساسية للإشعاع من الخلايا العادية. ويستخدم فى ذلك عادة الكوبلت المشع والراديوم. كما تستخدم الأشعة السطحية وفوق البنفسجية وتحت الحمراء فى علاج الأمراض الجلدية.

٣- العلاج بالعقاقير المشعة: وهى مواد كيميائية تحتوى نظائر مشعة لها خاصية التمرکز فى مناطق خاصة بالجسم فمثلاً:

i - اليود ١٣١: يتمركز فى الغدة الدرقية لذا يستخدم فى تدمير خلاياها عند زيادة نشاطها لتعود لحالتها الطبيعية.

ii - الفوسفور ٣٢: يتمركز فى الكرات الدموية الحمراء لذا يستخدم فى بعض حالات السرطان التى يرتفع فيها عدد كرات الدم الحمراء بدرجة كبيرة.

٤- تعقيم الآلات الجراحية وبعض المواد الطبية مثل المضادات الحيوية إذ أن التعقيم الحرارى يقلل من كفاءتها.

- ب- فى الزراعة: فى تقدير إحتياجات النباتات من العناصر الغذائية، إحداث ظفرات (سلالات) مقاومة للأمراض.
- ج- فى الصناعة: تحديد سمك وكثافة المواد. تحديد تلف الآلات وإلتوائها وتآكلها. صناعة الساعات وللوحات المضيئة والتلفزيون والميكروسكوب الإلكترونى.
- د- فى الأغذية المحفوظة: كبديل للمعاملات الحرارية وذلك بمعاملتها بجرعات معتدلة من الإشعاع.
- هـ- إنتاج الطاقة: الطاقة النووية لاغنى عنها لتقدم الأمم بشرط أخذ الإحتياطات للمحافظة على المحطات النووية وتلافى أخطار إستخدامها.
- و- الأبحاث: إقتفاء المواد المشعة داخل الجسم، ومعرفة العمر التقريبى لأى أثر من الآثار المكتشفة.

النويات المشعة Radionuclides

يقصد بلفظ Radionuclides المواد التى لها خاصية الإنبعاث المستمر للإشعاع radioactivity إذ تحتوى هذه المواد على عديد من العناصر التى لها هذه الخاصية. ويبين جدول (٦١) العناصر المشعة الشائعة باللين

جدول (٦١) العناصر المشعة الشائعة باللين

العنصر المشع	فترة نصف العمر	أهم أنواع الإشعاع	التركيز باللين بيكريل / لتر	المصدر الإشعاعى
روبيديوم	٤٩ × ١٠ ^٩ سنة	β	٠,٥ - ٣,٥	طبيعى
بوتاسيوم	١,٣ × ١٠ ^٩ سنة	β ، γ	٤٠ - ٦٠	طبيعى
كربون ١٤	٥٧٣٠ سنة	β	١٤ - ١٦	طبيعى
سيزيوم ١٣٧	٣٠,٢ سنة	β ، γ	أقل من ١,٠	صناعى
إسترانشيوم ٩٠	٢٨,٦ سنة	β	أقل من ٠,٠٤	صناعى
بريليوم	١٢,٤ سنة	β	أقل من ٦,٣	طبيعى
سيزيوم ١٣٤	٧٥٤,٢ سنة	β ، γ	أقل من ١,٠	صناعى
إسترانشيوم ٨٩	٥٠,٥ سنة	β	غير معروف	صناعى
أيوردين ١٣١	٨,١ سنة	β ، γ	غير معروف	صناعى

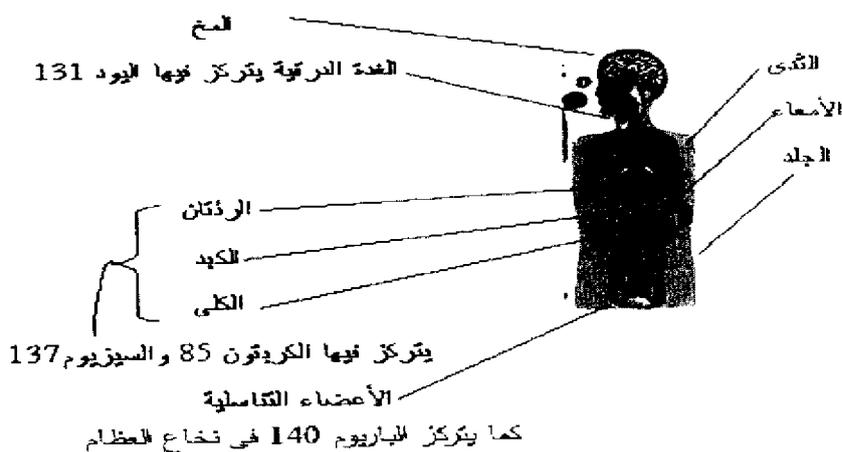
مستوى التلوث الإشعاعي داخل الجسم:

يتوقف ذلك على نوع التلوث الإشعاعي للتربة، فالتلوث بالعناصر قصيرة عمر النصف مثل اليود 131 (8 يوم) الباريوم (13 يوم) الإسترانشيوم 89 (51 يوم) يكون لها تأثير على مستوى التلوث الإشعاعي داخل الجسم إذا تناول الإنسان الخضروات أو المحاصيل الغذائية بعد فترة قصيرة لحدوث التفجير أو التلوث الإشعاعي، ويقبل أو ينعدم هذا التأثير بعد فترة طويلة. أما التلوث بالعناصر طويلة عمر النصف كالإسترانشيوم 90 (28 سنة) السيزيوم 137 (30 سنة) فلها تأثير دائم لفترة طويلة.

كما يتوقف مستوى التلوث الإشعاعي بالجسم على طريقة التمثيل الغذائي للعنصر المشع:

فمثلاً اليود 131 يشبه في تمثيله اليود الثابت ويتجمع بسرعة في الغدة الدرقية مسبباً أضراراً مختلفة، بينما نظائر السيزيوم تسلك مسلك البوتاسيوم بالجسم ويتوزع بدرجة كبيرة في الأنسجة الرخوة، ويعمل الإسترانشيوم المشع عمل الكالسيوم وبذا يتجمع في نسيج العظام.

ويوضح الجدول (62) بعض العناصر المشعة الطبيعية في بعض أجزاء جسم الإنسان كما يوضح الشكل (5) أعضاء الجسم الأكثر عرضة للأصابة بفعل الإشعاعات النووية.



شكل (5) أعضاء الجسم الأكثر عرضة للأصابة بفعل الإشعاعات النووية.

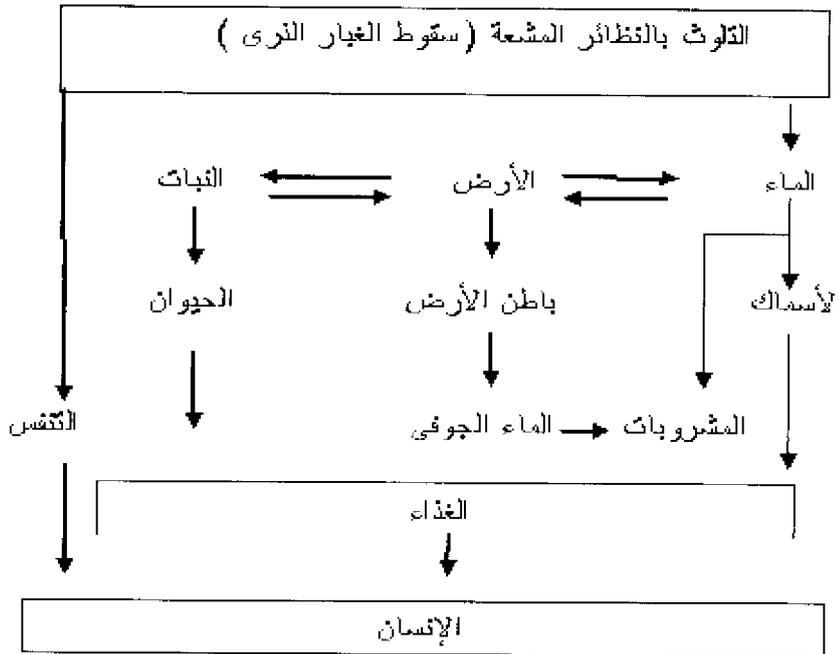
جدول (٦٢) العناصر المشعة الطبيعية في بعض أجزاء جسم الإنسان

العنصر	معدل الإشعاع (مللي ريم)		
	الغدد التناسلية	العظام	الرئة
كربون ١٤	٠,٥	٢	٠,٦
بوتاسيوم ٤٠	١٢	١٥	٠,١٧
راديوم ٢٢٦	٠,٦	١٤	٠,٦

التأثير البيولوجي للعناصر المشعة:

يصل التلوث بهذه العناصر إلى جسم الإنسان بطريق مباشر بإستنشاق الهواء الملوث بالعناصر المشعة وعن طريق الجروح وتشققات الجلد. كما يصل إلى الجسم بطريق غير مباشر بتناول غذاء وشراب ملوثاً بالعناصر المشعة حيث تنتقل المواد المشعة الموجودة بالغذاء إلى خلايا الجسم من خلال الدورة الدموية.

ويوضح الشكل (٦) نورة التلوث بالعناصر المشعة .



شكل ٦ : نورة تلوث بالعناصر المشعة .

وعند تعرض خلايا النسيج الحى لأشعة ذات طبيعة مؤينة مثل α ، β ، γ أو الأشعة الكونية، فإن هذه الأشعة تعمل على إنتاج دقائق غير مستقرة ذات شحنة غير مستقرة عالية الفاعلية وتعمل هذه الدقائق على أضرار بالخلية تتمثل فى مجموعة من التغيرات فى خلايا النسيج. وتحدث هذه الأضرار إما:

أ- بطريقة مباشرة: حيث تؤثر هذه الدقائق (طاقة الإشعاع المؤين) على الجزيئات العضوية بالخلية كأن تضر بـ:

١- الأجسام السببية التى يتم داخلها كثير من التفاعلات المتعلقة بأكسدة المواد الغذائية وإنتاج الطاقة مما يؤدي إلى إختلال عمليات الأكسدة وعدم توافر الطاقة اللازمة للخلية فتموت.

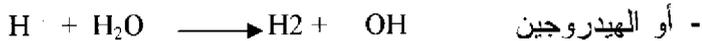
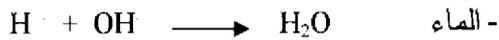
٢- نواة الخلية حيث توجد الكروموسومات التى تحمل الجينات (العوامل الوراثية) مما يؤدي إلى:

- تحطم DNA ويتبع ذلك عدم قدرة الخلية على الإنقسام وبالتالي موتها وموت النسيج المعرض للأشعاع.

- إنقسام الخلية إنقساماً غير عادى، وتكوين خلايا ذات مادة وراثية DNA مختلفة (خلايا طافرة)، وهذه الخلايا الطافرة قد تكون غير خاضعة لسيطرة الجسم وتنقسم بطريقة غير منتظمة فتحطم الخلايا المحيطة بها، وتسمى الخلايا التى تسلك هذا المسلك بالخلايا السرطانية أو الخبيثة.

- حدوث خلل فى الشفرات الوراثية التى يحملها DNA مما يؤدي لحدوث تغير فى الصفات الوراثية تودى لظهور تشوهات وأمراض فى نسل الفرد المعرض للإشعاع.

ب- بطريقة غير مباشرة: حيث تؤثر طاقة الإشعاع المؤين على جزيئات الماء بالخلايا فتكون أيونات موجبة H^+ وسالبة OH^- . كما تكون شقوقاً حرة H ، OH ويمكن أن تتحد هذه الشقوق الحرة لتكوين:



ويمكن للخلايا الحية أن تتحمل H_2 عندما تكون كميته قليلة.

- أو يتكون فوق أكسيد الأيدروجين الذى يعتبر ساماً للخلية.



ويتوقف مدى التأثير البيولوجى للعناصر المشعة على:

أ- نوعية العنصر المشع:

ومن أهم العناصر الملوثة للغذاء والتي لها تأثير بيولوجى والتي يمكن أن تخزن فى مناطق معينة بالجسم وتسبب أضراراً بالغة مايلى:

▪ الكربتون ٨٥: عمره النصفى ١١ سنة، ويزيد من احتمال الإصابة بالسرطان مثل اللوكيميا (إبيضاض الدم) خلال سنتين من التعرض.

▪ الإسترانشيوم ٩٠: يرتبط بالكالسيوم ويتجمع فى العظام ويسبب سرطان العظام. ويعتبر من أخطر العناصر المشعة حيث يتبع فى مساره مسار الكالسيوم سواء كان ذلك فى التربة أو فى النبات أو الإنسان، وبجانب ترسيب معظمه فى العظام فإن كمية قليلة منه تتجه إلى العضلات وأكثر من ١٠٪ يفرز فى اللبن والباقي يتجه إلى الأجنة والعظام أى أن الماشية مرشح حيوى بين الإنسان والتربة. وقد لوحظ فى اللبن وجود علاقة ما بين كمية الإسترانشيوم ونسبة الكالسيوم، بمعنى أنه كلما زادت كمية الكالسيوم فى اللبن تقل نسبة الإسترانشيوم كنسبة مئوية. ويوجد معظم الإسترانشيوم فى صورة مرتبطة مع معقد فوسفات كازينات الكالسيوم، ويؤثر على الأطفال بدرجة أكبر من المسنين من حيث ترسيبه فى العظام ويبقى فى جسم الإنسان ٤/١ إسترانشيوم الغذاء ويتوقف ذلك على مدى تمثيل الكالسيوم بالغذاء فزيادة الكالسيوم تقلل من إمتصاص الأسترانشيوم أما زيادة اللاكتوز فهو يحث على إمتصاص الإسترانشيوم.

▪ اليود ١٣١: يتركز فى الغدة الدرقية، ويسبب السرطان (فى التركيز العالى) ومعظم الإشعاعات الصادرة من اليود تختفى من الجسم بعد شهرين من التعرض. ويعتبر اللبن هو الطريق الهام للتلوث باليود. وفترة عمر النصف له ٨ أيام، ويعتبر الأكثر أهمية فى الأيام الأولى عقب الحوادث النووية، وقد أوضحت الدراسات التى أجريت على اليود المشع ١٣١ أنه يظهر فى اللبن

بعد ٢ - ٣ أيام، ويسبب اليود المشع نقص إدرار اللبن إلى أن يصل إلى النصف في أقل من يوم ويستمر في ذلك لمدة الثلاث أيام الأولى، وبعد ذلك يقل بمعدل منخفض، ويمكن إستهلاك اللبن بإطمئنان بعد ٢٠ - ٣٠ يوماً. وتفيد بعض الدراسات أن كلوريد الصوديوم يقلل من معدل إفراز اليود ١٣١ في اللبن، ويساعد على زيادة معدل خروج اليود مع البول وبالتالي يقل تركيزه في جسم الحيوان. وهو يدخل في العشب الأخضر الذي تتغذى عليه الحيوانات الحلوب، فبعد حادث تشيرنوبل (إبريل ١٩٨٦ بروسيا) وجد أن لبن الأبقار تحتوى ٥٠ بيكريل / لتر، وإرتفع في بعض الحالات التي تكثر فيها الأمطار إلى ٥٠٠ بيكريل / لتر، كما إرتفعت نسبة التلوث في لبن الأغنام والماعز إلى ١٠٠٠ بيكريل / لتر حيث أن هذه الحيوانات كانت تتغذى على حشائش أكثر تلوثاً من المناطق التي كانت ترعى فيها الأبقار، وقد يعزى ذلك أيضاً إلى إختلاف التمثيل في هذه الحيوانات، فقد لوحظ أن لبن الغنم يحتوى أعلى مستوى من التلوث من اليود ١٣١ يليه الماعز فالبقرة فلبن الجاموس، فيحتوى لبن الماعز ٢١٪ من لبن الغنم، ويحتوى لبن البقرة ١١٪ من لبن الغنم، ويحتوى لبن الجاموس ٣٪ من لبن الغنم. ويلاحظ نفس الإتجاه بالنسبة للسيزيوم المشع وإن كان أقل وضوحاً، وبالمثل في الإسترانشيوم ٩٠ فمثلاً ٠,١٪ من الكمية المعطاه للبقرة يومياً تفرز في كل لتر لبن، أما الذى ينتقل إلى لبن الماعز قد يكون عشرة أضعاف ما ينتقل إلى لبن البقرة. وتفيد التجارب *In vitro* إرتباط ٥٠٪ من اليود ١٣١ مع بروتين اللبن (بالتحضير مع اللبن الطازج لمدة ساعتين على درجة ٣٧ م° وبزيادة مدة التحضير ١٢ - ٢٤ ساعة فإن ٨٠ - ٩٠٪ من اليود يرتبط مع البروتين) ويقل هذا الإرتباط فى تجارب *In vivo* ويؤثر على هذا الإرتباط عدة عوامل منها الحرارة المنخفضة (٨ م°) وغلى اللبن قبل التحضير.

- البوتاسيوم ٤٠: ينتشر النشاط الإشعاعى الطبيعى لنظير البوتاسيوم فى جميع المواد الغذائية، وتتراوح مستوياته من ١٠ - مئات البيكريل / كجم فى اللحوم والألبان المجففة والمكسرات وفترة نصف العمر ١,٢٨ × ١٠^٩ سنة.

- الباريوم ١٤٠: عمره النصفى ١٣ يوم ويتركز فى العظام ويحدث أوراماً.
- السيزيوم ١٣٧: يسلك مسلك البوتاسيوم، ويوجد موزعاً بين الأنسجة الطرية خاصة العضلات والكبد والطحال ويفرز بسرعة باللين، وقد وجد ان ٦٠٪ من السيزيوم ١٣٧ يصل إلى الإنسان عن طريق اللين ويعتبر النشاط الأشعاع الناتج عن السيزيوم ١٣٧ أخطر من اليود ١٣١ لأن فترة نصف العمر له كبيرة (٣٠ سنة) كما أنه يعلق بسطح التربة، وقد ثبت وجوده فى جسم الإنسان وفى عديد من المواد الغذائية منذ بداية إختبارات الأسلحة النووية، وقد ثبت وجوده فى الألبان ومنتجاتها لفترة طويلة بعد حادث حريق وندسكيل ببريطانيا (أكتوبر ١٩٥٧ Windscale) حيث تسربت كمية كبيرة من المواد المشعة من هذا المفاعل أدت إلى تلوث الماء والهواء والتربة والنباتات والألبان فى مساحات كبيرة. ويعتبر عنصرى الإستراتشيوم ٩٠ والسيزيوم ١٣٧ من العناصر التى تستخدم على نطاق واسع فى مجال أبحاث الطاقة النووية. ويبين الجدول التالى المستوى المؤقت الدولى لعنصرى اليود ١٣١ والسيزيوم ١٣٧ المشعين فى الأغذية حسب التوصيات الصادرة ١٩٨٩ من هيئة الخبراء الدوليين المختصين فى الملوثات الأشعاعية فى منظمة الأغذية والزراعة FAO ومنظمة الصحة العالمية WHO التابعتين لمنظومة الأمم المتحدة والمسموح بها فى تغذية الإنسان. وهذه التوصيات تراجع دورياً.

جدول (٦٣) المستوى المؤقت الدولى لعنصرى اليود ١٣١ والسيزيوم ١٣٧ حسب توصيات ١٩٨٩

العنصر المشع	الغذاء	المستوى المسموح به بيكريل / كجم أو لتر
اليود ١٣١	لبن	١٠
	منتجات ألبان	٤٠
	أغذية أخرى	٧٠
السيزيوم ١٣٧	لبن	٥٠
	منتجات ألبان	١٠٠
	أغذية أخرى	٣٠٠

العوامل المؤثرة على التأثير البيولوجي للعناصر المشعة :

يتوقف معدل التأثير على عدة عوامل كمصدر الإشعاع ونوع الإشعاع والجزء المعرض للإشعاع وكمية ومعدل الجرعة الإشعاعية.

أ- نوع الإشعاع: تختلف أنواع الإشعاعات في شحنتها وسرعتها وقوة إختراقها وقدرتها على التأين كما في الجدول (٦٤) خواص الإشعاعات

جدول (٦٤) خواص الإشعاعات

الإشعاعات الموجبة		الإشعاعات الجسمية		الخاصية
الأشعة السينية X	جاما	بيتا β	ألفا α	
وهي طاقة إشعاعية تتبعث عند إنتقال الإلكترون من مستوى طاقة أعلى (خارجي) إلى مستوى طاقة أقل حيث يفقد الإلكترون جزء من طاقته وتعرف بأشعة X	متعادلة	سالبة	موجبة	الشحنة
	أكبر 1.0×10^6 ميل / ث	كبيرة 1.0×10^6 ميل / ث	بسيطة ٢٠٠ م / ث	السرعة
	أصغر (ضعيفة)	صغيرة (متوسطة)	كبيرة	التأين
تحتاج ألواح سميكة من الرصاص للتخفيف من تأثيرها	أكبر توقفها طبقة من الأسمنت المسلح	كبيرة يوقفها لوح من الخشب	صغيرة توقفها قطعة من الورق	النفاذية

ب- العضو المعرض للإشعاع: تقسم أعضاء الجسم إلى ثلاثة أقسام تبعاً لحساسيتها للإشعاع

- ١- شديدة الحساسية: نخاع العظام - عدسة العين - الأعضاء التناسلية - الغدد الصماء - الطبقة الداخلية من جدر الأوعية الدموية.
 - ٢- متوسطة الحساسية: الجلد - الأمعاء - الأنسجة الضامة.
 - ٣- قليلة الحساسية: العضلات - العظام - الأعصاب.
- ويلاحظ أنه كلما كانت المساحة المعرضة كبيرة كان الضرر كبيراً والعكس.

ج- كمية ومعدل الجرعة: يزيد الضرر بزيادة الجرعة التي يتعرض لها الجسم وقد تؤدي التعرض لجرعة كبيرة دفعة واحدة إلى الوفاة. ويلاحظ أنه إذا قسمت الجرعة الضارة على فترة زمنية طويلة قل ضررها على الجسم والسبب في ذلك أن طول المدة بين التعرض والتعرض التالي يعطى أنسجة الجسم القدرة على أن تستعيد حيويتها وتعويض التالف طالما أن الجرعة التي أمتصت لم تتلفها تماماً. ويتناسب الضرر عكسياً مع المسافة بين الجسم ومصدر الإشعاع وعموماً فالجرعات القليلة كتناول أغذية ملوثة (البن - لحوم) لا يؤدي إلى الضرر السريع (لها تأثيرات آجلة) ولكن على المدى الطويل ينتج عنها: أمراض سرطانية - تشوهات جنينية - إسراع الشيخوخة - اللوكيميا - تأثيرات سيكولوجية ووراثية. أما التعرض للأشعة بجرعات مكثفة فإن هذا يؤدي لأضرار بالغة في فترة قصيرة، ويرجع ذلك لقدرتها على إختراق المواد التي لا يمكن للضوء العادي إختراقها. وتسبب هذه الجرعات طفرات وراثية في الخلايا وتلف لخلايا الدم وأنسجة العظام والموت خلال أسابيع قليلة (تأثيرات عاجلة early) كما في حالة قنبلتي هيروشيما ونجازاكي ويحدث عادة ما يعرف بالتسمم الإشعاعي للأشخاص في مكان الكارثة، ويكون هذا التسمم في صورة تسلخات جلدية - قى وغثيان - نزيف داخلي من الفتحات الطبيعية بالجسم مما يؤدي إلى موت بعد فترة قصيرة. ويوضح الجدول (٦٥) بعض التأثيرات الناتجة عن التعرض الحاد للإشعاع.

جدول (٦٥) التأثيرات الناتجة عن التعرض الحاد للإشعاع

الجرعة (ريم)	التأثير
٢٥	تغيرات في عدد كرات الدم البيضاء
١٠٠	غثيان في ٥٠٪ من حالات التعرض الإشعاعي، وتأثير واضح على الدم وتعب وإرهاك جسماني ملحوظ
٢٠٠	غثيان في كل حالات التعرض الإشعاعي مصحوباً بتعب شديد والموت محتمل الحدوث، كما تنخفض مقاومة الجسم للأمراض وازدياد الاستعداد للإصابة بالأمراض المعدية
٤٠٠	الموت في حوالي ٥٠٪ من حالات التعرض للإشعاع
٦٠٠	الموت لنسبة كبيرة تصل إلى ١٠٠٪ لجميع حالات التعرض لهذه الجرعة من الإشعاع

وقد يكون للتعرض للإشعاع مخاطر خارجية، أى سطحية حيث يكون تأثيره على الأنسجة السطحية مسبباً تغيرات وأضرار للخلية الحية خاصة إذا إتصلت هذه الإشعاعات بالجلد محدثة الحروق. ومن أمثلة الإشعاعات التى تسبب المخاطر الخارجية: الزوكرنيوم ٩٥ (عمر النصف ٩ أسابيع) والنيوبيوم (عمر النصف ٥ أسابيع) والسيزيوم ١٣١ (عمر النصف ٣٠ سنة) وجميعها تنبعث منها أشعة جاما. أما أخطر العناصر التى تسبب الأضرار الداخلية للإنسان فهى السيزيوم ٩٠ (عمر النصف ٢٨ سنة) والكربون ١٤ (عمر النصف ٥٧٦٠) واليود ١٣١ (عمر النصف ٨ أيام).

الإحتياجات الواجب مراعاتها لتقليل الأضرار الناتجة عن العناصر المشعة (الإشعاعات النووية)

- ١- فحص الأغذية دورياً خاصة إذا كانت مستوردة من دول يحتمل أن تكون بها تلوث بالإشعاعات الذرية، أو أن تصاحب هذه المنتجات بالشهادات الصحية الدالة على خلوها من تلك الإشعاعات.
- ٢- التعامل بحرص شديد جداً مع النظائر المشعة مع الأخذ فى الإعتبار قواعد الأمان النووى خاصة للعناصر ذات فترة عمر النصف الطويلة. مع وضع مواصفات محددة لنسب الإشعاع الممكن تواجدها فى الغذاء.
- ٣- منع السفن المحملة بالنفايات النووية من المرور فى مياه الدول الإقليمية.
- ٤- منع دفن النفايات فى البحار أو فى أراضي الدول الأخرى.
- ٥- توفير الدراسات والأجهزة اللازمة للوقوف على مدى تلوث الأغذية بهذه الإشعاعات وعمل محطات فى مختلف أنحاء الجمهورية لرصد كمية الإشعاع فى البيئة (تربة - ماء - نبات - حيوان).
- ٦- إضافة الجير فى التسميد إذ يودى إرتفاع نسبة الكالسيوم فى التربة إلى قلة إمتصاص جذور النبات للمواد المشعة لوجود تنافس بينه وبين النظائر المشعة، مع زراعة نباتات عميقة الجذور، وحرث الأرض بعمق ٣٠ سم على الأقل.
- ٧- إضافة عناصر غير مشعة مثل الكالسيوم للخبز ليتنافس مع الإسترانشيوم المشع فى حالة إستهلاك خبز مصنع من دقيق ملوث بالإسترانشيوم المشع. ويجب تخزين الحبوب الملوثة باليود ١٣١ لمدة ٦٠ يوم قبل أن يتغذى عليها الحيوان.

٨- حماية الحيوانات من الرعى فى مراعى ملوثة بالمواد المشعة، وكذا حفظ الحيوانات داخل حظائر مغلقة جيدة وإعطائها كمية من كربونات الكالسيوم مع العليقة. مع الرقابة على المفاعلات الذرية الجارى إنشاؤها فى مصر. وإحكام وسائل الأمان بها.

٩- ونظراً لأن معظم العناصر المشعة تتركز أساساً فى الوسط المائى، لذا لتقليل التلوث الإشعاعى فى المنتجات اللبنية خاصة فى أوقات شدة التلوث فإنه يفضل الفصل الطبيعى Physical separation حيث تفصل الأجزاء الغنية بالدهن مثل الزبد - القشدة - الجبن الغنية بالدهن. فهذه المنتجات تحتوى مستوى أقل من العناصر المشعة.

١٠- وقد عملت عدة محاولات لإزالة الإسترانشيوم ٩٠ واليود ١٣١ من اللبن الملوث بهما بإعتبار أن اللبن من الأغذية التى تحمل الإسترانشيوم بتركيز عالٍ عن بقية الأغذية ومن هذه المحاولات:

أ- إستخدام فوسفات ثلاثى الكالسيوم للتخلص من الإسترانشيوم Sr 90 , Sr 85 وتتلخص فى:

يضاف ٨ جم من $Ca_3 (PO_4)_2$ / لتر أثناء تسخين اللبن إلى ٦٠ م° / ٢/١ ساعة ثم الطرد المركزى للتخلص من أكبر كمية من الإسترانشيوم (٩٥٪) من المواد المترسبة ويتوقف ذلك على درجة الحرارة فعند درجة حرارة منخفضة ٥ م° / ٢٤ ساعة تودى للتخلص من ٦٠٪ فقط.

ومن عيوب هذه الطريقة: أنها تسبب فقد فى مكونات اللبن ٢٣ - ٣٨٪ نيتروجين، ٤٥٪ كالسيوم كما تسبب تغير فى الطعم والرائحة. وهذه الطريقة تودى للتخلص من الإسترانشيوم فقط.

ب- إستخدام المبادلات الأيونية (الراتنجات): وهى من الطرق التى قد تكون أكثر نجاحاً وقبولاً وفيها تستخدم مبادلات كاتيونية لإزالة الإسترانشيوم أو أنيونية لإزالة اليود.

i - إستخدام المبادلات الكاتيونية لإزالة الإسترانشيوم (٩٠):

فيها يشحن المبادل (العمود) بمحلول من كلوريد الكالسيوم والبوتاسيوم والصوديوم والماغنسيوم، ويمرر اللبن على العمود بعد خفض الـ pH إلى ٥,٤ على درجة ١٠ - ١٨ م° وتعادل حموضة اللبن الناتج بإستخدام KOH

ويجنس ويبستر تحت تفريغ لإزالة الماء الزائد ثم ينظف العمود ويعقم. وتتوقف كمية الإسترانشيوم المزالة بهذه الطريقة على درجة الـ pH ففي pH العادية يزال ٤٠٪ من الإسترانشيوم ٩٠، وفي pH ٥,٤ يزال ٩٠٪.

ii - إستخدام المبادلات الأنيونية لإزالة اليود (١٣١):

وفيها يشحن العمود بمحلول منظم من الفوسفات والسترات ثم ضبط الـ pH ٦,٧ بإستخدام HCl وتتبع بقية الخطوات السابقة.

وقد تسبب المعاملات السابقة تغيرات كيميائية في اللبن مثل زيادة المواد الصلبة والرماد وأيونات السترات وإنخفاض التوتر السطحي للخرثرة وقد يرجع ذلك لزيادة السترات كما تسبب زيادة في الحموضة والوزن النوعي ونقص في نقطة التجمد. أما من الناحية الميكروبية فلا توجد زيادة ملحوظة في الأعداد الميكروبية إذا ما أجريت تحت ظروف تعقيم جيدة فيما عدا زيادة محسوسة في البكتريا المحبة للبرودة.

أنواع الأشعة التي يتعرض لها الإنسان خلال حياته:

أ- إشعاع إصطناعي: ومصدره المهن الطبية التشخيصية والعلاجية كالتصوير الإشعاعي (١٥٠ ميلي رايم / سنوياً). والطاقة النووية ٥٤٦ ميلي ريم / سنوياً.

ب- إشعاع طبيعي: تحدد جرعة الإشعاع الطبيعي التي يتعرض لها الإنسان ما بين ١٣٠ - ٥٠٠ ميلي ريم (ميلي ريم) وهو جزء من ألف من rem التي تعتبر وحدة لقياس جرعة الإشعاع) ومن المصادر الطبيعية للإشعاع الطبيعي:

١- الإشعاع الكوني: متوسط الإشعاع الكوني الذي يتعرض له البشر ٣٠ - ٥٠ ميلي ريم وتزيد بارتفاعنا عن سطح الأرض.

٢- الإشعاع الأرضي: مصدره مكونات التربة. كجم من التربة يشع ٣٥ - ٧٠ ميلي ريم ويتوقف ذلك على الطبيعة البيولوجية للمنطقة.

٣- الإشعاع في الطعام: تتضمن الأطعمة والأشربة نسبة من الإشعاع الطبيعي، تدخل جسم الإنسان بعد تناولها تبلغ في المتوسط ٣٠ ميلي ريم. ففي كل لتر لبن تبلغ نسبة البوتاسيوم ٤٠ ما بين ٢٥ - ٩٠ بيكوريل Bccquerel.

٤- الإشعاع خلال التنفس: يحتوى الهواء نسبة من مواد مشعة طبيعية فعند التنفس يحتوى جسم الإنسان نسبة من هذه المواد ومنها: الكربون ١٤ يحتوى الإنسان بسبب التنفس ٣٠٠ Bq، البوتاسيوم ٤٠٠٠ Bq ومتوسط الإشعاع من خلال التنفس ١٠٠ مللى رم

Becquerel (Bq): وحدة تعبر عن فاعلية الإشعاع وتعرف بأن واحد Bq = واحد إنشطار فى كل ثانية.

الوحدة القديمة واحد كورى C = Curie = ٣٧ مليار Bq أى 3.7×10^{10} Bq

وتقدر جرعة الإشعاع التى يتلقاها الإنسان من الأشعة الكونية والأرضية بحوالى (٢٠٠ مللى ريم سنوياً) كما يصدر التليفزيون الملون إشعاعاً يقدر بحوالى (١ مللى ريم) للشخص فى السنة. ويستخدم جهاز جيجر لقياس النشاط الإشعاعى ويقاس نشاط أى نواه مشعة بالتحلل فى الثانية بالبكريل 1 S^{-1} Becquerels وتقاس الجرعة التى يتعرض لها الشخص بما يعرف بالـ Sieverts.

الفصل السادس عشر

التلوث بالعقاقير الطبية

أولاً : تلوث اللبن بالمضادات الحيوية:

المضادات الحيوية :

تعريفها: عبارة عن مركبات كيميائية تفرزها بعض الكائنات الحية للدفاع عن نفسها ضد كائنات أخرى، وقد توجد هذه المضادات طبيعياً باللبن، أو يستخدمها مربى الماشية في أغراض منها مقاومة بعض الأمراض مثل مرض التهاب الضرع، وبعضها يستخدم كمادة مضافة للعليقة لتسمين الحيوان. ويستخدمها صناع المنتجات اللبنية كمادة حافظة.

١- المضادات الحيوية الموجودة طبيعياً باللبن

وهذه المضادات تفرز بواسطة بعض أنواع من البكتريا والتي توجد طبيعياً سواء في اللبن الكامل الطازج أو اللبن الفرز الطازج ومنها:

النيسين Nisin:

تفرزه بعض سلالات *Str. Lactis* والتي تنتمي إلى مجموعة N من مجاميع Lansifield. وهذا المضاد يثبط نمو *Str. Cremoris* وبعض أنواع من بكتريا حمض اللاكتيك العصوية، وبالتالي يؤدي إلى مشاكل عند صناعة كل من الجبن والألبان المتخمرة لذا فيجب إستعمال بادئ مكون من سلالات غير منتجة لهذا المضاد وخاصة

أن هذا المضاد لا يثبط بالبسترة. ولقد لوحظ أن النيسين Nisin يشبه المضاد الحيوى Subtilis فى كثير من النواحي ولكن يختلفان فى محتوَاهما من الأحماض الأمينية.

Diplococcin: يفرز بواسطة *Str. Cremoris* ويثبط بعض أنواع من سلالات *Str. Lactis* وهو مقاوم للحرارة.

Lactenines: توجد طبيعياً فى اللبن الفرز الخام ولقد وجد أنها تتكون من نوعين Lactenine (L1)، Lactenine 2 (L2). ويوجد (L1) بتركيز مرتفع فى السرسوب، وبتتركيز أقل فى اللبن فى منتصف فصل الحليب ويتلف بالحرارة عند 70 م°/20ق، أما (L2) فيوجد فى اللبن فى منتصف فصل الحليب، وقد لا يوجد أو يوجد بتركيز منخفض فى السرسوب، ويتلف بالحرارة على 74 م°/20ق، ولا بد من وجود النوعين معاً ليحدث التثييط لبعض الأنواع من بكتريا حمض اللاكتيك. لذا فيجب عند إستعمال اللبن كبيئة لنمو بكتريا البادئ تسخينه لدرجة أعلا من 80 م° لإتلاف اللاكتينين Lactenines.

الطرق المتبعة للحد من هذه المثبطات الطبيعية:

- إستخدام لبن مسخن إلى درجة أعلا من 80 م° عند إعداد البادئ.
- إستخدام سلالات غير منتجة لهذه المضادات السابقة ... أو إستخدام سلالات من البادئ مقاومة للمضادات Nisin و Diplococcin.

٢- بقايا المضادات الحيوية فى اللبن والتي تنتقل إليه عن طريق الدورة الدموية

عند علاج الماشية من مرض إلتهاب الضرع أو الأمراض الأخرى التى تصيبها. تستخدم المضادات الحيوية فى علاج بعض الأمراض التى تصيب الماشية. فقد إستخدم البنسلين سنة 1944 بنجاح فى علاج بعض هذه الأمراض ثم إستخدم بعد ذلك الإيروميسين Aureomycin والإستربتوميسين Streptomycin والنيوميسين Neomycin ... ألخ. وتعطى هذه المضادات عن طريق الفم أو الحقن كما هو الحال فى الأمراض المتعلقة بالتنفس وإلتهاب الرحم، أو بإدخالها عن طريق حلمات الضرع كما هو الحال فى الإصابة بمرض إلتهاب الضرع.

والتهاب الضرع من الأمراض التي تسبب خسارة إقتصادية كبيرة ويتميز بزيادة الخلايا الجسمية Somatic cells في اللبن، وبالتغيرات الباثولوجية في نسيج الضرع. ويتم العلاج بالحقن في قناة الحلمة Intracisternal للربيع المصاب، وفي الحالات الشديدة قد تحقن كل الحلمات. ويجب التفريق بين علاج البقر الحلوب والجافة فالأخيرة تعالج بمستحضرات تنطلق ببطء Slow n̄ release preparations لتظل نشطة لعدة أسابيع أثناء فترة الجفاف. ولما كانت هذه المضادات تنتقل إلى اللبن في حالة علاج الحيوانات الحلوب فيجب الإلتزام بفترة الإنسحاب الخاصة بالمضاد Withdrawal period يقل فيها تركيز المضاد في الأنسجة وتنتهي من الحيوان. فكل تحضير من التحضيرات المضادة للميكروبات فترة إنسحاب يجب الإلتزام بها، لتلافي البقايا غير القانونية من المضاد في اللبن.

أمثلة لبعض المضادات الحيوية المستخدمة في علاج الحيوانات:

ومن أمثلة المضادات الحيوية المستخدمة في علاج الحيوانات خاصة مرض التهاب الضرع.

Penicillin, Streptomycin, Chloromphenicol, Chlortetracycline, Oxytetracycline, Polymexin, Neomycin, Bacteriocin, Erythromycin, Macrolides, Aminoglycosides, Quinolones, Cephalosporins

ويطلق على Penicillins و Cephalosporins مجموعة B - Lactoms وهي أكثر المضادات الحيوية استخداماً للحيوانات الحلابية. ولزيادة كفاءة المضاد قد يستخدم تحضيرات تحتوي مركبين (مضادين) أو أكثر من عائلات مختلفة.

وعموماً يعتبر البنسلين والإستربتوميسين من المضادات الحيوية واسعة الإنتشار. ويستعمل البنسلين بمعدل ١٠,٠٠٠ - ٣٠٠,٠٠٠ وحدة بمتوسط (٥٠,٠٠٠ وحدة) والإستربتوميسين بمعدل ٥ - ٢٠ مجم.

ملحوظة: الوحدة الدولية من البنسلين 6×10^{-4} مجم (٠,٦ µg) من بنسلين الصوديوم البنزيني النقي Pure benzyle penicillium sodium أى أن واحد مجم له قوة ١٦٦٧ وحدة والوحدة الدولية هي أصغر كمية من المضاد يعوق أو يوقف نمو سلالة قياسية من ميكروب الإختبار وهو عادة بكتريا *Bacillus*

Staphylococcus aureus أو ميكروب *stearothermophilus var calidolactis* ومن دراسات (Mohamed, 1981) على عينات لبن جمعت من باعة جائلين ومحلات ألبان، ولبن جاموسى وبقرى خاص بمزارع حكومية كانت نسبة العينات الملوثة بالمضادات الحيوية تمثل ١٣,٣٪، ٣٦,٧٪، ٥,٩٪، ٣٠,٤٪ من العينات المجمعة على التوالي. وقد تخلط ألبان محتوية على مضاد حيوى بألبان حيوانات سليمة (خالية من المضادات الحيوية) ولذا كمية المضاد الموجودة بهذه الألبان سوف تتوقف على عدد الأبقار المعالجة والسليمة المكونة للبن الكلى والكمية الناتجة من كل منها وكمية المضاد المستخدم.

ويتم حقن المضادات الحيوية فى صورة محلول فى قناة حلمة الضرع المصاب أو فى النسيج الداخلى للضرع. وتفرز أغلب هذه المضادات فى لبن أول حلبة بعد الحقن، ثم تفرز بكميات متناقصة فى الحلبات التالية.

ومن العوامل التى تؤثر على كمية المضاد الحيوى التى تفرز فى اللبن مايلى:

- ١- نوع المضاد الحيوى وكميته.
- ٢- التركيب التشريحي لضرع الحيوان.
- ٣- تركيز الجرعة.
- ٤- الصورة التى توجد عليها المادة الفعالة للمضاد (محلول - مرهم).
- ٥- الحالة الفردية للحيوان وحالة الضرع.
- ٦- إنتاجية الحيوان.
- ٧- مدى إتمام عملية الحلابة.
- ٨- تكرار عملية الحلابة.

- وتختلف الحيوانات فى مقدرتها على إفراز المضاد الحيوى المعطى لها فى اللبن بسبب وجود إختلافات فسيولوجية بين الحيوانات، كما تختلف الأرباع المختلفة من نفس الضرع فى قدرتها على إفراز البنسلين فى اللبن. ومن المعروف أن الضرع

السليم يفرز البنسلين أكثر من الضرع غير السليم. وتختلف تركيز جرعة البنسلين المستخدمة في العلاج من ٢٥ - ١٠٠ ألف وحدة دولية / لكل ربع وأحياناً قد تصل إلى مليون وحدة، أما الإيروميسين أو الإستربتوميسين فإنهما يستخدمان بتركيز (٢٠٠ - ٤٠٠) ألف وحدة / لكل ربع.

- وتختلف المدة التي يكون بعدها اللبن خالي من المضادات الحيوية تبعاً للتركيز حيث وجد أن إعطاء ٢٥ ألف وحدة دولية / لكل ربع يعطى تركيز مرتفع من المضاد الحيوى فى أول حلبة بعد المعاملة (بمتوسط ٥ وحدات دولية / مل)، ثم يقل التركيز فى الحلبة الثانية (٠,٢ وحدة دولية / مل) أما فى الحلبة الثالثة فلا يحتوى اللبن على البنسلين.

لذا فاللبن المحتوى على بقايا المضادات الحيوية يجب أن يسوق بعد ٣٢ - ٩٦ ساعة على الأقل من ميعاد آخر جرعة مضاد حيوى.

- يجب أن يعطى المضاد الحيوى للحيوانات فى فترة الجفاف Dry period وذلك للتغلب على مشكلة بقايا المضادات الحيوية فى اللبن، وأيضاً لمنع حدوث إصابة جديدة فى فترة الجفاف. ولوجود المضادات الحيوية فى اللبن تأثير كبير على الميكروبات المرغوبة والمستعملة فى صناعة الجبن (أو الصناعات اللبنية الأخرى)، فبجانب تأثيرها على نشاط البكتريا المكونة لحمض اللاكتيك والهامة فى المراحل الأولى من الصناعة، فإنها تؤثر على الميكروبات التى تلعب دوراً هاماً فى التسوية.

ولقد وجد أن الجبن التشنجر المصنوع من لبن به بقايا مضادات حيوية كان رديء الصفات، ونشطت به بكتريا الكلوروفورم، وكونت غازات بالجبن صاحبها طعم رديء. كما أن الجبن الكاممبرت المصنوع من لبن به كميات من المضادات الحيوية كان رديئاً فى صفاته ونكهته وكان نمو الفطر على سطحه قليلاً مع حدوث لون أحمر وحدوث إنتفاخ غازى به.

تأثير المضادات الحيوية على بكتريا حمض اللاكتيك:

أ- البنسلين

- يعتبر البنسلين من أكثر المضادات الحيوية إستعمالاً وفاعلية في علاج إتهاب الضرع.
 - كفاءة البنسلين في العلاج تعادل ٣ مرات كفاءة كلاً من الإيروميسين Aurcomycin والـ Subtilin، وتعادل ٧ مرات كفاءة الإستربتوميسين Streptomycin، و٣٣ مرة بالنسبة لكفاءة كلاً من الكلورميسيتين Chlormycetein والـ Bacteriocin.
 - يعتبر البنسلين من أكثر المضادات الحيوية تأثيراً على نمو بكتريا حمض اللاكتيك ويختلف هذا التأثير تبعاً للآتى:
 - التركيز المستخدم من البنسلين
 - مدى حساسية البكتريا له
 - مدى نقاوة البنسلين المستخدم
- وعموماً فلقد إتضح من التجارب أن:
- اللبن المحتوى على أقل من ٠,٠٥ وحدة دولية من البنسلين / مل لبن لا يؤثر على نمو بكتريا حمض اللاكتيك وبالتالي على معدل إنتاج الحموضة فيما عدا *Str. thermophilus* والذي يشبط في وجود ٠,٠١ وحدة دولية.
 - اللبن المحتوى على تركيز يتراوح ما بين ٠,٠٥ - ٠,١ وحدة دولية من البنسلين / مل يحدث تثبيط بسيط لنمو بكتريا حمض اللاكتيك.
 - اللبن المحتوى على تركيز ما بين ٠,١ - ٠,٢٥ وحدة دولية من البنسلين / مل يحدث تثبيط كامل لنمو بكتريا حمض اللاكتيك ويوقف تقدم الحموضة ويعمل على عدم تكونها.

تعتبر ميكروبات *Str. cremoris* أكثر حساسية من *Str. lactis* والأخيرة أكثر حساسية من *Str. faecalis* للبنسلين. وبصفة عامة تكون ميكروبات حمض اللاكتيك

العصوية Lactobacilli أكثر مقاومة للبنسلين عن ميكروبات حمض اللاكتيك الكروية Streptococci.

قد يؤدي البنسلين إلى حدوث تغيرات مورفولوجية في بكتريا حمض اللاكتيك الكروية فيؤدي إلى زيادة في طول السلسلة البكتيرية.

وجود ٠,٠١٥ - ٠,٠٥ وحدة دولية من البنسلين / مل لبن يؤثر على بادي الزبدي مما يؤدي إلى إنتاج زبدي غير جيد وذو خثرة طرية نظراً لطول مدة التجبن.

طرق التغلب على تأثير البنسلين في اللبن:

١- استعمال إنزيم البنسليناز Pencillinase

- وهذا الإنزيم يفرز بواسطة بعض أنواع من الـ Lactobacilli وبعض سلالات من *E. coli*, *B. subtilis* تحت ظروف معينة.
- وهذا الإنزيم يمنع فعل البنسلين المثبط للميكروبات المكونة للحموضة بهدم جزئ البنسلين وتكوين حامض البنسلويك Penicilloic acid عديم الأثر على الميكروبات.
- يستخدم بتركيز في اللبن من ٠,٠٥ - ١ وحدة في ١٠ طن. ولا يؤثر على طعم ورائحة اللبن. إلا أنه قد يؤخذ على استعماله ارتفاع ثمنه نسبياً.

٢- استخدام الكيماويات Chemical inhibitors

- يمكن استخدام بعض المواد مثل بعض الأحماض - القلويات، الأمونيا، الأمينات لوقف نشاط البنسلين حيث تتفاعل معه وتثبط من حيويته. فمثلاً إضافة ٠,٠٠٥٪ هيدروكسيل أمين Hydroxyl amine تكون كافية للحد من فعل وحدة دولية واحدة من البنسلين في زمن قدره ساعة واحدة، ولكن إتضح فيما بعد أن هذه المادة سامة ولها تأثير مثبط على نمو بكتريا حمض اللاكتيك الكروية Streptococci.
- إضافة ٠,٠١٦ - ٠,٠٦٪ H_2O_2 يسبب القضاء على البنسلين تماماً.

٣- زيادة كمية البادي المضاف Addition of extra amounts of culture

- قد تضاف كميات زائدة من البادي عند بطئ تكون الحموضة أو إنعدامها، والأساس في ذلك أن في إضافة البادي وبالطريقة العادية تقوم كل خلية بكتيرية

بالإرتباط بعدد معين من جزيئات البنسلين، ونظراً لإمتصاص الخلايا البكتيرية الموجودة فى البادئ العادى لعدد كبير من جزيئات البنسلين فإنه يتوقف عملها، ويتعطل تكوين الحموضة ولكن بإضافة كميات كبيرة من البادئ يمكن المحافظة على مستوى الحموضة المطلوب. وقد يعاب على هذه الطريقة أنها لاتصلح فى التركيزات التى تزيد عن ٠,١ وحدة دولية / مل.

٤- تعود الميكروبات على النمو ببيئة البنسلين Adaptation of cultures

وفىها يتم إنتاج سلالات مقاومة للبنسلين وذلك عن طريق تنميتها فى اللبن، وفى وجود تركيزات منخفضة من البنسلين تزداد تدريجياً. فقد أمكن زيادة مقاومة بعض السلالات من ٠,١ إلى ٠,٣ وحدة دولية / مل، ويمكن المحافظة على هذه المقاومة حتى حوالى ٢٠ تجديدة (تنشيط) فى اللبن الخالى من البنسلين ثم تضعف بعد ذلك. وهذه الطريقة مقبولة وتستخدم حالياً. غير أنه يؤخذ عليها إختفاء الميكروبات المكسبة للنكهة عندما يكون تركيز البنسلين ٠,٢ وحدة دولية / مل حيث لاتتكون مواد النكهة الأستيل ميثيل كربينول والداى أستيايل.

١- حجز اللبن لمدة يومين قبل الإستعمال.

ب- الإيروميسين Aureomycin

- وجوده بتركيز ٠,٠٥ ميكروجرام / مل لبن لا يؤثر على نمو بكتريا حمض اللاكتيك وبالتالي على إنتاج الحموضة، ولكن وجوده بتركيز ٠,٥ ميكروجرام / مل يؤدى إلى تثبيط نمو بكتريا البادئ.

- وجد بعض العلماء أن اللبن المأخوذ من بقر معالج بواسطة ٢١٣ ملليجرام / لكل ربع (إيروميسين) لاتتقدم فيه الحموضة طوال أربع حلبات وأحياناً حتى الحلبة الثامنة.

- تعقيم اللبن حتى ضغط ٠,١٥ رطل / ١٠ ق لا يؤدى إلى إتلاف الإيروميسين.

ج- التراميسين Terramycin

بكتريا حمض اللاكتيك الكروية Streptococci تكون حساسة جداً للتراميسين. وجود ٠,١ ميكروجرام / مل لبن تكون كافية لتثبيط نمو بكتريا حمض اللاكتيك.

بينما يتكون كمية قليلة جداً من حامض اللاكتيك في وجود ٠,٢ ميكروجرام تيراميسين / مل لبن.

ويوضح جدول (٦٦) مدى إختلاف حساسية البادئات المختلفة والمستخدمة لبعض المنتجات اللبنية للتركيزات المختلفة من المضادات الحيوية مقدره بالوحدة الدولية / مل لبن.

جدول (٦٦) يوضح مدى إختلاف حساسية البادئات المختلفة

Tetracycline	Oxytetracycline	Bacteriocin	كلوراتراسيكلين	أريثروميسين	كلورامفينيكول	ستريptomيسين	بنسلين	المزارع البكتيرية المستخدمة
١	٠,٤	٠,٠٤	٠,١	٠,١	٠,٥	١	٠,٠١	اليوغرت
١	٠,٤	٠,١	٠,٠٥	٠,٥	١	٢,٥	٠,٢	القشدة
٢	٢,٥	-	٠,٥	٠,٠٧	٢	٢,٥	٠,٠٧	لبن الأسيدوفيليس
-	-	٠,٠٣	٠,١	٠,٠٨	٢	٢,٥	٠,٠٢	جبين الأمنتال
١	١,٥	-	٢	٠,٥	٣	٢,٥	٢,٥	الكيفير
-	٢	٠,١٢	٠,٥	٠,٠٥	٢	٢,٥	٠,٠١	بادئ البكتريا المحبة للحرارة المعتدلة Mesophilic

أضرار ومشاكل وجود المضادات الحيوية باللبن:

١- تتداخل مع نشاط إنزيمي الفوسفاتيز والكتاليز، وبالتالي تؤثر على إختبار الفوسفاتيز والكتاليز المستخدمين في الكشف عن تمام البسترة، فقد وجد أن الأوكسي تتراسيكلين والبنسلين يظهران أن اللبن التام البسترة وكأنه غير مبستر حيث يعطى لون أزرق مع دليل الفولين.

٢- يؤثر على إنتاج الحموضة وبالتالي نقص في خواص وطعم ونكهة المنتج اللبني.

٣- صعوبة تصنيع المنتجات اللبنية المتخمرة.

٤- لا تتأثر كثيراً بالمعاملات الحرارية.

٥- تؤدي لزيادة الوقت اللازم لإختبارات الصبغات مما يؤدي لتقييم اللبن بدرجة أعلى من نوعيته.

٦- لها خطورة على الصحة العامة حيث:

أ- تؤثر على ميكروفلورا الجهاز الهضمي المرغوب فيها خاصة عند صغار السن.

ب- قد تعرض مستهلكي هذه الألبان إلى الإصابة بميكروبات مرضية مقاومة للمضادات الحيوية Antibiotic resistance pathogens.

ج- تسبب خطورة للأشخاص ذوى الحساسية العالية لتلك المضادات فقد تسبب لبعضهم حساسية شديدة Severe allergic تؤدي للوفاة أحياناً.

ونلاحظ أن Maximum residue limit (MRL) (الحد الأقصى للمتبقي من المضاد فى الغذاء) للبنسلين ج Penicilline G = ٤ µg / لتر لبن.

الإحتياطات لتجنب الآثار الضارة من المضادات الحيوية باللبن:

١- إستخدام المضاد الحيوى تحت إشراف طبي مع التخلص من ألبان الحيوانات المعالجة بها، وعدم إستعمالها للإستهلاك الأدمى مدة لاتقل عن ٧٢ - ٩٦ ساعة عقب إعطاء آخر جرعة من المضاد، والإلتزام بفترة الإنسحاب Withdrawal period.

٢- إستعمال مضادات حيوية تحتوى صبغات ملونة تفرز فى اللبن لعدة أيام بعد العلاج إذ غالباً مايؤدى حقنها فى الضرع إلى إفرازها فى اللبن لمدة ثلاثة أيام عقب آخر جرعة. وقد وجد أن حقن مضاد حيوى مثل البنسلين فى أحد أرباع ضرع الأبقار غالباً ما يوجد فى لبن الأرباع الأخرى، بينما فى الماعز فإنه عند حقن هذا المضاد فى نصف الضرع فإنه لا يوجد فى نصف الضرع الأخر.

ويجب أن يتوافر فى الصبغة المضافة للمضاد:

١- ليس لها تأثير مثبط للمضاد.

٢- تفرز فى اللبن بمعدل إفراز المضاد.

٣- غير سامة للإنسان.

٤- غير مهيجة لأنسجة الضرع.

٥- مسموح بإضافتها للغذاء.

٦- ذات لون يمكن تمييزه في التخفيفات الصغيرة.

ومن الصبغات المستخدمة:

أ- صبغات طبيعية مثل الكلوروفيل ويعاب عليها:

١- الحاجة لكمية كبيرة منها للحصول على لون واضح باللبن.

٢- تظهر في اللبن لمدة ثلاث حلقات متتالية أما البنسلين مثلاً فيبقى لحوالي ست حلقات متتالية.

ب- صبغات صناعية منها:

١- صبغات الفلوران: وهي تضاف مع البنسلين بمعدل ٢٥٠ مجم / ١٠٠ ألف وحدة بنسلين (٦٠ مجم بنسلين) ويمكن ملاحظتها بالعين المجردة لمدة ٤٨ ساعة بعد العلاج، وتفرز في نفس الوقت مع البنسلين كما يمكن الكشف عنها بالأشعة فوق البنفسجية حتى ٩٦ ساعة بعد العلاج ولكن يعاب عليها لونها أصفر غير واضح باللبن، وتسبب فقد ٥٠٪ من فعل البنسلين وغير مسموح بها غذائياً.

٢- صبغات Triphenyl methan ومنها نوعان

Food blue S	Food green S (صبغة)
مسموح بها قانوناً - تعطي لون مزرق	مسموح بها قانوناً - تعطي لون أخضر
- تستخدم بمعدل ١٢٥ مجم / ١٠٠ ألف	في اللبن، ويتناسب اللون مع تركيز
وحدة بنسلين - أمكن إستخدامها بنجاح	البنسلين في اللبن. تضاف للبنسلين بمعدل
مع أكسي تتراسيكلين - تفرز في نفس	٥٠ مجم / ١٠٠ ألف وحدة - تفرز
الوقت مع المضاد الحيوى	الصبغة في نفس الوقت مع المضاد
	الحيوى. وأمكن إستخدامها بنجاح مع
	تتراسيكلين

طرق الكشف عن متبقيات المضادات الحيوية للبن : تشمل

- ١- طرق ميكروبيولوجية Microbiological assay technique
- ٢- إختبار إختزال الأسود المتألّي Brilliant black reduction test
- ٣- طريقة الإنتشار الأنبوبي Tube diffusion method
- ٤- طريقة الفحص المناعي Immuno logical assay method
- ٥- إستخدام جهاز الكروماتوجرافى بالسائل ذو الضغط العالى High performace .liquid chromatography HPLC

١- الطرق الميكروبيولوجية فى كشف المضادات الحيوية باللبن: وتعتبر أكثر الطرق شيوعاً لبساطتها:

يستخدم فى هذه الطرق بعض الميكروبات التى منها

Bacillus stearothermophilus var calidolactis , *Bacillus mycoides* , *Str. thermophilus*

ومن هذه الطرق:

- أ- إختبارات أساسها إنتاج الحموضة:
وفىها يوضع ١٠ مل لبن فى أنبوبة إختبار وتسخن إلى ١٠٠ م° / ٥ د وتبرد وتلقح بمعلق من أحد الميكروبات السابقة بمعدل ٢٪ ثم يحضن ٣٧ م° / ٣ ساعات ويتم الكشف عن الحموضة إما بالمعايرة أو الـ pH أو إختبار التجين (كحول - غليان). وهذه الطريقة ملائمة للكشف عن الإستربتوميسين، كلوروتتراسيكلين.

ب- إختبارات أساسها إختزال الصبغات:

ومن أمثلتها أزرق المثيلين والميكروب المستخدم *B. mycoides* وذلك للكشف عن التتراسيكلين، صبغة الريزازورين والميكروب المستخدم هو *Str. thermophilus* ويستخدم للكشف عن البنسلين . وفىها يؤخذ ١٠ مل لبن وتسخن إلى ١٠٠ م° / ٥ د وتبرد إلى ٣٧ م° وتلقح بمزرعة ثقيلة من الميكروب وتحضن ٣٧ م° / ٤٥ د. ويقدر الزمن اللازم لإختزال الصبغة مقارنة بعينة أخرى من اللبن لاتحتوى مضاد حيوى، وعدم إختزال اللون أو إختزاله ببطء يدل على وجود مضاد.

وقد تستخدم صبغة (Triphenyl tetrazolium chloride (TTC) مع ميكروب *Str. thermophilus* للكشف عن عديد من المضادات الحيوية ويستغرق هذا الإختبار حوالي ٢,٥ ساعة. وفيه يؤخذ ١٠ مل لبن وتسخن ٨٥ م° ثم تبرد حتى ٣٧ م° ويضاف لها ١ مل من مزرعة *Str. thermophilus* وتحضن ٢ ساعة يضاف بعدها دليل TTC (٠,٣ جم / ٢٥ مل ماء معقم) وتحضن الأنبوبة لمدة ١/٢ ساعة أخرى. تكون لون أحمر يدل على تكون حموضة أى خلو اللبن من المضاد الحيوى وبقاء العينة عديمة اللون يدل على وجود المضاد. وإختبار الصبغات أكثر حساسية للبكتيلين.

كما قد يستخدم دليل البروموكريزول Bromocresol purple حيث تضاف كمية من اللبن السابق تسخينه إلى مزرعة من ميكروب *Str. thermophilus*، وتحضن على ٤٥ م° / ٤ ساعات، ظهور لون أزرق ← يرفض اللبن ظهور لون أصفر ← لبن سليم ظهور لون بين الأخضر والأصفر يستهلك اللبن الذى يحلب بعد ٢٤ ساعة من الإختبار.

ج- إختبارات أساسها تغيرات مورفولوجية:

مثال ذلك ميكروب *Str. thermophilus* الذى يحدث له إنتفاخ فى خلاياه عند تعرضه لمحلول به ٠,٠٥٪ وحدة دولية من البنسلين.

د- إختبارات مبنية على أساس تكون منطقة خالية من النمو (مانعة - مثبطة) Inhibition.

١- يستخدم فى هذه الطريقة عادة ميكروب *Bacillus stearothermophilus var calidolactis* حيث يحضر منه معلق وذلك بزراعته على بيئة آجار مائل (٥٥ م° / ٤٨ ساعة)، ويغسل الآجار بمحلول فسيولوجى معقم للحصول على معلق يجمع فى دورق مخروطى معقم ويحفظ على ٤ - ٥ م° للإستخدام مع تقدير العدد الكلى.

٢- تضاف كمية أو جزء من المعلق البكتيرى إلى بيئة آجار بحيث يكون تركيز الميكروب 5×10^6 / مل وترج بهدوء على ٤٥ - ٥٠ م° مع مراعاة عدم تجمد الآجار وتصب بيئة الآجار المنزرعة فى أطباق بترى معقمة (١٢ مل سمك ٢ مم) وتترك الأطباق لتجمد.

٣- تسخن عينات اللين المراد الكشف عن المتبقيات من المضادات الحيوية بها على $٨٠ \text{ م} / ٣٠ \text{ د}$ ذلك للقضاء على المواد المثبطة الطبيعية Natural inhibitory subs.

٤- ينقل $٠,١$ مل من العينة بعد تبريدها بماصة شعرية معقمة إلى حفرة دائرية قطرها ١٠ مم (١ سم) وتسمى هذه الطريقة طريقة الفحص بالحفرة Well assay method، كما يمكن استخدام طريقة الفحص بالقرص المرجعي Reference disc assay method المعد لذلك، وذلك بعد غمسه في عينة اللين، ووضعه على بيئة الأجار المنزرعة Sceded agar وتحمض الأطباق $٥٥ \text{ م} \pm ٢ \text{ م} / ٣ - ٤$ ساعات. في حالة النتيجة الإيجابية يلاحظ تكون منطقة مانعة Zone of inhibition لنمو الميكروب والتي يتوقف حجمها على كمية وتركيز المضاد الحيوى الموجود بالعينة، بينما في حالة النتيجة السلبية لا تتكون المنطقة المانعة لنمو الميكروب.

المضادات الحيوية لتسمين الحيوان وحفظ لحمه:

يستخدم بعض مربى الحيوان والطيور المضادات الحيوية لتسمين حيواناتهم، وذلك بإضافتها للأعلاف الخاصة بها، فقد لوحظ أنها تؤدي لزيادة الوزن مع توفير العلف خاصة إذا إقترن ذلك بإضافة الهرمونات، ولا يعرف بالضبط آلية المضادات الحيوية فى عملية التسمين، ويعتقد البعض أن المضاد الحيوى يحمى الحيوان من الأمراض مما يحسن من صحة الحيوان العامة، ويتيح له فرصة أكبر من النمو. ومن أكثر المضادات الحيوية تأثيراً فى ذلك المضاد الحيوى الذى له طيف واسع فى تثبيط الميكروبات.

وقد وجد أن البنسلين هو أفضلها فى حالة علف الدواجن، وأن الأوكسى تتراسيكلين أحسنها فى اعلاف حيوانات التسمين. وقد تزود هذه الأعلاف بالهرمونات أو مستحضراتها ذلك إذا كانت هذه الهرمونات لا تتأثر بعملية الهضم وإلا فتعطى بالحقن تحت الجلد، وقد وجد أن هذه المعاملات تزيد من سرعة التسمين بأكثر من ١٠% كما توفر $١٢ - ١٦\%$ من العلف كما قد تستخدم المضادات الحيوية فى حفظ الأسماك ولحوم الحيوانات، فيستخدم الأوكسى تتراسيكلين فى إطالة حفظ السمك والحيوانات البحرية على سفن الصيد، حيث يضاف بنسبة ٥ جزء / مليون إلى الثلج

المستخدم في الحفظ. كما قد تغمر اللحوم الطازجة ولحوم الدجاج الطازج في محلول التتراسيكلين بتركيز ١٠ جزء / مليون، وقد تحقن الذبائح ببعض المضادات الحيوية مثل التتراسيكلين والبنسلين والكلورامفينوكول قبل الذبح للمساعدة على حفظ اللحوم. وتأثير التتراسيكلينات ثابت نسبياً وفعال وطويل المدى.

وتحظر معظم القوانين استخدام المضادات الحيوية في حفظ الأغذية، أما الدول التي تسمح باستخدامها فإنها تحدد الحدود القصوى لبقاياها في الغذاء إذ أنها ضارة بصحة المستهلك. إذ لا يمكن إزالة المضاد الحيوى بطرق التصنيع الغذائية، كما أن هذه المضادات في الأغذية تكسب الأحياء الدقيقة مناعة مما يقلل من فاعليتها عند استخدامها للعلاج، كما تؤثر على الفلورا الطبيعية الموجودة بأمعاء الإنسان وقد تسبب الحساسية لبعض الأفراد.

ثانياً : التلوث بالهرمونات

يحتوى اللبن عدة هرمونات تختلف كميتها باختلاف الحالة الفسيولوجية والتغذية وعوامل أخرى ويبين الجدول التالي (٦٧) بعض الهرمونات باللبن البقرى وتركيزها.

جدول (٦٧) بعض الهرمونات باللبن البقرى

التركيز	الهرمون
٧٠ - ٥٠ ng / لتر	الأستروجين Oestrogens
٢٥ u.unit / مل	أوكسى توكسين Oxytocin
٢٥ ng / مل	Insuline like growth factor I (I G F -I)
١٠٠ - ٥٠ ng / مل	Epidermal growth factor (EGF)
١٣ - ١١ µg / لتر	البروجسترون Progesteron
١٠ - ٣ ng / مل	سوماتوتروبين Somatotropin
١٠٠ - ٥٠ ng / مل	Insuline like growth factor II (I G F nII)
	إنسولين Insuline

وقد تستخدم بعض هذه الهرمونات لأغراض مختلفة خاصة زيادة الإنتاج، ومن أمثلة ذلك:

١- هرمونات الإسترويد Steroid hormones

وهى تستخدم كمشجعات نمو فى بعض الدول مثل الولايات المتحدة وكندا، وتستخدم فقط فى حيوانات اللحم حيث تسرع من النمو والتسمين بطريقة غير مباشرة تتوسطها عمليات تتحكم فيها الغدة الدرقية، ولذا يضاف عادة هرمون الثيروكسين Thyroxine لزيادة كفاءتها. وتتميز هرمونات الإسترويد بأنها ذات تركيب ليبيدى Lipid structure صغيرة الحجم لاتهضم، تكون فعالة عند تناولها عن طريق الفم ويمكن أن تمتص بصورتها (سليمة) intact. وهى متماثلة فى تركيبها فى جميع أجناس الحيوانات، وهى مواد ذائبة فى الدهون، لذا فالمنتجات منخفضة الدهن منخفضة نسبياً فى محتواها من الأسترويدات، ولايؤدى معالجة الحيوان بها بمستوى منخفض إلى زيادة ملحوظة منها فى اللبن الناتج، ولكن المعاملة بجرعات عالية بقصد الإخصاب أو أغراض طبية أخرى يؤدى لزيادة نسبتها فى اللبن لفترة قصيرة. ومن هذه الإستيرويدات.

أ- إستيرويدات طبيعية Natural hormones steroids منها

Tetrasterone, Oestradiol B 17, Progesterone ومشتقاتها وتعتبر أهم الهرمونات الجنسية فى الثدييات، وتستخدم فى أغراض الأبتناء (التمثيل) Anabolic، كما يستخدم هرمونى الأنوثة Oestradiol B 17, Progesterone للحث على إنتاج اللبن وتحسين الخصوبة وتنظيم دورة الشبق Oestrus cycle.

ب- هرمونات نصف مخلقة Semi synthetic ومن أمثلتها

Melengestrol acetate, zeranol, Trenbolone acetate وتشير كثير من الأبحاث إلى سلامة اللحم المحتوى على بقايا هذه الهرمونات، كما أن معدلها فى اللبن ليس عالياً إذا إستخدمت بالكميات المناسبة، وقد يكون السبب هو عدم توافر الطرق الدقيقة فى تقدير بقايا هذه الهرمونات المتناهية فى الصغر. ونظراً لقابلية ذوبان هذه الهرمونات فى الدهن فمن المنتظر أن يحتوى الدهن وأنسجة الكبد على بقايا من هذه الهرمونات، مما قد يؤدى لآثار ضارة بالصحة على المدى الطويل بالنسبة للإنسان خاصة السيدات.

ج- إستيرويدات القشرة المخلقة Synthetic corticosteroids ومن أمثلتها Prednisolone, dexamethasone وتستخدم في علاج إتهاب الضرع.

٢- البروستاجلندينات Prostaglandins

وهى مجموعة من المواد المشابهة للهرمونات (الجنسية) hormone like substances وتنتج في كثير من أنسجة الثدييات. ومن وظائفها الفسيولوجية تنظيم ضغط الدم، وإنقباض العضلات الناعمة، وتلطيف الإلتهابات. وبعضها مثل $PGF_2 \alpha$ يستخدم لتنظيم دورة الشبق وزيادة التبويض Multiple ovulation، والمعالجة بها لاترفع من تركيزها عن المستوى الطبيعي بعد ساعات قليلة من العلاج.

٣- الأوكسى توسين Oxytocin

وهو هرمون بيتيدي (به تسعة أحماض أمينية). تفرزه جميع الثدييات للحث على إستمرار المخاض Labour وتشجيع خروج اللبن Milk ejection، وله أهمية في الطب البيطرى والبشرى، ويتم العلاج به عن طريق الحقن بالوريد أو العضل أو تحت الجلد intravenously, intramuscularly, subcutaneously ونظراً لقصر فترة عمر الهرمون يصعب الكشف عن زيادة معدله في اللبن. وقد يستخدم الهرمون في الجاموس لتسهيل حلابته إذ يبدو أن الجاموس أصعب حلباً من البقر. كما يستخدم الهرمون في بعض الدول لعلاج إتهاب الضرع، ودوره في ذلك هو تشجيع خروج اللبن مما يساعد على زيادة إزالة الميكروب الممرض من الضرع.

٤- سوماتوتروپين البقرى Bovine somatotropin (bST) أو هرمون نمو بقرى

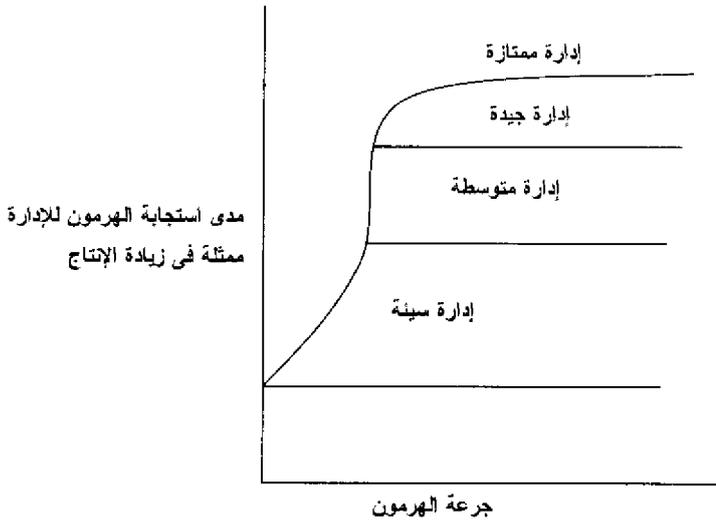
Bovine growth hormone

وهو من الهرمونات البروتينية تفرزه الغدة النخامية في جميع الحيوانات، ويتكون من ١٩١ حمض أميني، وهو أكبر حجماً من هرمونات الإسترويد، ويهضم بشدة لذا فهو لايمتص بصورته السليمة intact، فليس له تأثير عند تعاطيه عن طريق الفم مثله في ذلك مثل الإنسولين ودليل ذلك أنه عند نزع الغدة النخامية من الفئران مما يجعلها لاتنتج ST بكميات كافية ويجعلها في حاجة للمعاملة بهرمون ST فقد وجد أنه عند إعطاء هذه الفئران هرمون bST بما يعادل ٤٠٠,٠٠٠ مرة الكمية

الموجودة فى لتر لبن بقرى لم يحدث نمو لهذه الفئران ولكن عند حقنها بالهرمون أدى إلى زيادة نموها. ويوجد الهرمون كمركب طبيعى باللبن. ويختلف التركيب الكيماوى لهذا الهرمون تبعاً لجنس الحيوان وهذا ما يحد من استخدام هذا الهرمون من جنس ليعمل فى جنس آخر ويفسر ذلك بأن الهرمونات البروتينية يجب أن ترتبط بمستقبل بروتينى قبل أن تظهر تأثيرها الحيوى. ومن وظائف هذا الهرمون هو تشجيع النمو وتنظيم تمثيل الدهون والبروتينات والكربوهيدرات فهو يوجه المغذيات مباشرة لنمو الماشية الصغيرة وإلى إنتاج اللبن فى البقر الحلوب.

ويفسر دور هذا الهرمون بأن الغدة النخامية تفرزه فى مجرى الدم حيث ينتقل خلال الجسم ويدفع الكبد إلى إنتاج هرمون آخر يسمى (I G F nI) Insuline like growth factor I أو Somatomedin حيث يقوم الهرمونان IGF- I . BST بإحداث تغيرات تشجع إنتاج اللبن، وهذه التغيرات تشمل تأثيرات مباشرة على الغدة اللبنية وتزيد من هدم النسيج الدهنى Adpose tissuc ليمد الحيوان بطاقة أكثر لإنتاج اللبن. وعليه فإن معظم التأثيرات الفسيولوجية لهرمون bST تكون عن طريق زيادة مستوى عامل النمو الشبيه بالإنسولين (I G F -I) Insuline like growth factor I.

وكان يستخرج الهرمون bST من الغدة النخامية للحيوانات بعد ذبحها لإستخدامه فى الأغراض الطبية البيطرية والبشرية، ونظراً لقلّة الكمية المستخلصة من هذه الغدة مما دفع العلماء لإنتاجه بالهندسة الوراثية، ويسمى الهرمون الناتج وراثياً (rbST) Recombinant bovine somatotropin، وهو متوافر تجارياً وآمن بموافقة إدارة الأغذية والعقاقير FDA ١٩٩٣، ويستخدم حالياً فى كثير من الدول حيث يحقن فى ماشية اللبن على فترات (أسبوعين تقريباً) فيزيد من إنتاج اللبن بمعدل قد يصل إلى ١٥ - ٢٠٪ حيث يدفع الغدة اللبنية لأخذ كمية أكبر من المغذيات من مجرى الدم مما يؤدى لزيادة كمية اللبن بشرط وجود إدارة جيدة.



ومن المعروف أن البقرة تستخدم جزءاً من العليقة كعليقة حافظة والباقي يستخدم للإنتاج، ولما كانت العليقة الحافظة لا تتغير تقريباً وإن الزيادة من العليقة المعطاة للحيوان تتحول (توجه) لزيادة إنتاج اللبن دون حدوث تغير يذكر في تركيبه الكيماوي أو خواصه الحسية أو تغيير كمية bST المفرزة باللبن حتى بإعطاء جرعات كبيرة تعادل ١٢ مرة ضعف الجرعة المعتاد إعطائها للحيوان وذلك مقارنة باللبن الناتج من حيوانات غير معاملة بالهرمون. كما أن اللحم واللبن الناتجين من الحيوانات المعاملة بالهرمون آمنين للإنسان. وتؤدي البسترة إلى إتلاف ما يقرب من ٩٠% من bST و rbST الموجود باللبن. وليس للهرمون أي آثار جانبية على الإنسان ولكن قد يكون له تأثير جانبي ضئيل على الماشية المحقونة بالهرمون تتمثل في احتمالية زيادة الإصابة بمرض التهاب الضرع، وحدثت بعض الإضطرابات التناسلية Reproductive disorder وحدثت ورم (إنتفاخ Swellings) في مكان الحقن، وزيادة فرصة الإصابة بالتهاب الضرع مما يدفع مربي الماشية إلى زيادة استخدام المضادات الحيوية وما يتبع ذلك من أضرار بصحة الإنسان.

وقد ذكرنا سابقاً أن bST أو rbST يدفع الكبد لإنتاج IGF1 وأن كلاً من الهرمونين يشجعان معاً إنتاج اللبن.

وقد يخشى المستهلك من زيادة IGF1 فى اللبن فمن المعروف أن هذا الهرمون ينشط نمو خلايا الأمعاء مما يزيد من فرصة خطورة النمو غير الطبيعى لها، مما قد يكون له تأثيرات مسرطنة Carcinogenic effects. ولكن مما يقلل من هذه المخاوف هو أن تركيز هذا الهرمون IGF1 باللبن قليل أقل بمقدار ١٠٠ - ١٠٠٠ مرة تركيزه فى دم الإنسان. (أى ١/١٠٠٠ : ١/١٠٠ من تركيزه فى الدم)، أضف إلى ذلك أن هذه الهرمونات مواد بروتينية تهدم عند تعاطيها بالفم مما يفقدها نشاطها الحيوى.

يلاحظ أن bST, rbST لا تتفد خلال جدر المشيمة Placental wall فلا ضرر على الأجنة وتلد البقرة المعاملة بالهرمون عجولاً عادية الحجم صحية دون أية مشاكل، كما أن إعطاء الهرمون للبقرة لفترة طويلة لم يكن له تأثير سئ عليها.

ملحوظة:

bST, r bST ليست نشطة حيويًا بالنسبة للإنسان فهى لا تتفاعل مع مستقبلات S T الأدمية وقد يرجع ذلك لإختلاف التركيب البنائى لهرمون b S T وهرمون S T من أجناس الحيوانات غير الرأسية الأخرى (Primates رأسيات) عن ST البشرى، وهذا يفسر أنه رغم أن القزمية Human dwarfism (ناشئة عن عدم توافر ST البشرى) يمكن أن تعالج بتعاطى ST البشرى إلا أنه لا يمكن معالجتها بهرمون البقر b S T أو هرمون ST من أى حيوان غير رأسى، ولكن يمكن إستخدام هرمون S T من الرأسيات مثل القردة فى علاج قزمية للإنسان فلهرمون ST القردة تركيب بنائى مشابه لتركيب ST البشرى مما يجعل لهرمون ST القردة القدرة على الإرتباط بالمستقبلات الخاصة بهرمون ST البشرى.

الفصل السابع عشر

التلوث من مواد التعبئة والتغليف

التعبئة: هي تجهيز الغذاء للتسويق النهائى بوضعه فى عبوات خاصة مناسبة، ويكون بينها وبين الغذاء إتصال مباشر. أما التغليف فهو تجميع لأكثر من عبوة فى وعاء أكبر لايلامس الغذاء ملامسة مباشرة. ويكون الهدف من التغليف فى هذه الحالة هو إعداد الغذاء للشحن أو التسويق بالجملة، ولكن فى بعض الحالات قد يلامس الغلاف الغذاء ويصبح الغلاف وسيلة هامة من وسائل بيعه وتسويقه.

الإشتراطات العامة للعبوة المستخدمة فى اللبن ومنتجاته:

يجب أن يتوافر فى العبوة الجيدة إشتراطات من أهمها:

- ١- أن تحوى بداخلها اللبن ومنتجاته.
- ٢- أن تحمى المنتجات بداخلها حتى تصل سليمة إلى المستهلك من كل ما تتعرض له من عوامل تؤثر على طبيعتها وتركيبها كالتلوث أو التعرض للضوء، إذ يودى ذلك لتغيرات غير مرغوبة، كما تحمى المنتجات من نقص أو زيادة محتواها من الرطوبة وكذلك فقد أو إكتساب روائح غير مرغوبة من الخارج، مع عدم إضافتها أى مواد تنتقل إلى الغذاء أى يجب ألا يحدث تفاعل بين العبوة والمنتجات التى تحويها.
- ٣- أن يتوافر فى العبوة القابلية والجاذبية، فيجب ان تكون مقبولة لدى المستهلك وسهلة التداول. فالعبوة الناجحة هي التى تبيع نفسها بمجرد النظر إليها، لذا يجب

دراسة سيكولوجية المستهلك فمثلاً العبوات التى تتميز بالألوان البراقة الواضحة ترضى المستهلك فى بعض الدول العربية، بينما يفضل المستهلك الأوروبى العبوات هادئة اللون. كما يجب أن تتوافر البيانات الدالة على العبوة مثل محتوياتها وكمياتها وطريقة إستخدامها والحفظ والعلامة التجارية.

المواد أو الخامات المستخدمة فى تعبئة وتغليف اللبن ومنتجاته:

أولاً: الأوعية الزجاجية:

من مميزات هذه الأوعية:

- 1- الصلابة والقوة وتنوعها من حيث الحجم والشكل ورخص ثمنه نسبياً مقارنة بعبوات أخرى نظراً لتوافر خاماته بمصر.
- 2- عدم تفاعل الزجاج مع اللبن أو منتجاته. فالزجاج مادة خاملة يتكون أساساً من أكاسيد ثابتة ولا يحتاج إلى مثبتات أو مواد مضادة للأكسدة ولا تدخل المعادن الثقيلة فى تركيبه.
- 3- يوفر الزجاج للبن ومنتجاته حماية ضد الروائح والنكهات غير المرغوبة والتلوث، كما يمكن التحكم فى درجة نفاذية الزجاج للضوء بتلوين الزجاج بألوان مختلفة (بنى عادة) مما يحمى اللبن ومنتجاته من التعرض للضوء.
- 4- يتميز الزجاج بمظهر جميل جذاب كما أن شفافية الزجاج تميز مابه من غذاء (الزبادى).
- 5- يمكن إعادة إستعماله عدة مرات بعد رجوعه للمصنع وتنظيفه وتعقيمه، كما يمكن تدوير غير الصالح منه مرة أخرى والإستفادة منه بخلطه مع الخامات المستخدمة فى صناعة الزجاج.

ولكن قد يعاب على الزجاج:

- 1- ثقل وزن العبوات الزجاجية مقارنة بالعبوات الأخرى مع صعوبة التخلص منه بسهولة.
- 2- سهولة كسره ولكن يمكن عن طريق تحسين نسبة القوة / الوزن / Strength Weight تقليل الكسر، كما يمكن تصنيع الزجاجات من خلطات خاصة تزيد من

تحملها للصدمات والكسر، كما تحميها من المعاملات الحرارية المختلفة كالبسترة والتعقيم عند تعبئتها باللبن أو بعض منتجاته التي يجرى عليها هذه المعاملات كما تحميها من التبريد الفجائي الذي يتبع هذه المعاملات الحرارية.

ومن الخواص الطبيعية (المواصفات) للزجاج المستخدمة في تعبئة اللبن ومنتجاته:

الوزن النوعي Specific gravity = $2,47 - 2,49$ جم / مل.

الحرارة النوعية Specific heat = $0,28$ كالورى / جم.

التوصيل الحرارى Thermal conductivity = 2×10^{-3} كالورى / سم² / ث.

درجة الإنصهار Melting point = 500 م°.

إعتبارات هامة عند تصميم العبوات الزجاجية للبن ومنتجاته Design consideration

١- يعتبر الشكل البيضاوى أقوى الأشكال يليه الإسطوانى ولكن الشكل المستطيل أفقر الأشكال هندسياً، وعموماً يفضل تجنب الشكل الكروى للعبوات ذات القاع الصغير لصعوبة نقل العبوة على السيور المتحركة.

٢- أن يكون التصميم مناسباً لنوع الناتج اللبنى فمثلاً فى تعبئة الزبادى أو الأيس كريم يجب أن يكون العنق متسع بقدر الإمكان.

٣- يفضل أن تكون النهاية الخاصة بالعبوة (mouth) محتوية على حلقات أو تشكيلات أخرى لإحكام تثبيت الغطاء.

٤- فى حالة الأغذية التى لاتعامل بالحرارة يجب مراعاة جودة هذه الأغذية ونظافتها، مع الإهتمام بغسيل هذه الزجاجات وعم إستخدامها لمرات متعددة.

٥- فى حالة الأغذية التى تعامل بالحرارة:

أ- إذا كانت المعاملة الحرارية لأقل من الغليان (212 ف°) يجب مراعاة عدم تلوث الغذاء من الأعطية المستخدمة.

ب- إذا كانت المعاملة الحرارية أعلى من الغليان (212 ف°) يجب الإهتمام بمراقبة المعاملة الحرارية.

ثانياً : الأوعية المعدنية:

- الشروط الواجب توافرها فى الأوعية المعدنية
- غير منفذة للرطوبة أو الضوء أو الغازات ومقاومة للتآكل.
- سهولة الفتح والقفل والتعبئة ورخيصة الثمن.

أنواع العبوات المعدنية :

١- العلب الصفائح Tin platecans

يعرف الصفائح بأنه رقائق من الصلب (٩٨٪ صلب جيد يعرف بصلب بسمر Bessemer steel منخفض فى محتواه من الكربون) يتم تغطيتها بطبقة رقيقة من القصدير لاتمثل أكثر من ٠,٢٥٪ من وزن العبوة، ويشترط فى القصدير المستخدم أن يكون نقياً خالياً من الشوائب الضارة بالصحة ولايحتوى أكثر من ١٪ رصاص، ٠,٠٣٪ أكسيد زرنينخ.

وتتميز العلب المصنوعة من الصفائح بصلابتها وخفة وزنها ورخص ثمنها وحسن مظهرها وسهولة تصنيعها وتشكيلها لأحجام مختلفة.

ويعاب على العبوات المصنوعة من الصفائح ظاهرة التآكل Corrosion بفعل مكونات الغذاء خاصة المواد الحمضية.

ويؤدى هذا التآكل إلى تلوث محتويات العلبه. ورغم أن القصدير المبطن للصفائح ليس مقاوماً تماماً تماماً للتآكل إلا أن سرعة تفاعله مع المادة الغذائية أقل بكثير من التفاعل الناشئ من الصلب نفسه. وتتوقف درجة مقاومة القصدير للتآكل على عوامل منها: حموضة الغذاء وسمك طبقة القصدير ووجود الأكسجين ووجود طبقة عازلة بين الغذاء وقصدير العبوة مثل الورنيش EnamI coating. ويجب أن يتوافر فى هذه المادة الورنيشية أن تكون غير سامة، خالية من المعادن الثقيلة وأن تكون فى صورة فيلم متجانس على الصفائح وأن تتحمل المعاملات الحرارية التى قد تتعرض لها هذه العلب.

وينشأ عن ظاهرة تآكل القصدير حدوث تغير لون المادة الغذائية وإنتفاخ العلبه (إنتفاخ هيدروجينى Hydrogen swell) نتيجة تكون H_2 الناشئ عن تعرض

الصلب بعد إختفاء طبقة القصدير لأحماض الغذاء. ومن العوامل التي تسرع من تآكل المعدن (الصلب) وجود O_2 ، وإحتواء المعدن على آثار من السيليكون، النيكل، الكروميوم والنحاس كما تسرع حموضة المادة الغذائية من تآكل المعدن.

٢- الصلب غير القابل للصدأ Stainless steel

وهو نوع من الصلب يحتوى نسبة عالية من النيكل والكروم وكمية بسيطة من النحاس، ويستخدم فى صناعة أقساط اللبن وخطوط الأنابيب الناقلة للبن فى المصانع.

ويتميز بمقاومته لظاهرة التآكل بفعل الأحماض والقلويات، وسهولة تنظيفه وتداوله وطول عمر إستخدامه ولكن يعاب عليه إرتفاع سعره مقارنة بالمعادن الأخرى.

٣- العبوات المصنوعة من الألمونيوم Aluminum cans

ومن مميزات هذه العبوات سهولة تشكيلها وعدم تأثرها بالمواد الغذائية المعبأة فهى مقاومة للتآكل نظراً لتكوين طبقة من أكسيد الألمونيوم على سطحها ومادة أكسيد الألمونيوم مادة خاملة كيميائياً يمكنها إعادة تكوين نفسها إذا تحطمت طالما كان الأكسجين موجوداً إذ يمكنه إعادة طبقة الأكسيد ثانية.

ولكن يعاب على هذه العبوات صعوبة قفلها باللحام وصعوبة فتحها بفتاحة علب الصفيح كما أنها تزيل لون بعض المواد الغذائية، وعمر إستخدامها أقل من الصفيح عند تعبئتها بالمنتجات السائلة.

ويوجد فى السوق الآن عبوات ألمونيوم نصف صلبة Semi - rigid aluminum وهى تصنع من رقائق الألمونيوم المسطحة، وتعتمد فى صلابتها على سمكها وسبكها مع معدن آخر. وتتميز هذه العبوات النصف صلبة بتعدد أشكالها كما يمكن أن يلحم عليها من السطح أغشية رقيقة شفافة تعمل كغطاء يظهر الغذاء، ويمكن أن تستخدم فى بيع وتداول منتجات الألبان الدهنية كالزبد وكذا المرجرين الطرى. وتتميز هذه العبوات بتحملها لمدى واسع من الحرارة لذا يمكن إستخدامها فى طبخ وتجميد الغذاء.

الآثار الضارة من تلوث اللبن ومنتجاته من العبوات المعدنية (مخاطر التلوث)

نظراً لأن المعادن الداخلة فى تكوين العبوات المعدنية المستخدمة فى تعبئة وتغليف اللبن ومنتجاته كلها من المعادن الثقيلة ومنها الألومنيوم والقصدير المستعمل فى تبطين الصفيح، ونظراً لإحتمال تفاعل هذه العناصر الثقيلة الموجودة بالعبوة مع تلك المنتجات وإنتقال آثار منها إلى المنتج اللبنى مما قد يؤثر على خواصه الحسية كالتعم واللون. ليس هذا فحسب بل أن تناول هذه المنتجات بما فيها من آثار من تلك المعادن قد يسبب بعض الأضرار الصحية خاصة إذا كان لها خاصية التراكم فى بعض أعضاء الجسم. فمثلاً زيادة التلوث بالقصدير (من العلب الصفيح) قد يودى لإصابة الكبد إذ يقوم الكبد والكلى والعظام بإمتصاصه، كما يودى لضعف النمو والأنيميا إذ يعوق من إمتصاص الحديد وتكوين الهيموجلوبين. كذلك الحال عند التلوث بالألمونيوم فإن الألمونيوم الممتص يخزن أيضاً فى الكبد والكلى والطحال وأنسجة القلب والعظام ويودى إرتفاع معدله إلى فقد مؤقت للذاكرة وبعض أمراض المخ مثل مرض الزهايمر Alzheimer's disease (إرجع إلى تلوث اللبن ومنتجاته بالمعادن الثقيلة).

ثالثاً: العبوات البلاستيك

البلاستيك عبارة عن تركيبية مخلقة Man made مكونة من عدد كبير من جزيئات Vinyl based البسيطة (Monomer). وتعتمد صناعة البلاستيك على عملية البلمرة لهذه الوحدات، وذلك بإستخدام الضغط والحرارة العاليتين والتي تؤدى لفتح الرابطة المزدوجة للمونومر فنيل Vinyl monomer ويصبح الجزئ الـ monomer نشط وبذا يمكن لهذه الجزيئات الفردية monomers تحت ظروف معينة أن ترتبط ببعضها وتكون سلسلة طويلة من الجزيئات، وتحدث هذه البلمرة (التجمع أو الإرتباط) بطريقتين من طرق التفاعل هما:

أ- الإضافة Addition وفيها يتم تفاعل وإرتباط الوحدات الأساسية بدون ناتج ثانوى.

ب- التكتيف Condensation: وفيها يتم تفاعل وإرتباط الوحدات الأساسية مع إنفصال جزئ كنواتج ثانوى مثل CO_2 , H_2O .

رغم أن المواد البلاستيكية من مجموعة البتروكيماويات وهي مواد ملوثة للبيئة إلا أنه لا يمكن الإستغناء عنها لمابلى:

١- قلة مخلفاتها مقارنة بمخلفات مواد التعبئة والتغليف الأخرى (¼ الوزن).

٢- قلة التكلفة (½ التكلفة).

٣- قلة تكلفة الطاقة المستخدمة في تصنيعها (½ التكلفة)، وكذا قلة الطاقة المستخدمة في نقلها، فحمولة سيارة من مياه معبأة في عبوات زجاجية تكون ٥٧٪ مياه، ٤٣٪ زجاج، بينما في حالة عبوات البلاستيك فهي ٩٣٪ مياه، ٧٪ عبوات. وهذا يؤدي في نفس الوقت إلى وفرة الوقود المستخدم في النقل وإنخفاض عوادم حرقه.

أنواع البلاستيكات:

يوجد أكثر من ثلاثين ألف (٣٠٠٠٠٠) نوع من البلاستيك، ويعود هذا العدد الكبير إلى إمكانية دمج بعض السلاسل الفردية للبلاستيك مع سلسلة بلاستيك أخرى للحصول على صفات تجمع ما بين الصفات المرغوبة في كلا النوعين، ويطلق على هذا الإندماج علمياً لفظ Copolymers. وعموماً يمكن تقسيم أنواع البلاستيك إلى مجموعتين أساسيتين.

المجموعة الأولى: البلاستيك الحرارى اللون Thermoplastics

ونحصل عليها باللمرة بطريقة الإضافة، وهذه البلاستيكات ذو السلاسل الطويلة وهو يمثل ⅓ البلاستيك فى العالم. ويكون عدد وحدات السلسلة عدة مئات. وعادة تصنع منه العبوات البلاستيكية للأغذية والتي تشمل: البولى إيثيلين متعدد الكثافة Poly ethylene (PE)، البولى بروبيلين Poly propline (PP)، البولى فنيل كلوريد Poly vinyl chloride (PVC)، بولى ستيرين Poly sterine (PS)، أكريلونتريل بيوتادين ستيرين (ABS). وإستيرين أكريلونيتريل (SAN). ومن أكثر بلاستيكات هذه المجموعة شيوعاً واستخداماً:

- البولى إيثيلين (PE) والبولى بروبيلين (PP) والبولى ستيرين (PS)، البولى فنيل كلوريد (PVC).

- وهذه البلاستيكات تعتمد على الرابطة المزدوجة للإيثيلين، وتتميز بسهولة تصنيعها وطرأوتها النسبية وصفاتها الميكانيكية الضعيفة، ولها صفات عزل جيدة ضد الكهرباء وأيضاً ضد الرطوبة، ولكنها تقريباً خاملة كيميائياً. ولذا تستخدم فى الصناعات الكيماوية والطبية، ولا يمكن إستخدامها فى أدوات غليان المياه ولكن ثباتها يكون عالياً على درجات الحرارة المنخفضة، كما يسهل لحامها حرارياً ولهذا لها إستخدامات كثيرة كأغشية فى التعبئة واللف (Packing wrap).

المجموعة الثانية: البلاستيك الحرارى الصلب أو الصلد Thermosetting

ونحصل عليه عادة بالبلمرة بطريقة التكثيف، ويتميز هذا النوع من البلاستيك بأن جزيئاته قصيرة ومجمعة bulking، إذ يكون عدد وحدات السلسلة فى المتوسط ١٠ - ٢٠ وحدة أحادية monomer ومن أمثلتها.

البولى إيثيلين (PE) Poly ethylene

هو عديد الإيثيلين أو البوليمر إيثيلين، ويحضر من الإيثيلين ($CH_2 = CH_2$) بالضغط والحرارة العاليتين ويحضر بطريقتين:

الأولى: لإنتاج بولى إيثيلين مرتفع الكثافة (منخفض الضغط)

يحضر بحرارة ٦٠ - ١٦٠ م° تحت ضغط ٤٠ ض جـ فى وجود عامل مساعد (معدن قلوئى)

خواص بولى إيثيلين عالى الكثافة:

- عبوته أكثر صلابة.
- له خاصية حجز جيدة للرطوبة والشحوم.
- يتميز بالمتانة وخفة الوزن.
- يمكن تعقيمه بالبخار إذ أن نقطة تليين الفيلم أعلى من درجة غليان الماء.

يمكن إستخدامه فى إنتاج الزجاجات البلاستيكية والمستخدمة فى تعبئة المياه النقية، الخل، عصير الفاكهة المركزة، اللبن الطازج والمعقم. وفى هذه الحالة ينصح بتصنيع العبوات فى مصانع الألبان لضمان مواصفات الصحة العامة.

الثانية: لإنتاج بولى إيثيلين منخفض الكثافة (مرتفع الضغط)

يحضر بتعريض الإيثيلين لحرارة ١٥٠ - ٢٠٠ م° وتحت ضغط ٢٠٠ ض جـ فى وجود آثار من غاز O₂. فتتكون أغشية منخفضة الكثافة.

خواص بولى إيثيلين منخفض الكثافة:

- منخفض التكاليف.
- متوسط الشفافية.
- مانع جيد لمرور الرطوبة والأكسجين.
- له مقاومة شد معتدلة.
- منخفض فى تبلوره.
- عبوته أكثر ليونة.
- حامل كيمياوياً.
- متين فى درجات الحرارة المنخفضة لذا يستخدم فى تغليف الغذاء المجمد وتغليف الفواكه والخضروات والمحاصيل وذلك لخصائص حجز الماء والرطوبة وقلة تكلفته.
- ولكن نظراً لأنه لايعتبر حاجزاً جيداً للغازات لذا فنفاذيته غير كافية لإنتقال CO₂ و O₂ لذا تعمل بعض الثقوب الصغيرة فى الفيلم وهذه الثقوب كافية لمنع تراكم CO₂ كما تمنع تكثف الرطوبة على الفيلم من الداخل والتي قد تكون وسطاً ملائماً لنمو الكائنات الدقيقة والتعفن.
- نقطة تليين الفيلم أقل من غليان الماء لذا لايسهل تعقيمه بالبخار.

ملحوظة:

البولى إيثيلين سواء منخفض الكثافة أو عالى الكثافة غير مناسب فى التعبئة العالية الحرارة كما فى صلصة الصويا التى تعبأ وتقل على حرارة ١٩٠ ف°. وعموماً فمستحضرات PE تعتبر أكثر البوليمرات إستخداماً - رخيص - شمعى الملمس - يمكن تحضيره بكتافات مختلفة وبزيادة الكثافة تزداد الصلابة والقوة وزيادة إنتقال الغازات ودرجة التليين (التشويه distortion point). تؤدى الجازولين والزيوت لتشققه - خشن فى الحرارة المنخفضة - مقاوم ممتاز للكيمياويات - منفذ جيد للهواء

والغازات وقليل النفاذية لبخار الماء - عازل كهربائى جيد - يسهل تلويينه - عديم الطعم والرائحة - ينكمش بالحرارة - يسهل ثنيه بسهولة حتى - ١٠٠ ف° .

البولى بروبيلين:

سهلة التصنيع، تتميز بالمرونة العالية وعدم تكسرها بالضغط - خشنة جداً - مقاومة للكيمائيات - تعتبر مادة أساسية لإنتاج العديد من أنواع البلاستيك الأخرى اللدن بالحرارة - مانعة للماء - سهلة التشكيل - تستعمل كأغلفة للعديد من مواد العبوات الأخرى كالورق مثلاً - تقبل للحام الحرارى بسهولة - خاملة مع منتجات اللبان المختلفة - ثابتة مع الإضافات الغذائية الآمنة.

التخلص من فوارغ عبوات التعبئة والتغليف ومخاطرها على البيئة (مشاكل فوارغ عبوات الغذاء)

يستهلك العالم من مواد التعبئة والتغليف حسب إحصائية المعهد الفرنسى للتعبئة والتفريغ عام ٢٠٠٠ حوالى:

٢٥٠ مليون طن: ورق كرتون (١٢٠ مليون طن) - زجاج (٤٠ مليون طن) - بلاستيك (٥٠ مليون طن) - معادن صفيح والمونيوم (٢٠ مليون طن) - خشب (٢٢ مليون طن).

وتعتبر عملية التخلص من هذه العبوات الفارغة من أهم مشكلات العصر، فرغم تعدد الحلول المقترحة لذلك فهذه الحلول إيجابياتها وسلبياتها وتكلفتها العالية خاصة مع الكميات الهائلة من هذه الفوارغ والتي تتمثل فى تكلفة جمعها وفرزها إذا ما أريد أن تتم بصورة سليمة.

وبذا نرى أنه بجانب المواد التعبئة والتغليف من بعض المشاكل الصحية والحسية على ماتحويه من غذاء فلفوارغ مشاكل أخرى فى عملية التخلص منها.

ونشير فيما يلى لبعض وسائل التخلص من العبوات الفارغة والتي منها:

١- إعادة إستخدام العبوات الفارغة (إعادة تدويرها) Recycling.

أ- إعادة إسترجاع الزجاج Bottle recycling.

وتتميز هذه العملية بالتخلص من الزجاج الكسر، وخفض التكلفة نتيجة إستخدام الخامات الأولية مرة أخرى كذلك خفض إستهلاك الطاقة فكيلو الزجاج الكسر

يحتاج ٤٤٨ كيلو سعر بينما كيلو خلطة الزجاج المستخدم لأول مرة حوالى ٥٦٠ كيلو سعر. ولكن قد يواجه إعادة إسترجاع الزجاج صعوبات منها صعوبة تجميع الزجاج الكسر وصعوبة فصل كل لون على حدة مع وجود شوائب بالزجاج الكسر خاصة المواد المعدنية مما يؤثر على إستخدامه ليس هذا فحسب بل أن التركيب الكيماوى للزجاج قد يختلف عن التركيب الكيماوى للزجاج المستخدم لنفس الغرض.

ب- إعادة إسترجاع البلاستيك Plastic recycling

يصعب إسترجاعه (فهو من أكثر الفوارغ تلوثاً للبيئة) وذلك لتعاضد كمية مخلفاته وإختلاف أنواعها التى يصعب فصلها عن بعضها أو تشغيلها مجتمعة مع بعضها إذ أنه فى الحالة الأخيرة تعطى منتجات ضعيفة فى خواصها الميكانيكية محدودة الإستخدام.

ج- إعادة إسترجاع العبوات الورقية: Carton recycling

يصعب إسترجاعها إذ أن إسترجاعها يحتاج لطاقة أكثر من اللازمة لتصنيع نفس كمية الورق من جديد فتحتاج لحوالى ٢٠٠ كجم بترول لتصنيع طن واحد من الورق عن طريق إعادة الإستخدام، بينما تحتاج ١/٣ كمية هذا البترول لتصنيع طن واحد من الورق الجديد.

٢- الحرق من أجل إعادة إستخدام الطاقة Incineration

رغم أن حرق فوارغ العبوات الورقية والخشبية تعطى طاقة حرارية (١٢٠٠ - ٢٢٠٠ كيلو سعر / كجم مخلفات ورقية) يمكن الإستفادة منها فى توليد الكهرباء وإستعمالات أخرى كإمداد الوحدات السكنية والأماكن العامة بالماء الساخن. إلا أن حرق هذه العبوات يؤدى إلى تلوث البيئة بما ينتج عنه من رماد وغازات وعدم وجود وسيلة مضمونة للتخلص من الرماد فهو يحتوى على كثير من المواد السامة التى تتسرب إلى التربة والمياه الجوفية عند دفن هذا الرماد فيها، أما الغازات والكيماويات الناتجة عن حرق مواد التعبئة والتغليف فمنها غازات غير عضوية مثل الأكاسيد الكبريتية، النيتروجينية والأمونيا ومن الغازات العضوية أكاسيد الكربون والهيدروكربونات والألدهيدات كما ثبت تصاعد أبخرة غاز الفوسجين وحمض Hcl نتيجة لحرق PVC وبجانب الغازات العضوية وغير العضوية

حبيبات غير عضوية تتمثل فى أكاسيد معدنية مثل الألمونيوم والسيليكون والبوتاسيوم والكالسيوم والحديد والصدوديوم والماغنسيوم.

٣- التمثيل البيولوجى والضوئى Bio ñ and photo ñ degradation

وقد يكون لدفن عبوات الورق الفارغة وبعض أنواع البلاستيك فى التربة دور فى تحللها إلا أن هذا التحلل يحتاج لفترات طويلة دليل ذلك اوراق البردى التى دفنها الفراعة فى الرمال يمكننا قراءتها اليوم إلا أن:

أ- أن هناك بعض المواد البلاستيكية يمكن لأشعة الشمس البنفسجية أن تحللها، ويمكن إضافة بعض المواد القابلة للتحلل بالضوء Dedgrading photo additives لإنتاج عبوات تتحلل ضوئياً.

ب- وجد أن إضافة نسبة من نشا الذرة إلى بعض أنواع البلاستيك ساعد فى إستنباط عبوات تتحلل بفعل الكائنات الدقيقة فى الجو Bio ñ degradation plastics.

ج- إستخدام عبوات قابلة للذوبان فى الماء كتلك التى تصنع من خامات أكسيد البولى إيثيل Poly ethyl oxide والبولى فنيل الكحول Poly phenyl alcohol وتستخدم كعبوات صغيرة (أكياس) لتعبئة مساحيق الصابون. ويوضح الجدول (٦٨) تأثير تواجد مواد التعبئة والتغليف على عمليات المعالجة والتخلص من المخلفات.

جدول (٦٨) مقارنة بين طرق معالجة مخلفات مواد التعبئة والتغليف

المادة				المعالجة
المعدن	الزجاج	البلاستيك	الورق	
تستخدم المعادن المسترجعة فى عمليات التصنيع بعد المعالجة	يستخدم الزجاج المسترجع كبديل جزئى للمواد الخام فى عمليات تصنيع الزجاج	لا بد من فرز كل نوع على حدة لإعادة الإستخدام كنسبة من المواد الخام الأصلية بعد التقطيع والغسيل	يسهل إسترجاع الورق أليا أو يدويا من المخلفات ويلزم إجراء بعض المعالجات قبل عملية الإسترجاع	الإسترجاع
لا تشتعل المعادن ولكنها تشغل حيزا كبيرا فى الموقع	يتسبب تركيز أشعة الشمس من خلال قطع الزجاج فى إشعال الحرائق بالمخلفات	يتسبب إحتراق البلاستيك فى تصاعد الغازات الملوثة للبيئة	ينتج عن الإحتراق غير الكامل تصاعد الأدخنة مما يسهم فى رفع درجة التلوث	المقلب المكشوف

المعالجة	المادة		
	المعدن	الزجاج	البلاستيك
		المكشوفة مما يزيد من التأثيرات البيئية السيئة	
الردم الصحي	تؤدي بعض التفاعلات الكيميائية مع المعادن إلى زيادة نسبة المواد الملوثة في السوائل الناتجة بالمقابل العمومية	لا تحدث تغييرات للزجاج عند الردم الصحي	لا تحدث تقريباً عملية تخمر لمعظم مواد البلاستيك إنما تبقى دون تغيير
الردم الصحي	تحدث عمليات تخمر لاهوائى للورق، ويسهم فى توليد الغاز الحيوى الذى يستخدم كمصدر للطاقة وقد تسهم بعض مكونات الورق والأحبار فى زيادة الملوثات بالسوائل الناتجة بالمقابل العمومية	لا تحدث عمليات تخمر هوائى للبلاستيك الأمر الذى يتطلب فصلها قبل التخمر	يمكن أن يتعرض الورق لعمليات التخمر الهوائى (الكمز) مما يسهم فى زيادة كمية السماد الناتج من المخلفات العضوية
الكمز إنتاج سماد عضوى	لا بد من فصل المعادن	لا بد من فصل الزجاج قبل عمليات التخمر وإستكمال الفصل بعد التخمر إذا ما تطلب الأمر ذلك	يمكن أن يتعرض الورق لعمليات التخمر الهوائى (الكمز) مما يسهم فى زيادة كمية السماد الناتج من المخلفات العضوية
الترميد / أو إسترجاع الطاقة	من المفضل أن يتم فصل المعادن مغناطيسياً قبل عملية الترميد	يبقى الزجاج فى الرماد المتخلف من الترميد الذى يتم التخلص منه بالدفن أو يستخدم بدرجة محدودة فى عمليات الرصف كمادة مالئة	تقدر القيمة الحرارية للبلاستيك بحوالى ٢٧ ميغا جول / كجم، ويتسبب احتراق البلاستيك فى تصاعد غازات ملوثة تحتاج إلى معالجة خاصة
الترميد / أو إسترجاع الطاقة	من المفضل أن يتم فصل المعادن مغناطيسياً قبل عملية الترميد	يبقى الزجاج فى الرماد المتخلف من الترميد الذى يتم التخلص منه بالدفن أو يستخدم بدرجة محدودة فى عمليات الرصف كمادة مالئة	تقدر القيمة الحرارية للورق (بنسبة رطوبة ٢٥٪) بحوالى ١٣ ميغا جول لكل كجم، وقد يسهم عدم إكتمال الحرق فى زيادة نسبة الجزيئات المتصاعدة ويلزم لذلك معالجتها قبل إنطلاقها للحد من التلوث البيئى

الفصل الثامن عشر

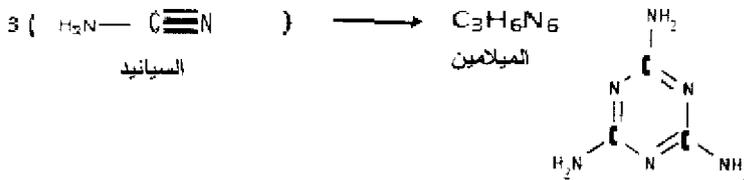
التلوث بالميلامين وبعض مشتقاته

مقدمة:

في سبتمبر سنة ٢٠٠٨ ظهرت ضجة تشير لحالات غش تقوم بها شركات الألبان الصينية وبعض الشركات العالمية الأخرى. حيث تضيف مادة الميلامين (وهي مادة كيميائية صناعية محظورة الإستخدام في الأطعمة) إلى مساحيق الألبان، لجنى أرباح طائلة على حساب صحة وأرواح المستهلكين خاصة الأطفال الذين يتعاطون كميات كبيرة من هذه الألبان فهم أكثر عرضة للضرر. هذا ما دفعني إلى إلقاء الضوء على مادة الميلامين كملوث غذائي.

تركيب الميلامين:

الميلامين مادة عضوية تتكون من ٣ أجزاء من السيانيد trimer cyanamide وكلمة ميلامين كلمة ألمانية تتكون من مقطعين: الأول Melam وهي أحد مشتقات تقطير ثيوسيانات الأمونيوم والمقطع الثاني هي Amine وللميلامين عدة أسماء كيميائية منها 2,4,6 triamine, 1, 3, 5 triazine, Cyanuro triamide, Cyanuro triamine, Cyanuramide



التركيب البنائي للميلامين

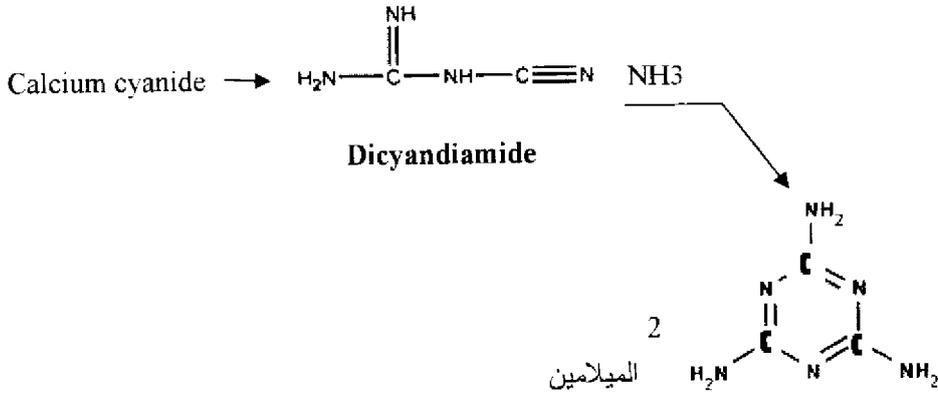
كما يطلق لفظ الميلامين ليشير إلى بلاستيك راتنج الميلامين Plastic melamine
resine

ومن خواصه:

الذوبان في الماء	درجة الغليان	درجة الإصهار	الكثافة	المظهر	الكتلة الجزيئية	التركيب الجزيئي
٣,١ جم / لتر على ٢٠ م°	يتسامى	٣٥٠ م°	١,٥٧٤ جم / سم ^٣	مادة صلبة بيضاء	١٢٦,١٢ جم/مول	C ₃ H ₆ N ₆

تحضيره:

حضر لأول مرة عام ١٨٣٤ بتحويل سيانيد الكالسيوم إلى مركب ثنائي السيانيد ثنائي الأميد Dicyandiamide وتسخين ثنائي السيانيد ثنائي الميد في أمونيا سائلة تحت ضغط على حرارة ٢٠٠ - ٣٠٠ م°.

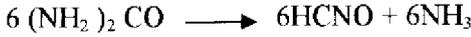


ويحضر حالياً في معظم المصانع من اليوريا

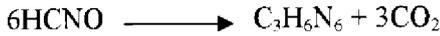


ويحدث التفاعل على خطوتين:

الأولى: تحلل اليوريا إلى حمض السيانيك Cyanic acid وأمونيا



والثانية: يحدث بلمرة لحمض السيانيك حيث يتحول إلى الميلامين وتكوين ثاني أكسيد الكربون

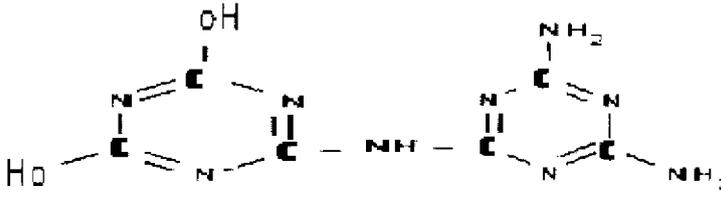


وينتج عن تبلور الميلامين وغسله كميات ملموسة من مياه الغسيل الملوثة بالميلامين والتي تلوث البيئة إذا صرفت إليها مباشرة، لذا يستحسن تركيز هذه المياه وذلك لسهولة التخلص منها ويلاحظ أن كل ١٠٠ لتر من مياه الغسيل تعطي ١,٥ - ٥ كجم من المادة الصلبة وهذه تحتوى حوالى ٧٠٪ ميلامين، ٢٣٪ Oxytriazines ومواد أخرى. والأمونيا الناتجة تدخل أساساً في تحضير اليوريا.

الإنتاج:

تعتبر الصين هي المصدر للميلامين، وقد زاد إنتاجه فيها بعد إقامتها مصانع جديدة لإنتاج الأمونيا واليوريا من الفحم المغوز (المحول إلى غاز) Coal gasification وذلك ما بين ١٩٩٠ وبداية ٢٠٠٠ وقد زاد إنتاجها من الميلامين زيادة توصف بالخطيرة Serious surplus عام ٢٠٠٦. وزاد استهلاكه واستخداماته المنزلية عام بعد عام بمعدل ١٠٪ سنوياً. ويعتبر مركب Melamine cyanurate من أهم صور الميلامين التي تنتجها الصين والملوث البروتينى المصدر Chinese protein export contamination حيث شاع استخدامه كأحد المواد الخام فى أغذية الأطفال حيث يضاف إلى هذه الأغذية (غش) بقصد رفع محتواها من البروتين إذ يظهر الأغذية المغشوشة به بأنها أعلا فى محتواها البروتينى والمقدر ببعض الإختبارات السريعة فى صورة نيتروجين كلى.

ومركب Melamine cyanurate يتكون بإرتباط حمض السيانوريك Cyanuric acid مع الميلامين



Cyanuric acid

Melamine

Melamine cyanurate

إستخدامات الميلامين :

صناعة راتنج الميلامين Melamine resin

١- ويتميز راتنج الميلامين بأنه متين مقاوم للحرارة. لذا يستخدم في صناعة الفيش Countertops والصبوغ ومقاومات اللهب والحرائق Flame or fire retardants إذ ينطلق منه غاز النيتروجين عند الحرق ويحضر الراتنج بتفاعل الميلامين مع الفورمالدهيد.

٢- صناعة Melamine polysulfonate الذى يدخل في صناعة أسمنت مقاوم High resistance cement يتشرب الماء، ويزيد من سيولة الأسمنت وعمله أثناء خلطه وتناوله. كما يعطى أسمنت قليل المسامية ذا قوة تحمل عالية مقاوماً للظروف البيئية القاسية لمدة طويلة Longe life time.

٣- صناعة بعض المبيدات فقد وجد أن مشتقات الميلامين مع الزرنيخ يعتبر مبيداً قوياً لبعض الطفيليات مثل داء المتقبات Typonosomiasis.

٤- صناعة صبغة Pigment yellow 150 وهى مادة ملونة تستخدم فى الأحبار inks والبلاستيكات. ويعتبر الميلامين أحد المكونات الرئيسية لهذه الصبغة.

٥- صناعة بعض الأدوات المنزلية Melawares المصنوعة من الميلامين وعبوات الأغذية، وتزيين المنازل. وتعتبر أطباق الميلامين من أخطر أنواع البلاستيك حيث أنها تتفاعل مع الأحماض والمواد الغذائية الساخنة. ونلاحظ تغيراً فى لون الأطباق مع القدم، وهذا يدل على تفاعل جزيئات ميلامين هذه الأطباق مع المادة الغذائية، مما يتسبب عنه العديد من الأمراض التى قد لاتظهر أعراضها إلا بعد سنوات.

٦- استخدامه كسماد: حاول البعض في خمسينات القرن الماضي وستيناته استخدام الميلايين كسماد، نظراً لإرتفاع محتواه من النيتروجين (٦٦٪)، ولكن وجد أن تحلله في التربة بطيء جداً مما يستحيل معه استخدامه كسماد.

٧- استخدامه في تغذية الحيوانات: بإعتباره كمادة أزوئية غير بروتينية. وقد أثبتت الدراسات أنه غير مقبول كمصدر غير بروتيني للمجترات، نظراً لبطء وعدم إكتمال تحلله في الكرش إذا ما قورن ذلك بمصادر نيتروجينية أخرى مثل اليوريا وكسب بذرة القطن.

٨- استخدامه في المنتجات الغذائية: قد يضيفه البعض. وهو أمر غير شرعي Illegal في بعض المنتجات الغذائية كنوع من الغش لزيادة محتواها الظاهري من البروتين. مصادر في الغذاء:

قد يضاف عمداً (نوع من الغش) في علائق الحيوانات المدللة Pet والأسماك وحيوانات المزرعة، ومسحوق الألبان وفي إنتاج منتجات للإستهلاك الأدمى ليظهر هذه المنتجات بمحتوى عالٍ من البروتين ومما يشجع ذلك لونه الأبيض وعدم وجود رائحة له، وصعوبة الكشف عنه. فقد ذكرت منظمة الغذاء والأدوية FDA ٢٠٠٨ وجود حبيبات بيضاء من مادة الميلايين في علائق الحيوانات الأليفة وذلك مع حبيبات جلوتين القمح المستورد من الصين وفي طعام السمك وحيوانات المزرعة.

كما قد يوجد الميلايين عرضاً كنتاج تمثيلي في جسم الحيوانات ومنتجاتها عند إعطائها عليقة ملوثة بمركب (مبيد) Cyromazine. كما قد يتحول هذا المبيد في النبات إلى مادة الميلايين.

وفي أكتوبر ٢٠٠٨ أشير إلى وجود ببيض ملوث بمادة الميلايين، وتصل نسبة الميلايين فيه إلى ضعف المعدل المسموح به. وعزى ذلك إلى تلوث العلف المعطى لهذه الطيور بهذه المادة.

ونظراً لأن راتنجات الميلايين تدخل في مواد التغليف والتعبئة وأدوات المائدة فإن جزء / مليون قد وجد في بعض الأغذية والمشروبات المعبأة في هذه العبوات نتيجة هجرة الميلايين من العبوات المحتوية على الغذاء.

سمية الميلامين:

الميلامين ومشتقاته مواد ضارة بالإنسان. وتختلف درجة السمية LD₅₀ تبعاً لنوعية المشتقات وطريقة إعطائها سواء عن طريق المعدة أو الإستنشاق كما يظهر من الجدول (٦٩).

جدول (٦٩) LD₅₀ للفئران من مشتقات الميلامين (جم / كجم):

الميلامين ومشتقاته			طريقة التعاطي
ميانورات الميلامين Melamine cyanurate	حمض السيانوريك Cyanuric acid	الميلامين Melamine	
٤,١	٦	٧,٧	داخل المعدة
٣,٥	٣,٤	٤,٣	الإستنشاق

ويتضح من ذلك ان الميلامين نفسة أقل ضرراً من مشتقاته إلا أن هذه المركبات ضارة عند إبتلاعها أو إستنشاقها أو إمتصاصها خلال الجلد فتسبب:

أ- سمية حادة Acute: عند إستنشاقها تتمثل في تهيج الجلد والعين والجهاز التنفسي، تقدر الجرعة Dermal D₅₀ (الجرعة التي تسبب تهيج جلد ٥٠٪ من الحيوانات في الأرانب كانت أكثر من جم / كجم).

ب- سمية مزمنة Chronic: تتمثل في السرطان وعدم القدرة علي الإنجاب reproductive وفشل كلوي. فعند إمتصاص الميلامين وحمض السيانوريك في مجري الدم فإنها تتركز وتتفاعل في الانابيب البولية الدقيقة renal microtubules مكونة مادة سيانورات الميلامين Melamine cyanurate التي تتبلور وتكون عدداً كبيراً من بللورات مستديرة صفراء (حصوات Stones) تسد وتتلف الخلايا البولية renal cells التي تبطن الأنابيب البولية مسببة أضراراً للكلية malfunction فهذه البللورات لا تذوب بسهولة وتطرد ببطء وقد لا تخرج مما يسبب تسمماً مزمناً قد يؤدي لسرطان المثانة. وفي السمية المزمنة يشعر المصاب بالآلام وصعوبة في التبول، وإنتفاخ في الكلى، وإخيراً فشل الكلى مما قد يتطلب عملية الغسيل dialysis وإلا أدى ذلك الفشل الي الموت. وفي عملية الغسيل هذه dialysis أو blood washing يتم ترشيح دم المصاب بجهاز خاص وإعادة الدم الي الجسم

وتستغرق هذه العملية حوالي (٤) ساعات وتكرر كل ٣ أيام طول حياة المريض وتتطلب هذه العملية إدخال قسطرة في ذراع المريض Sub dialysis catheter.

التشريعات الخاصة بالميلامين ومشتقاته:

رغم أن الجرعة المسببة لتهيج الجلد والجهاز التنفسي في حيوانات التجارب هي ١ جم / كجم وأن LD₅₀ لهذة الحيوانات من الميلامين هي ٣ جم / كجم. ورغم ارتفاع هذه الجرعات فإن ذلك لا يعطي مبرراً لتلوث الأغذية به. وإختلفت الدول والهيئات بالحدود المسموح بها من هذه المواد في الغذاء. فبعض الدول تحرم وجود أي آثار O.tolerance من هذه المواد في الغذاء وتري كثير من دول أوروبا إعدام المنتجات الغذائية التي تحتوي أكثر من ٢,٥ مجم / كجم غذاء وتبيح منظمة الاغذية والدواء ٢,٥ مجم / كجم غذاء كحد آمن للبالغين ويقل عن ذلك للأطفال. وتشرط هذه المنظمة أن يكون التلوث الحادث عرضياً وليس عمداً. أما خبراء التغذية فيرون أن هذه التشريعات قد تعطي إنطباعاً للمستهلك بالتغاضي عن التلوث بهذة المواد، لذا فهم يرون ضروره أن يكون الغذاء خالياً من أي آثار من الميلامين ومشتقاته.

الكشف عن الميلامين وحمض السيانوريك

حتى ٢٠٠٧ لم يكن الكشف عن الميلامين ومشتقاته في العلائق والأغذية عملية روتينية، وكان يكشف عنه فقط في البلاستيكات والمبيدات إعتقاداً بقلة سميته وزيادة تكلفه الكشف.