الفصل الخامس

تنظيف المنشآت الغذائية وتطهيرها

● التنظيف (مفهوم النظافة، مواد التنظيف، اختيار مادة التنظيف، الخطوات العامة للتنظيف) ● التطهير (التطهير بالحرارة العالية، التطهير بالأشعة، التطهير بالمواد الكيميائية، تعليمات عامة لنجاح عملية التطهير)

أولاً: التنظيف

يتسم النشاط في المنشآت الغذائية بصفة عامة بكونه مرتبطا بوجود بقايا أغذية تصلح لأن تكون مأوى جيدا للكائنات الحية الدقيقة والحشرات والقوارض، ولذلك فالتهاون في التخلص من هذه الفضلات قد يؤدي إلى عواقب وخيمة لا تُحمد عقباها. لهذا فإن أية منشأة غذائية ناجحة يجب أن تضع برنامجاً للنظافة يتمشى مع طبيعة النشاط داخل المنشأة.

مفهوم النظافة

قبل الحديث عن مفهوم النظافة يجدر بنا أن نتعرف على مدلول الأوساخ Dirts . تعرف الأوساخ ببساطة بأنها مواد توجد في المكان الخطأ سواء كانت هذه المواد غباراً على الأرض أو أي مادة غذائية انسكبت عليها، أو دهوناً على الأسطح، أو ترسبات معدنية داخل أنابيب تصنيع غذائي، أو بقايا أطعمة على الأطباق. وهذه الأوساخ غالباً ما تكون بيئة صالحة لنمو الميكروبات، مما يجعلها مصدراً للتلوث فيما لو أهملت. وعند تعريف النظافة نجد أن هناك نظافة طبيعية Physical وكيميائية وبكتريولوجية يجب أن تؤخذ جميعها بعين الاعتبار. فالنظافة الطبيعية تعني غياب أي آثار للنفايات والمواد الغريبة وأية لزوجة من على السطح، ويمكن رؤيتها أو

إدراك وجودها باللمس أو بالشم. والنظافة الكيميائية تعني غياب المواد الكيميائية غير المرغوبة مثل الرواسب المعدنية وبقايا مواد التنظيف والتطهير. أما النظافة الميكروبيولوجية فتعني غياب التلوث والنمو الميكروبي بدرجة مقبولة. وبناء على ما تقدم فإن الغرض من عمليةالتنظيف يجب أن يكون إزالة هذه الأوساخ، ويتم ذلك بطريقتين هما:

١- التنظيف الجاف؛ حيث يتم التنظيف بالهواء الجاف (دفعاً أو شفطاً) أو بأدوات النظافة اليدوية كالمكانس.

٢- التنظيف الرطب؛ ويتم التنظيف مع استخدام الماء.

ونظراً لأهمية الطريقة الثانية وما تحتاجه من شرح وتفصيل فإنها ستلقى مزيداً من الاهتمام في هذا الكتاب.

التنظيف الرطب Wet Cleaning

يقصد بهذه العملية إزالة الأوساخ بالماء وحده، أو مضافاً إليه مادة كيميائية تُسَهِّل التخلص من الأوساخ، وهي ماتعرف بمادة التنظيف Cleaning agent.

الماء كمادة تنظيف

يستخدم الماء في التنظيف لقدرته على إذابة بعض أنواع الأوساخ كالسكريات وبعض الأملاح، وعند ضغطه تعمل قوة اندفاعه أيضاً على تفتيت الأوساخ؛ ولذا يستخدم للشطف الأوّلي Prerensing، وحيث يعمل على تقليل الأوساخ مما يؤدي إلى زيادة فعالية مواد التنظيف، كما يؤدي رفع درجة حرارته إلى زيادة قدرته على التنظيف. يستخدم الماء أيضاً كوسط انتشار لمواد التنظيف الأخرى التي تكسبه القدرة على إذابة وإزالة الفضلات التي لاتذوب فيه عادة كالدهن والبروتينات وبعض الأملاح، ويفيد رفع درجة حرارته إلى ٤٥-٥٥م في زيادة فعل مواد التنظيف، وفي حالة الفضلات الدهنية يلزم رفعها إلى ٧٠ م، وهنا يجب الاحتراس حتى لاتتأثر المواد البروتينية (إن وجدت) حيث تتغير طبيعتها Denature فتترسب ابتداء من ٦٥ م.

مواد التنظيف Cleaning agents

تشمل مواد التنظيف الآتي:

١ - الصابون Soaps.

٢ - المنظفات Detergents.

٣ - الإنزيمات Enzymes.

الصـــابون Soaps

عبارة عن أملاح البوتاسيوم أو الصوديوم لحمض دهنى كالستياريك Stearic (ستيارات الصوديوم أو البوتاسيوم) ويكون الأول صلباً Soap bars أما الثانى فهو صابون سائل.

ويتصبن الدهن حسب المعادلة التالية:

دهن + صودا كاوية ← صابون + جلسرين

$$\begin{bmatrix} OOR_1 \\ OOR_2 \\ OOR_3 \end{bmatrix} + 3\ NaOH \longrightarrow \begin{matrix} R1\text{-}Na \\ R2\text{-}Na \\ R3\text{-}Na \end{matrix} + \begin{bmatrix} OH \\ OH \\ OH \end{bmatrix}$$

يتكـون جـزيء الـصابون مـن شـقين، أولهمـا عبـارة عـن سلـسلة هيدروكربونية غير قطبية Non polar (تعتبر ذائبة فى الزيوت والشحوم) تنتهى بمجموعة كربوكسيل سالبة الشحنة، بينما يعتبر الشق الآخر ذائبا فى الماء وهو كاتيون الصوديوم:

سلسلة هيدروكربونية ـــ $C(=O)O^-Na^+$

(جزيء الصـابون)

تستخدم أنواع الصابون في المنشآت الغذائية على نطاق ضيق للأسباب

الآتية:

١ - لاتذوب بسهولة في الماء البارد.

٢ - لاتعمل بصورة جيدة في الماء العَسِر، حيث يتفاعل الصابون مع أملاح العسر (فيحل الكالسيوم محل الصوديوم في جزيء الصابون) مكوناً راسباً (زَبَداً) من ملح الكالسيوم للحمض الدهني.

٣ - ليست ثابتة بل تتفكك إلى أحماض دهنية وقلوي وتفقد بالتالي فعاليتها.

٤ - لها قدرة محدودة على إزالة الأوساخ.

٥ - صعبة التشطيف Poor rinsability.

ولهذا كله حلت المنظفات الأخرى أو مايعرف ببدائل الصابون محله في عمليات التنظيف التي تتطلب مواد ذات كفاءة عالية في التنظيف في حين يقتصر استخدام الصابون على غسيل الأيدي Hand washing.

المنظفات Detergents

مع التطور الهائل في التصنيع الغذائي والخدمات الغذائية، المتزامن مع التطور الهائل أيضاً في الكيمياء الصناعية، فقد تم تصنيع مواد بديلة للصابون تناسب مختلف الأغراض. ولقد أدى ذلك إلى إدخال كم ضخم من مواد التنظيف وتحت أسماء تجارية مختلفة. وفيما يلي استعراض لمجاميع مواد التنظيف المستخدمة في المجال الغذائي:

١- المنظفات القلوية Alkaline detergents مثل الصودا الكاوية وكربونات الصوديوم.

٢ - المنظفات الحمضية Acid detergents بنوعيها؛ المعدنية والعضوية.

٣ - مواد مبلّلة Wetting agents، وهي مواد خافضة للتوتر السطحي Surfactants.

٤ - مواد تقلل من أثر العسر (محَسّنات للماء Water conditioners) وتعتبر المركبات الفوسفاتية من أهم المواد المستخدمة لهذا الغرض.

١ - المنظفات القلوية Alkaline detergents

تعتبر المنظفات الرئيسية في مجال الخدمات الغذائية والتصنيع الغذائي،

وكما يتضح من الاسم فهي قاعدية في محاليلها ، وتستخدم عند أس هيدروجيني ٨,٣ فأعلى، وتستخدم على نطاق واسع في مصانع الألبان ومعظم مصانع الأغذية لاسيما اللحوم والأسماك. ويعود السبب في ذلك إلى فعاليتها ضد معظم الأوساخ، فهي تعمل على تصبن الدهون عند التفاعل مع الأحماض الدهنية بجزيء الدهن، وتذيب جزيئات البروتينات بتفكيكها إلى ببتيدات سهلة الذوبان في الماء تسهل إزالتها، ولبعضها قدرة تنظيمية Buffering capacity تطيل فعاليتها وتسهل شطفها. أما عيوبها فإنها تسبب تآكل الكثير من المواد وخاصة الأسطح المصنوعة من الألومنيوم والمعادن المجلفنة Galvanized metals وتسبب وبدرجة أقل تآكل القصدير، كما أن القوي منها يسبب تهيجاً وتآكلاً للجلد والعينين، كما أنها صعبة الشطف. وتستخدم عادة مع مواد تحمي الأسطح التي تلامسها من التآكل، ومواد تَبَلُّل Wetting agents، ومواد تُحسِّن خواص الماء المستعمل Conditioners؛ وذلك كله بغرض زيادة فعالية القلويات كمنظفات.

تنقسم القلويات حسب قوتها (الأس الهيدروجيني لمحاليلها) إلى مايلي:

(أ) **قلويات قوية Strong alkalis**: تستخدم للأغراض التي تستلزم منظفات قوية (Heavy duty) وتمتاز بقدرتها على إزالة الأوساخ، ولكن يعاب عليها أنها تسبب تآكل معظم الأسطح Highly corrosive بما فيها الجلد والعينان، ولذا لاتصلح للتنظيف إلا في أنظمة الدورات المغلقة مع إضافة السليكات للحد من التآكل. ومن أمثلتها ما يلي:

- الصودا الكاوية Caustic soda: وهي من أرخص المنظفات وتستخدم بنسبة ١-٢٪ (pH لمحلول ١٪ منها = ١٣,١) ولها أيضاً قدرة تطهيرية، ولكنها صعبة الشطف وتُرَسِّب أملاح العسر على الأسطح التي تنظفها نتيجة لتفاعلها معها فتحولها من أملاح بيكربونات كالسيوم إلى كربونات غير ذائبة حسب المعادلة التالية:

$$Ca(HCO_3)_2 + 2\ NaOH \longrightarrow CaCO_3 + Na_2CO_3 + 2H_2O$$

- أورثوسليكات الصوديوم Sodium orthosilicate ($2Na_2SiO_2.5H_2O$) وهي فعالة أيضاً وقريبة في خواصها من الصودا الكاوية.

- ميتاسليكات الصوديوم ($Na_2SiO_3.5H_2O$) Sodium metasilicate (pH) لمحلول ١٪ منها = ١٢,٤) وقدرتها عالية على تخلّل وتشتيت الأوساخ مع ما لها من قدرة تنظيمية (تطيل بقاء الأس الهيدروجيني للمحلول مرتفعاً عند استخدامه في التنظيف) مما يجعلها من المنظفات القوية الجيدة، وذلك بالإضافة إلى أنها أسهل شطفاً من باقي منظفات هذه المجموعة، وكذلك أقل ترسيباً لأملاح العسر وأقل تأثيراً في تآكل المواد.

(ب) قلويات متوسطة Mild alkalis: ولها قدرة متوسطة على إذابة الأوساخ (Dissolving power) وهي أقل إحداثاً للتآكل ولاسيما بالنسبة للجلد. ومن أمثلتها:

- ملح الصودا Soda ash (كربونات الصوديوم Sodium carbonate): وهي من أرخص المنظفات القلوية وآمنها استعمالاً، ويعاب عليها أنها تصبح عديمة الفعالية في الماء العسر، حيث تكوّن رواسب كلسية Scales، علماً بأن هذه الخاصية مفيدة لغرض آخر وهي إزالة أملاح العسر بالترسيب قبل استعمال الماء للتنظيف.

- ترابورات الصوديوم (البوراكس): قدرتها على الحك عالية وتستخدم في التنظيف اليدوي وتستعمل أيضاً في غسيل وتنظيف اليدين مع الحذر لمنع وصولها للعين.

٢ - المنظفات الحامضية Acid detergents

تستخدم بدرجة أقل من المنظفات القلوية، وكما هو واضح من اسمها فإن محاليلها تكون حامضية وتستخدم عادة عند أس هيدروجيني ٢,٥ أو أقل، وهي فعالة في إزالة الرواسب المعدنية، مثل أملاح الكالسيوم والمغنسيوم والحديد التي تتكون على أسطح معدات الخدمات الغذائية وأنابيب خطوط التصنيع الغذائي مترسبة من الماء أو من الغذاء، كما هو الحال في مصانع الألبان وتعليب السبانخ وكذا الغلايات Boilers.

يعاب عليها جميعاً أنها تسبب تآكل المعادن Corrosive مع خطورتها، لذا يجب حماية الجلد والوجه بصفة خاصة مع الاحتراس الشديد عند تداولها واستخدامها.

تقسم الأحماض إلى قسمين:

(أ) أحماض معدنية (غير عضوية) Mineral or Inorganic acids:

تعرف أيضاً بالأحماض القوية ، وتمتاز بقدرتها الفائقة على إزالة الرواسب المعدنية. لكن يعاب عليها أنها تسبب التآكل في المعادن، ويرجع ذلك إلى أن الشق الفعال بهذه الأحماض وهو أيون الهيدروجين يسبب تآكل المعادن ولاسيما الحديد المجلفن والصلب غير القابل للصدأ Staninless steel والألومنيوم، والتي تستعمل على نطاق واسع في مصانع الأغذية، كما هو الحال في مصانع الألبان، لذلك تستخدم على فترات لإزالة رواسب الأملاح من على الأسطح.

ومن الأحماض غير العضوية حمض النيتريك الذي يشيع استخدامه للتنظيف بالدورات المغلقة وخاصة بمصانع الألبان؛ وحمض الهيدروكلوريك الذي يعاب عليه أنه ذو خاصية تآكلية قوية، نظراً لأن أيون الكلور أيضا يُحدث التآكل Corrosive؛ وحمض الفوسفوريك وهو أكثرها استخداماً وخاصة لإزالة رواسب الأملاح من على أسطح بلاط القيشاني أو مايشابهها ؛ وكذلك حمض الكبريتيك وهو أقلها استعمالاً. وفي حالة استخدام هذه الأحماض يراعى أن يضاف إليها مادة مثبطة للتآكل Corrosion inhibitor مثل: ميثيل أو إيثيل أو بروبيل الأمين بمعدل ١٪ ، عدا حمض الكبريتيك الذي لايثبط قدرته التآكلية أي مثبط معروف.

(ب) أحماض عضوية Organic acids

وهي فعالة أيضاً في إزالة الرواسب المعدنية وتمتاز عن سابقتها بأنها أقل إحداثاً للتآكل ولكنها مكلفة. ومن الأمثلة على ذلك حمض اللبن Lactic acid وحمض الليمون Citric acid وحمض الجلوكونيك Gluconic acid وحمض الخل Acetic acid.

٣ - المواد المبللة Wetting agents

وهي مواد تعمل على خفض التوتر السطحي Surface tension للمواد الدهنية، والذي يعيق وصول محلول التنظيف للأوساخ، ولهذا تسمى المواد ذات النشاط السطحي Surface active agent.

وتقسم إلى أربعة أقسام حسب الجزء الفعال منها:

- مواد أنيونية Anionic
- مواد كاتيونية Cationic
- مواد غير متأينة Non ionic
- مواد أمفوتيرية Amphoteric

وفيما يلي نبذة عن كل منها:

(أ) مواد التبلل الأنيونية Anionic surfactants: وهي أكثر مواد الترطيب استخداماً، وهي متعادلة أساسا وتتأين في محاليلها، ويكون الشق الفعال منها هو الأيون السالب (الأنيون). وغالباً ماتكون عبارة عن أملاح الصوديوم لمركبات عضوية معقدة. يعتبر الصابون (أملاح الصوديوم والبوتاسسيوم للأحماض الدهنية) من مواد التبلل الأنيونية، بالإضافة لذلك فإن كبريتات الكحولات وكبريتونات أريل الألكيل Alkyl aryl sulphonates مثل Dodecyl benzene sulphonate، وكذلك المركبات طويلة السلسلة المعقدة مثل Sodium lauryl sulphate . من عيوبها أنها تتأثر بعسر المياه، ولذا يتطلب الأمر إضافة مادة مانعة لتكوين الرواسب المعدنية Sequestering agent في الماء العسر، كما أنها تكوّن رغوة Foam.

(ب) مواد التبلل الكاتيونية Cationic surfactants: تتأين في محاليلها ويكون الشق الفعال منها هو الأيون الموجب (الكاتيون). تعتبر مركبات الأمونيوم الرباعية Quaternary ammonium compounds أكثرها استخداماً، وتستخدم كمطهر أكثر منها كمواد تنظيف، وكمواد تطرية للملابس (Fabric softner). تتأثر ببعض المعادن والأوساخ بصورة غير مرغوبة.

(جـ) مواد التبلل غير المتأينة Non ionic surfactants: كما يستدل من اسمها فإنها لاتتأين في المحاليل المائية، وهي أقل تأثراً بعسر المياه، وتمتاز بقدرتها الفائقة على الاستحلاب (Emulsifying agents) لذا فهي مناسبة للتخلص من المواد الدهنية، كما أن العديد منها لا يكوّن رغوة وفيرة (Very low foamer). من المنظفات التي تنتمي لهذه المجموعة الإسترات والكحولات والإثيرات المعقدة، ومن أمثلتها Polyoxy non ethylated phenol و Polyethenoxy ethers .

(د) مواد التبلل الأمفوتيرية Amphoteric surfactants: وتستخدم أساساً في المحاليل الحامضية، وحيث تعمل كمواد تبلل كاتيونية بخواص تطهيرية، وأما

في المحاليل القلوية فإنها تعمل كمواد تبلل أنيونية.

٤ - المواد المانعة لترسيب الأملاح (عوامل تنحية الأيونات (Sequestering agents

تعمل هذه المواد على التقليل من أثر عسر المياه Water hardness على مواد التنظيف بمنع ترسيب أملاح الكالسيوم والمغنسيوم. يستعمل لهذا الغرض مركبات عديدة الفوسفات وحمض الجلوكونيك وأملاحه والإثيلين ثنائي الأمين رباعي حمض الخل Ethylene diamine tetra acetic acid (EDTA).

ونظراً لأهمية مركبات فوسفات الصوديوم سنتناولها بشيء من التفصيل.

المركبات عديدة الفوسفات (Polyphosphates)

وهي أكثر المواد استخداما للحد من تأثير عسر المياه، ويستخدم ملح الصوديوم منها. تعمل هذه المركبات بأن تتحد مع الكالسيوم والمغنسيوم والحديد مكونة معقدات ذائبة. وبالإضافة إلى كونها تعمل على تحسين خواص الماء Water conditioners فإنها تمتاز بقدرتها على التنظيف وتحسن من القابلية للشطف إذا أضيفت للمنظفات. ومن أمثلتها ما يأتي:

- بيروفوسفات رباعي الصوديوم Tetra sodium pyrophosphate: ويرمز لها كيميائياً بـ $Na_4P_2O_7$ وهي أكثر المركبات الفوسفاتية استخداما ورخيصة الثمن. ومن مميزاتها أنها ثابتة عند درجات الحرارة المرتفعة، مما يجعلها مناسبة لتنظيف الأواني التي تحتاج للغمر في محاليل التنظيف فترة طويلة نسبياً كالزجاجات. كما أنها تعتبر محسناً جيداً للماء، حيث ترتبط بالمغنسيوم وتعمل على تنحيته، وبدرجة أقل الكالسيوم. ويعاب عليها قلة ذوبانها في الماء.

- عديد فوسفات الصوديوم الثلاثية Sodium tripolyphosphate ($Na_5P_3O_{10}$) وفوسفات الصوديوم الرباعية Sodium tetraphosphate ($Na_6P_4O_{13}$): يتفوقان على الأول بقدرتهما على الارتباط بالكالسيوم وتنحيته Sequestering وسهولة الذوبان في الماء الدافىء، ولكنهما غير ثابتين في الماء الحار، وهذا يحد من فعاليتهما في غسيل الزجاجات بالغمر الساخن، ويجب أن نعلم أن أملاح الفوسفات التي كانت الحل لمشاكل استخدام المنظفات، أصبحت مصدراً للقلق عند التخلص منها؛ لما لها من تأثير سلبي على البيئة، حيث تؤدي وفرة الفوسفور في المياه إلى

تشجيع نمو الطحالب التي تستهلك الأكسجين الذائب في المياه فلاتستطيع الكائنات الحية الأخرى أكسدة المواد العضوية بالفضلات، كما أن هذا يؤدي في النهاية إلى القضاء على صور الحياة الطبيعية التي تعتمد على وجود الأكسجين في المسطحات المائية الطبيعية.

الإنزيمات Enzymes

مجموعة من إنزيمات التحلل المائي Hydrolytic enzymes بدأ استخدامها حديثاً في عمليات التنظيف لتقوم بتحليل المركبات معقدة التركيب الموجودة بالفضلات صعبة الإزالة من مواد بروتينية ودهنية، فتحولها إلى مركبات أبسط وأسهل امتزاجاً بالماء يسهل إزالتها بمحاليل التنظيف، وهي تشمل مجموعتين:

١ - إنزيمات محللة للبروتين Proteolytic Enzymes

وتستخدم لإزالة الفضلات البروتينية وخاصة في مصانع اللحوم والدواجن مخلوطة مع مادة تبلل Surfactant، ولإجراء التنظيف تمزج مع منظف قلوي به مادة محسنة لخواص الماء، ويكوّن مزيج الإنزيمات ومواد التنظيف رغوة في المياه التي تُترَك على الأسطح المراد تنظيفها لفترة تتراوح ما بين خمس وعشر دقائق تشطف بعدها بماء دافىء، ثم يُطَهَّر السطح بالكلور. ومن مزاياها توفير الطاقة حيث لايستخدم ماء ساخن أو بخار في العملية.

٢ - إنزيمات محللة للدهون Lipolytic Enzymes

تستخدم لإزالة الفضلات الدهنية وخاصة من بالوعات ومواسير الصرف في مصانع اللحوم والدواجن، حيث يتم تجنب استخدام الماء الساخن والبخار من جهة، ولاتستخدم المنظفات القلوية القوية التي تؤثر على مواسير الصرف من جهة أخرى.

وهذه الإنزيمات تكون من أصل ميكروبي مما يجعلها منخفضة التكاليف، لكن ذلك أيضاً قد يكون مصدراً للخطورة لتعرضها للتلوث بالميكروبات المرضية وخاصة السالمونيلا ما لم يراعى الحرص في إنتاجها، مع ضرورة التأكد من خلوها من التلوث بالميكروبات المرضية قبل استخدامها.

اختيار مادة التنظيف

الخواص الواجب توافرها في مادة التنظيف

مما لا شـك فيـه أنه لا يوجد منظف مثالي، بحيث تتوافر فيـه الخـواص التالية:

١ - سهل الامتزاج بالماء.
٢ - لايكون ساماً ومهيجاً للجلد.
٣ - يعمل على تحسين خواص الماء Water conditioning.
٤ - تكون له قدرة تبلل Wetting power عالية.
٥ - تكون له قدرة تخلّل Penetrating عالية.
٦ - يعمل على تشتيت Dispersion الأوساخ في الوسط المائي مهما كانت طبيعتها ويمنع ترسيبها مرة ثانية، أي يبقيها بشكل معلق Suspension.
٧ - تكون له قدرة على استحلاب Emulsification الدهون.
٨ - تكون له قدرة على إزالة الرواسب المعدنية والبروتينية.
٩ - لايحدث تآكلاً للأسطح Non-corrosive.
١٠ - يكون ثابتاً عند درجات الحرارة المرتفعة.
١١ - تكون له قدرة على إبادة الميكروبات أي قدرة تطهيرية.
١٢ - تكون قابليته للإزالة بالماء Rinsability عالية.
١٣ - يكون ثابتا Stable أثناء التخزين.
١٤ - يكون متيسراً وبتكاليف معقولة.

ولهذا فإن الأمر يستدعي دقة في اختيار مادة التنظيف التي تفي بالغرض. وقد يستلزم ذلك استخدام أكثر من مادة.

العوامل التي تحدد اختيار مادة التنظيف

عند اختيار مادة التنظيف هناك أمور يجب مراعاتها:

١ - نوعية الأوساخ السائدة. ٢ - نوعية المياه المستخدمة.
٣ - نوع السطح المراد تنظيفه. ٤ - نظام التنظيف.

وفيما يلي استعراض لهذه العوامل:

١ - طبيعة الأوساخ

من المعروف أن الفضلات الغذائية يمكن أن تتكون من عنصر أو أكثر من عناصر الغذاء، وهي المواد الكربوهيدراتية من سكريات بسيطة ومعقدة وصموغ... إلخ، ومواد دسمة (دهنيات) من أحماض دهنية وزيوت وشحوم، وبروتينات، وأملاح معدنية ذائبة وغير ذائبة في الماء. لذلك فإن تركيب الأوساخ يختلف باختلاف المادة الغذائية، كما أن هناك عوامل أخرى لها تاثير كبير على تكوين الأوساخ كدرجة الحرارة والماء المستخدم. فالحليب مثلاً عند تعرضه للتسخين قد تتكوَّن رواسب الحليب المتحجرة Milk stone على السطح الداخلي لأنابيب وأوعية التسخين المعدنية ، والماء العسر أيضاً عند تعرضه للحرارة قد تترسب منه الأملاح المسببة للعسر المؤقت.. وهكذا؛ في حين يؤدي انخفاض درجة الحرارة إلى التصاق الدهون بالأسطح التي تلامسها. فالعناصر المكوِّنة للأوساخ تختلف في قابليتها للإزالة بمختلف مواد التنظيف، وذلك كما يوضحه الجدول رقم (١٤).

الجدول رقم (١٤). قابلية مكونات الأوساخ للإزالة بمواد التنظيف.

المادة	قابليتها للذوبان	سهولة ازالتها	تأثير التسخين
سكريات	ذائبة فى الماء.	سهلة	تتكرمل فيصعب ازالتها.
دهون	لاتذوب فى الماء وتتصبن بالقلوى مع الحرارة.	صعبة	تسيل فيسهل ازالتها، لكن تتبلمر بالتسخين الشديد فتصعب ازالتها.
بروتينات	لاتذوب فى الماء، وتذوب في القلويات.	صعبة جدا	تتغير طبيعتها Denature فتزيد صعوبة ازالتها.
أملاح معدنية	يذوب بعضها فى الماء، وتذوب غالبا فى الاحماض.	سهلة الى صعبة	بعضها تترسب بالحرارة.

ولكي يمكننا وضع برنامج فعال للنظافة يلزم البدء بتحديد نوع الأوساخ، لأن معرفة ذلك تسهل علينا إزالتها، كما هو واضح من الأمثلة التالية:

١- إذا كانت الأوساخ مواد كربوهيدراتية مثل السكريات والنشا فإنه يمكن

غسلها بالماء. وإذا تعذر ذلك فالمنظفات القلوية Alkaline detergents عادة ما تكون فعالة. كما يجب تفادى التسخين أو التجفيف؛ لأن ذلك يصعب المهمة لتكرمل السكريات وتكون هلام من النشا.

٢- البروتينات تنتشر بصورة غروية في الماء، وتتجمع أو تترسب عندما تتغير طبيعتها Denature بالأحماض والحرارة. وتعتبر القلويات فعالة لإزالتها.

٣- رواسب العناصر المعدنية Mineral deposits، والتي تتكون عند تسخين الماء العسر Hard water أو عند تسخين الحليب أو أغذية مثل السبانخ تحتوي على أكسالات الكالسيوم Calcium oxalate، هذه الرواسب غير ذائبة في الماء أو القلويات ولكن ذائبة في الأحماض.

٤- الدهون والزيوت تكون غير ذائبة في الماء وتسيل بالحرارة وتتصبن بالقلويات مع الحرارة وتكوّن مستحلبات بوجود مواد مثل عديد الفوسفات Polyphosphate.

٢ - نوعية المياه

تلعب نوعية المياه دوراً مهماً في عملية الغسيل، لذا يجب أن تكون مياه التنظيف نقية من النواحي التالية:

(أ) ميكروبيولوجياً، حتى لاتتحول إلى مصدر للتلوث، ويجب الانتباه لذلك بصفة خاصة عند وجود خزانات للمياه بحيث تنظف ويختبر الماء بها دورياً، حيث تزداد خطورة استخدام مياه ملوثة لتنظيف المنتج الغذائي قبل استهلاكه مباشرة، أو للشطف النهائي للأدوات وخطوط الإنتاج التي تلامس المادة الغذائية في المراحل النهائية من إعدادها للاستهلاك؛ وهي هنا تأتي أهمية أن تكون مياه الغسيل في مثل هذه الحالات صالحة للشرب من الناحية الميكروبيولوجية والكيميائية.

(ب) كيميائياً، حتى لا تكون مصدراً للرواسب الملحية، فعند استعمال ماء عسر للتنظيف قد تترسب ما به من أملاح (حسب نوعها) إما بفعل الحرارة العالية أو باتحادها مع بعض المواد الكيميائية المستخدمة في التنظيف مما يستلزم مجهوداً مضاعفاً لإزالتها لئلا تستغل كمأوى لمصادر التلوث الميكروبي، أو أن تنفصل منها قشور لتختلط بالمادة الغذائية. وبالإضافة إلى ذلك يلزم التأكد من درجة عسر الماء، وعند

وجود أملاح العسر فإما أن تزال قبل استخدام الماء في التنظيف بالترسيب والترشيح أو بالتبادل الأيوني، أو أن تضاف إلى الماء مواد تمنع ترسب هذه الأملاح عند استخدام الماء في التنظيف (عوامل تنحية الأيونات Sequestering agents التي تتحد مع الأيونات مكونة مركبات ذوّابة تمنع ترسبها) ، حيث يؤدي ترسبها أيضاً إلى ضيق أو انسداد المواسير وضعف توصيل الحرارة في المبادلات الحرارية.

(جـ) **حسياً**، حتى لاتصبح مصدراً لصفات غير مرغوبة مثل الروائح والألوان والطعوم. فيجب أن يكون الماء نقياً حسياً من مصدره مع الحذر عند تخزينه ونقله وتسخينه حتى لاينتقل إليه ما يسبب تغير صفاته الحسية. وإذا وجد بالماء مايغير تلك الصفات فيجب معاملته لإزالة المسببات قبل استخدامه في التنظيف، فتزال الروائح بالادمصاص على الفحم المنشط Activated charcoal وتزال العكارة بالترويق والترشيح (انظر الفصل الرابع).

٣ - نوع السطح المراد تنظيفه

تؤثر المواد المصنوعة منها الأسطح في اختيار المنظف من عدة نواحٍ، حيث يختلف التصاق المخلفات بالأسطح حسب المواد المصنوعة منها ، ويعتبر الزجاج من أسهل المواد المستخدمة في صناعة الأغذية تنظيفاً (التصاق الأوساخ به ضعيف) ويقاربه في ذلك الصلب الذي لايصدأ والطلاء الزجاجي Glazing، ويلي ذلك الألومنيوم، ثم يأتي البلاستيك مع تفاوت هذه الصفة في أنواعه المختلفة، ومن أسوئها الأسطح المطلية Painted surfaces بينما يعد الخشب من أصعبها تنظيفا، حيث تتخلل الأوساخ سطحه.

ومن جهة أخرى يعتمد اختيار أدوات ومواد التنظيف على مقاومة السطح للخدش والتآكل؛ فمثلاً يجب الاحتراس عند اختيار فرشاة لتنظيف البلاستيك، وكذلك عند اختيار المنظف فلا يستعمل القلوي مثلاً في تنظيف الصلب. . . وهكذا.

٤ - نظام التنظيف Cleaning system

يمكن تقسيم أنظمة التنظيف إلى:

(أ) **غسيل يدوي Manual cleaning**: ويستخدم عادة للأدوات والمعدات الصغيرة، أو التي لا يمكن عمل دورة مغلقة بها لتنظيفها، وتنظف يدوياً بالاستعانة

بأدوات التنظيف المناسبة، ومن أمثلة الأدوات التي تغسل يدوياً:

- المحابس والأكواع في خطوط نقل السوائل.
- مكنة المثلجات القشدية الطرية (الآيس كريم اللّين) Soft ice cream وفراز القشدة وخضاض الزبد.
- مكنات تعبئة المنتجات.
- مكنات تقشير وتقطيع الخضار.
- مكنة استخلاص العصير (العصارة).
- فرّامة اللحم.
- أدوات طهي وتقديم الوجبات.

(ب) التنظيف بنفس المكان Clean in place (CIP): يتم بعمل دورة مغلقة تدور بها محاليل التنظيف والتطهير دون تفكيك أجزاء خط التصنيع ومن هنا جاءت التسمية Clean in place (CIP)، ولقد جاء ليحل محل نظام التنظيف الذي يعتمد على فك الأجزاء Clean out of place ومن ثم التنظيف بطريقة الغمر في محاليل التنظيف، وبالفرش والأيدي، والتجفيف ثم إعادة تربيط الأجزاء. ويتراوح النظام بين بسيط مزوّد بأجهزة توقيت بسيطة إلى أنظمة معقدة تقوم بتنفيذ برامج كاملة للتنظيف والتطهير يتم تشغيلها بضغط زر تحكم (Push button). يتكون نظام التنظيف الآلي من خزانات لمحاليل التنظيف والتطهير ومضخات وأجهزة تحكم وتوصيلات لتدوير محاليل التنظيف والتطهير بالتتابع في دورة مغلقة.

ومن أنظمة التنظيف بنفس المكان :

١- باستخدام محلول التنظيف مرة واحدة Single-use (single tank) system: ويفيد في تنظيف الخطوط ذات الحمل العالي من الأوساخ وخاصة المبادلات الحرارية. ويتم فيه التخلص من محلول التنظيف بعد كل عملية نظراً لاستنفاذ فعالية المنظف بواسطة الأوساخ.

٢- باستخدام محلول التنظيف أكثر من مرة Re-use (multi-tank) system: ويفيد في تنظيف المعدات بعد الشطف المبدئي للخطوط ذات الحمل المنخفض من الأوساخ، حيث لايفقد محلول التنظيف في هذه الحالة الكثير من فعاليته، فيعاد استخدامه أكبرعدد ممكن من المرات مع المحافظة على تركيزه.

مزايا نظام التنظيف بنفس المكان (CIP):

١- يوفر في استخدام المياه.

٢- يعمل على زيادة كفاءة التنظيف مع التقليل من كمّية المنظف المستخدم.

٣- يؤدي إلى التقليل من العمالة اللازمة لعملية التنظيف.

٤- يزيد من كفاءة التطهير مع التوفير في استخدام مادة التطهير.

٥- يمكن استخدام عدد كبير من المنظفات والمطهرات التي تشكل خطـورة على العمالة في مجال التنظيف اليدوي.

٦- يمكن رفع درجة الحرارة دون الإضرار بالعمالة.

٧- لايحتاج إلى تفكيك وتربيط، ومن ثم فإنه يوفرفي الوقت.

٨- يقلل من فرص عطب المعدات أثناء الفك والتركيب الذي يتم في حالة الغسيل اليدوي.

الخطوات العامة للتنظيف

تختلف طريقة التنظيف حسب نوع المواد الغذائية، والمعاملات التي أجريت عليها، وحسب التجهيزات الموجودة داخل المنشأه، وحسب عوامل أخرى؛ ولكن يمكن القول إن طريقة التنظيف تتم بصفة عامة وفق التسلسل المبين في الجدول رقم (١٥).

الجدول رقم (١٥). تسلسل الخطوات العامة لتنظيف الأسطح.

العمليـــــــــــة	الهـــدف
١) إزالة الأوساخ Gross dirt غير الملتصقة بالسطح بالدعك بفرشاة Scrubbing brush، أو تيار مائى قوى Water jet، أو بالشفط اذا كانت جافة	تحسين كفاءة المنظف والمطهر.
٢) تنظيف باستخدام أحد المنظفات أوخليط منها عند درجة الحرارة المناسبة لعملها.	إزالة الأوساخ الملتصقة بالأسطح بعد تذويبها وتشتيتها وتعليقها فى المحلول.
٣) تشطيف بيني بالماء الساخن.	ازالة بقايا الأوساخ المعلقة، وإزالة آثار المنظف.
٤) تطهير باستخدام أحد المطهرات.	إبادة الميكروبات الضارة الموجودة بخط التصنيع أو الأواني.
٥) تشطيف نهائي بماء صالح للشرب.	ازالة بقايا المطهر.

وفيما يلي بعض النصائح لإتمام عملية التنظيف بكفاءة عالية:

١ - البدء في عملية التنظيف بأسرع وقت ممكن للحد من تلوث البيئة المحيطة والحد من انتشار الروائح الكريهة من جهة، وقبل جفاف الأسطح ومابها من الأوساخ من جهة أخرى.

٢ - يجب تحديد نوعية الأوساخ؛ أي هل هي مواد دهنية، أو رواسب معدنية أو غير ذلك لتحديد المنظف. فمثلاً رواسب العناصرالمعدنية يستعمل معها أحماض... وهكذا.

٣ - استعمال المنظف المناسب للأوساخ الموجودة ولطبيعة نظام التنظيف. ويمكن الرجوع إلى متطلبات المنظف الجيد.

٤ - اختيار المطهر المناسب الذي يتفق مع طبيعة الأسطح وطريقة التطهير أيضاً. ويمكن الرجوع إلى متطلبات المطهر الجيد.

٥ - تخزن محاليل المنظفات والمطهرات وتحضر بعيداً عن مخازن المواد الغذائية وتوضع عليها علامات تحذيرية.

٦ - استبعاد الأواني المكسورة أولاً بأول نظراً لما تشكله من خطورة على العمالة وعلى المستهلك.

٧ - التأكيد على استعمال ماء نظيف قليل الأملاح، وفي حالة استخدام أحواض الغسيل يجب تغيير الماء بها بين الحين والآخر.

يستدل على إتمام عملية التنظيف بكفاءة عالية بما يلي:

١ - خلو السطح من أي أثر مرئي للقاذورات عند معاينته بإضاءة كافية.

٢ - انعدام الروائح الغريبة.

٣ - عند مسح السطح بالإصبع لايبقى ملمس دهني، وعند مسحه بمنديل ورقي أبيض لايترك أثراً عليه.

٤ - عند عمل مسحة للتحليل الميكروبيولوجي يكون العدد الميكروبي بها قليلاً.

٥ - عند تعريض السطح لمصباح أشعة فوق بنفسجية لايظهر أي وميض.

ثانياً: التطهير Disinfection

التطهير هو العملية التي يقصد بها القضاء على الميكروبات الموجودة على الأسطح Surfaces أو خفضها على الأقل إلى الحد الذي تصبح معه غير ضارة بالصحة العامة أو بخواص المنتج النهائي. وهكذا فإن التطهير في غالب الأحيان لايضمن القضاء على جميع الميكروبات - ولاسيما الجراثيم البكتيرية - كما هو الحال في التعقيم المطلق Absolute sterilization الذي يؤدي إلى القضاء على جميع الكائنات الحية الموجودة في حيز ما. ونظراً لاستحالة ذلك في حالة الأسطح المكشوفة- كما هو الحال في معظم أنشطة المنشآت الغذائية، لذا فإنه يُكتفى بالتطهير بدلاً من التعقيم الذي يستخدم في أنشطة أخرى، كتعقيم الأدوات الجراحية.

طرق التطهير

١ - باستخدام الحرارة العالية.
٢ - باستخدام الأشعة.
٣ - باستخدام المواد الكيميائية.

التطهير بالحرارة العالية

يُعد التطهير بالحرارة العالية من أنجح الطرق للقضاء على الميكروبات، وعند مقارنتها بطرق التطهير الأخرى فإنها تمتاز بما يلي:

١- فعالة ضد جميع أنواع الميكروبات، بما في ذلك الجراثيم عندما تكون الحرارة مرتفعة.
٢ - لاتسبب تآكل المعدات.
٣ - يسهل قياسها باستخدام أدوات قياس بسيطة.
٤ - يسهل الحصول عليها.
٥ - يمكن أن تتغلغل داخل الشروخ والشقوق.

عند التطبيق تستخدم الحرارة بصورة رطبة أو جافة. وتأثير الحرارة الرطبة

يأتي من كونها تعمل على تغيير طبيعة Denaturation البروتينات داخل الخلية بما في ذلك الإنزيمات Enzymes التي يشكل وجودها أمراً مهماً بالنسبة للخلية، وبالنسبة للحرارة الجافة يتأتى تأثيرها من الجفاف Dehydration والأكسدة Oxidation اللذين تسببهما.

١ - التطهير بالحرارة الجافة

حيث يتم تعريض الأشياء المراد تطهيرها لهواء ساخن في أفران أو كبائن لمدة معينة حسب درجة الحرارة وحسب الأدوات المراد تطهيرها. يمكن استخدام درجات حرارة تتراوح ما بين ٨٠ و١٨٠°م لمدة تتراوح مابين دقائق وساعتين. تصلح لتطهير بعض الأدوات التي لا تتحمل الرطوبة، كما تستخدم لتطهير الأواني المعدنية، ويمكن استخدامها أيضاً في تطهير الأطباق بعد تنظيفها بالماء و الصابون، وبوجه عام فإن فعالية الحرارة الجافة في القضاء على الميكروبات أقل بكثير من الحرارة الرطبة، لذا فإن استعمالها في المنشآت الغذائية يكاد يكون مقصوراً على الأطباق والأكواب.

٢ - التطهير بالحرارة الرطبة

حيث يتم استخدام الهواء المشبَّع ببخار الماء، أو الماء الساخن؛ وهي طريقة فعالة للتطهير. والحرارة الرطبة يمكن أن تكون على شكل ماء ساخن أو بخار ماء حي Live steam. وبالنسبة للماء الساخن فيمكن استخدامه للغَمْر؛ بحيث توضع فيه الأدوات والأجزاء المراد تطهيرها عند درجة حرارة لاتقل عن ٨٠ °م لعشر دقائق، كما يمكن ضخ الماء الساخن خلال خط التصنيع في دورة مغلقة، ويشترط المحافظة على درجة الحرارة من الانخفاض حتى ينقضي الزمن المطلوب.

و يمكن استخدام البخار لتطهير الأجزاء المفككة في خزانة (كبينة) بخار، ودرجة الحرارة يجب أن تتراوح ما بين ٨٠ و٩٥°م لمدة تتراوح مابين ٥و١٥ دقيقة. ويمكن تمريره في خطوط التصنيع، وحينئذ يجب أن تصل درجة الحرارة إلى مدى يتراوح ما بين ٩٠ و٩٥°م لمدة خمس دقائق على الأقل.

التطهير بالأشعة

ويقصد بالأشعة هنا الأشعة فوق البنفسجية Ultraviolet radiation (UV)،

ويعتبر الطول الموجي ٢٥٤ نانومتراً ذا خاصية إبادة فعالة ضد الميكروبات. وبالرغم من أن نفاذيتها محدودة Limited penetration إلا أنه عندما يتم تسليطها على السطح المراد تطهيره لمدة وبشدة كافيتين فإنها تكون فعالة في تطهيره. وهي تستخدم عادة في تطهير بعض مرافق تصنيع الأغذية، حيث تستخدم لتطهير الهواء داخل غرف التصنيع، وكذا الأسطح الملامسة للغذاء كما في المخابز ومصانع الألبان وغرف تسوية الأجبان وغرف تعبئة الأغذية ولاسيما التعبئة تحت الظروف شبه المعقمة Aseptic filling كما هو الحال في تعبئة المنتجات المعاملة بالحرارة فائقة الارتفاع Ultra High Temperature (UHT)، ومن أهم استخداماتها خارج مجال الأغذية تطهير غرف الجراحة وآلات الحلاقة والقاعات التي تزدحم بمرتاديها، ويحظر التعرض لهذه الأشعة لما تسببه من أورام بالجلد وأذى للعين.

تجدر الإشارة إلى أنه توجد هناك نطاقات أخرى من الأشعة تستخدم في مجال الأغذية وهي الأشعة المؤينة Ionizing radiation ويستخدم منها في هذا المجال أشعة جاما التي تنتجها النظائر المشعة (مثل كوبالت ٦٠)، وأشعة بيتا التي تنتج من معَجِّل الإلكترون Electron accelerator. تقوم الجرعات المنخفضة نسبياً من الأشعة المؤينة بالقضاء على الخلايا الخضرية للميكروبات المرضية والعديد من أنواع الأحياء الدقيقة الأخرى دون جراثيمها، فتستخدم في تطهير أسطح بعض الأغذية كالدجاج والبهارات، كما توقف إنبات بعض الأغذية النباتية كالبطاطس والبصل، وتستخدم بجرعات مرتفعة لتطهير العبوات والنفايات، وبعض الأماكن في المنشآت الغذائية.

التطهير بالمواد الكيميائية

للقضاء على الميكروبات أو تثبيطها يستخدم الكثير من المركبات الكيميائية. ويرتبط استخدام المادة الكيميائية بطبيعة السطح، فالأسطح المكشوفة تختلف عن الأواني أو خط التعليب أو البسترة أو آلة الحلب الآلي، وهذه كلها تختلف عن المواد الغذائية. وكما هو معروف فإن المواد الكيميائية التي تضاف إلى الأغذية لهذا الغرض يطلق عليها المواد الحافظة للأغذية Food preservatives وهي ليست مجال الحديث، وإنما التي تعنينا هي المواد الكيميائية المستخدمة للقضاء على الميكروبات على الأسطح الملامسة للغذاء، أو الأسطح المحيطة ببيئة الغذاء وهي ما يعرف بالمطهرات Sanitizers،

هذه المواد يطلق عليها أحياناً أيضاً المصطلحات التالية:

- مبيدات الميكروبات Germicides: مصطلح عام يطلق على جميع المواد المستخدمة للقضاء على الميكروبات

- مضادات العدوى Antiseptic: وهي متخصصة في القضاء على مسببات العدوى.

- مطهرات الأسطح Disinfectants: وهي متخصصة في القضاء على الميكروبات المرضية على الأسطح.

اختيار المُطَهِّر

كما هو معروف فإنه لاتوجد مادة كيميائية مثلى؛ أي فعالة في القضاء على الميكروبات وبنفس الوقت تحمل جميع المزايا المطلوبة للمطهر، ولكن يفضل أن يكون للمطهر أكبر عدد ممكن من المميزات التالية:

١- أن يكون فعالاً في القضاء على الميكروب الأكثر انتشاراً، وتفضل المادة التي تؤثِّر على مدى واسع من أنواع الميكروبات.

٢- أن يكون ذائباً في الماء ليسهل استخدامه، مع إمكانية استخدامه أيضاً في أعمال النظافة الشخصية.

٣- أن يكون ثابتاً عند التخزين وأثناء الاستعمال.

٤- أن لايكون ساماً للإنسان أو الحيوان، لا على المدى القريب ولا البعيد.

٥- أن لايكون من المواد التي تحدث تآكلاً Non - corrosive.

٦- يفضل أن تكون له قدرة تنظيفية Cleaning capability.

٧- أن يكون عديم الرائحة.

٨- أن يسهل شطفه بالماء Rinsable.

٩- ألا يترك أثاراً سلبيةً على الغذاء.

١٠- أن تتوافر طريقة بسيطة لقياس تركيزه.

١١- أن يكون الحصول عليه متيسراً وبأسعار مناسبة.

العوامل التي تؤثر على فعالية المطهر

١ - الحموضة

يلعب الأس الهيدروجيني للوسط الذي يستخدم به المطهر دوراً كبيراً بالنسبة لفعاليته، حيث تقل فاعلية المطهرات الأنيونية في وجود كاتيونات في الوسط (pH مرتفع) والعكس، فاليود يكون فعالاً في الأوساط الحمضية (أس هيدروجيني أقل من ٣). ومركبات الأمونيوم الرباعية تكون فعاليتها القصوى عند أس هيدروجيني أعلى من ٧. أما مركبات الكلور فإنه من المرجح أن فعاليتها تعود إلى تكون حمض الهيبوكلوروز (HOCl) الذي يتكون عند أس هيدروجيني منخفض (٤-٥) إلا أنه يجب مراعاة أن انخفاض الأس الهيدروجيني عن ٥ يؤدي إلى زيادة التآكل، ولهذا السبب يُرفَع الأس الهيدروجيني للتقليل من التآكل، ولو أن في ذلك تضحية ببعض فعالية الكلور، وقد تستخدم مادة مثبطة لفعل الكلور التآكلي ضد المعادن. من ناحية أخرى يجب التخلص من بقايا المنظفات الكاتيونية قبل استخدام المطهرات الأنيونية، والعكس في حالة المطهرات الكاتيونية، تلزم إزالة آثار المنظفات الأنيونية؛ وذلك للحفاظ على فعالية تلك المطهرات.

٢ - التركيز Concentration

تزيد فعالية المطهر بزيادة التركيز إلى أن تصل إلى حد معين، لايكون للزيادة في التركيز بعده أي تأثير.

٣ - مدة التعرُّض Exposure time

ترتبط فعالية المطهر عند تركيز معين بزمن التعرض له، حيث تزيد فعاليته بزيادة هذا الزمن. ومن جهة أخرى تختلف المدة اللازمة للتعرض للمطهر حسب نوعه، وهي تتفاوت كثيرا وقد تصل إلى ثلاثين دقيقة لبعض المطهرات.

٤ - درجة الحرارة

يلزم أن تكون درجة حرارة المحلول كافية لحدوث التفاعل، أي ٢٤°م على الأقل، وكقاعدة عامة فإن زيادة درجة الحرارة يزيد من معدل التفاعل الكيميائي، فزيادة نحو عشر درجات مئوية (١٨ درجة فهرنهيتية) يؤدي إلى مضاعفة معدل التفاعل (Q_{10}). ولكن يجب مراعاة أن بعض المواد الكيميائية المطهّرة قد لا تكون ثابتة عند درجات حرارة مرتفعة، مثل اليود والكلور في الحالة الغازية اللذان يتبخران عند درجات حرارة مرتفعة نسبياً (نحو ٤٩°م)، حيث تصبح هذه المواد أقل قابلية للذوبان في الماء الحار، بينما يكون العكس صحيحاً بالنسبة لأملاح الهيبوكلوريت والتي يزيد ثباتها عند ارتفاع درجة الحرارة، ومن ثم تزداد

فعاليتها.

وإضافة لهذه العوامل فإن المواد المراد تطهيرها يمكن أن تلعب دوراً كبيراً بالنسبة لمدى فعالية المطهر، وكمثال على ذلك نظافة المعدات المراد تطهيرها، حيث إن عدم التخلص التام من كل آثارَ الأوساخ يستنفذ جزءاً من فعالية المطهر دون جدوى. ومن جهة أخرى تتأثر فعالية المطهر أيضاً بنَوعيَّة الماء المستخدم، فالماء النقي غير الماء الذي يحتوي على بعض المواد العضوية الَمشرهَة للكلور والتي تستهلك جزءاً كبيراً منه تاركة جزءاً يسيراً قد لايكفي لإبادة الَميكروبات. وتؤثر الأملاح المسببة للعسر كثيراً على فعالية بعض المطهرات كمركبات الأمونيوم الرباعية، وكذلك يعيق ارتفاع قلوية المياه عمل الكلور واليود.

أنواع المطهرات الكيميائية

من أشهر المركبات الكيميائية المستخدمة كمطهرات في المنشآت الغذائية ما يلي:

١ - الكلور

يعتبر الكلور أهم هذه المركبات استخداماً في مجالات التطهير المتعلقة بالصحة العامة. يستخدم الكلور (بتركيز يتراوح ما بين ١٠٠ و ٢٠٠ جزء بالمليون كلور متاح Available chlorine لمدة ٥- ١٠ دقائق) على عدة صور، ومن ذلك:

(أ) غاز الكلور (Cl_2) Chlorine.

(ب) حمض الهيبوكلوروز (HOCl) Hypochlorous acid.

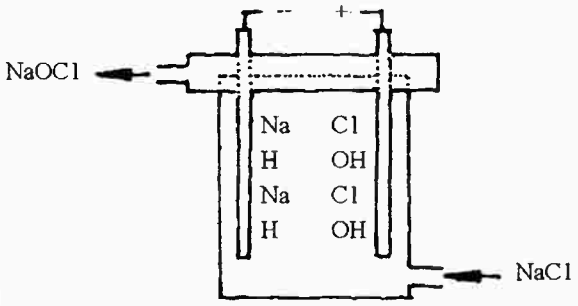
(جـ) هيبوكلوريت الصوديوم (NaOCl) Sodium Hypochlorite.

(د) مسحوق هيبوكلوريت الكالسيوم $Ca(OCl)_2$ Calcium Hypochlorite.

(هـ) كلورامين تي $H_3C.C_6H_4SO_2NHCl$ Chloramine T .

ويعتبر هيبوكلوريت الصوديوم NaOCl أكثر المركبات استخداماً، ويسوَّق عادة على شكل محلول يحتوي على ١٠٪ كلور متاح. وهناك تحضيرات أرخص ثمناً تحتوي على ٤- ٥٪ فقط كلور متاح.

توجد أجهزة يمكن بواسطتها توليد هيبوكلوريت الصوديوم من ملح الطعام مباشرة بالتحليل الكهربائي (الشكل رقم ٢٤):



شكل رقم (٢٤). طريقة تحضير هيبوكلوريت الصوديوم من ملح الطعام بالتحليل الكهربائي.

مميزات الكلور

١- فعال ضد أغلب أنواع البكتريا (غير متخصص).
٢- لايتأثر بعسر المياه.
٣- يستخدم لتطهير الماء دون أن يفقد خواصه الحسية.
٤- يمكن تقدير تركيزه في محاليله بسهولة باستخدام طرق مختبرية بسيطة.
٥- فعال ضد الجراثيم البكتيرية ، عند درجة حرارة مرتفعة وبتركيز مرتفع.
٦- فعال ضد الفيروسات (بالتراكيز المرتفعة).
٧- غير مكلف.
٨- لا يكوّن غشاء رقيقاً Non-film forming على الأسطح المنظَّفة.

عيوب الكلور

١- يسبب تآكل المعادن وخاصة الألومنيوم والنحاس ، ويزيد التسخين من التآكل. ولتلافي تأثيره على المعادن تُجرى المعاملة به بدون تسخين قبل استخدام الأدوات مباشرة.

٢- يستلزم تراكيزعالية نسبياً (١٠٠- ٢٠٠ جزء بالمليون) وتزيد في وجود المركبات العضوية.

٣- يتأثر بالمواد العضوية، ولذا يجب إتمام التخلص منها بالتنظيف قبل استعمال الكلور.

٤- بوجود الحديد تتكون رواسب في محلول التنظيف.

ويجب الحذر عند تداول مركبات الكلور حتى لاتلامس الجلد مع عدم خلط

الهيبوكلوريت بالأحماض مطلقاً لخطورة الغازات السامة التي تنتج عن ذلك.

٢ - اليود Iodine

ويعتبر I_2 هو المادة الفعالة في الإبادة الميكروبية. وتستخدم عادة مركبات كيميائية تولّد اليود يطلق عليها اليودوفورات Iodophors وتحضر من اليود ومادة مبلّلة غير متأينة. تعتبر هذه المواد فعالة في الأوساط الحامضية وتكون فعاليتها أقل ما يمكن عند أس هيدروجيني متعادل. يمكن القول إن ٢٥ جزءاً بالمليون I_2 في وسط حامضي تكافيء ٢٠٠ جزء بالمليون كلور عند أس هيدروجيني متعادل.

يماثل اليود الكلور في كيفية قيامه بدوره في قتل الخلايا الميكروبية ، وبالنسبة للجراثيم فإن الكلور أكثر فعالية من اليود لسهولة دخوله داخل الخلايا، ويمكن القول إن **اليود يعتبر أفضل من الكلور** في النواحي التالية:

١- لايتسبب في تهيج الجلد عند استخدامه بالتراكيز المسموح بها.
٢- أقل إحداثاً للتآكل في المعادن.
٣- تعطي مركباته لوناً كهرمانياً Amber لمحاليلها مادامت فعالة. وعند اختفاء اللون فإن ذلك يدل على انتهاء فعاليتها،وعمق اللون يدل على زيادة التركيز.
٤- يتفاعل بدرجة أقل مع المواد العضوية.
٥- لا يتأثر بعسر المياه.

ولكن **لليود عيوبا بالمقارنة بالكلور**، وهي:

١- يترك آثاراً صبغية Stain على البلاستيك (PVC).
٢- يغير لون المواد النشوية.
٣- فعاليته محدودة جداً في الوسط المتعادل (٧ pH).
٤- أكثر تكلفة من الكلور.
٥- ليس ثابتاً عند درجة حرارة أعلى من ٤٣,٣°م، حيث ينفرد اليود الحر فيصبغ الأسطح التي تتعرض لتأثيره.
٦- ليس فعالاً ضد الجراثيم.

ويتساوى كل من الكلور واليود فيما يلي:

١- ليسا اختياريين بالنسبة للميكروبات التي يقضيان عليها.
٢- إحداثهما للتآكل يقل بانخفاض التراكيز المستخدمة.
٣- قد يسببان تغيير نكهات بعض الأغذية.

٤- لايتأثران نسبياً بعسر المياه.

٥- يسمح باستخدامهما للتطهير كمعاملة أخيرة Final treatment بعد خطوات التنظيف دون أن يعقبها شطف نهائي Final rinse.

٣ - مركبات الأمونيوم الرباعية
Quaternary Ammonium Compounds (QUATS)

وهي مركبات ذات فعالية قوية، وتستخدم بتركيز ٢٠٠ جزء بالمليون. ولكن يعاب عليها أنها اختيارية، أي أنها فعالة ضد بعض الميكروبات (معظم الموجبة وبعض السالبة لصبغة جرام) وغير فعالة ضد بعضها الآخر. فهي مثلاً فعالة ضد بكتريا حمض اللبن ولكنها غير فعالة ضد *Ps. aerogenosa* و *E. coli* ومعظم السالبة لجرام G-ve الأخرى، كما أنها ليست فعالة ضد الجراثيم والفيروسات. إلا أنها مقارنة بالمركبات الأخرى **تمتاز بما يلي:**

١- لها تأثير متبق غير متطاير Non-volatile residue يثبط الفطريات والعديد من الميكروبات الأخرى.

٢- ثابتة عند درجات الحرارة المرتفعة.

٣- فعالة في مدى واسع من الـ pH، مع أنها فعالة أكثر مايمكن عند pH قلوي ضعيف (نحو ١٠).

٤- ليست مسببة للتآكل Non-corrosive.

٥- ليست مسببة للتهيج Non-irritating.

٦- ليس لها طعم أو رائحة، ولكنها قد تترك أثراً في بعض الأغذية.

٧- أقل تأثراً بالمواد العضوية مقارنة بالكلور.

٨- المحاليل المركزة منها ثابتة مع التخزين ولها فترة صلاحية Shelf life طويلة.

٩- لها قوة تنظيف حيث تصنف من المنظفات الكاتيونية.

ومن عيوبها :

١- مكلّفة.

٢- تكوّن رغوة في التنظيف الميكانيكي.

٣- تكوّن طبقة رقيقة Film على الأسطح المنظفة.

٤- تصبح عديمة الفعالية بتأثير الخشب والقطن والنايلون والسليلوز وبعض

أنواع البلاستيك.

٥- زيادة عسر الماء تؤدي إلى التقليل من فعاليتها.

٦- المتبقي منها في الغذاء ضار صحياً.

٤ - الأوزون Ozone:

يعتبر فعالاً في تعقيم مياه الشرب، ولكن بالنسبة للأغذية فإنه يعتبر قليل الفعالية إذ إنه يلزم تراكيز مرتفعة جداً تكون آثارها غير مقبولة. كما أنه - كعامل مؤكسد- يتسبب في أكسدة بعض مكونات الغذاء كالدهون ومشتقاتها، كما أنه لايصلح لتطهير الأسطح.

٥ - الفينول ومشتقاته Phenol & Derivatives:

للفينول ومشتقاته تأثير قاتل للميكروبات، كما أنها تعتبر من أقدم المطهرات التي عرفها الإنسان، ولكن يعاب عليها أنها تترك رائحة قوية في الأدوات وتترك نكهة غير مقبولة في الغذاء، كما أن وجود الكلور يتسبب في تكوين مركبات فينولية مكلورة Chlorophenolic compounds، ذات رائحة كريهة وغير مأمونة Not safe من الناحية الصحية، لذلك لا تستخدم بصفة عامة في تعقيم أي سطح يمكن أن يلامس الغذاء. ومن هذه المواد:

(أ) مركبات فينولية مع الصابون: وهي عبارة عن خليط من مستحلب الكريزول Cresol fluid في محلول صابون. ونظراً لسميته ورائحته فإن استعماله في المنشآت الغذائية يكون مقصوراً على تطهير المصارف ودورات المياه وغرف التفتيش بشبكة مياه الصرف الصحي.

(ب) مركبات فينولية مُكَلوَرة Chlorinated phenols: وهذه المركبات أضيف إليها الكلور ليزيد من فعاليتها، مما يسمح باستخدام تراكيز أقل للحصول على نفس التأثير، ولكن ذلك يؤدي إلى زيادة تأثرها بالمواد العضوية وزيادة خطورتها من الناحية الصحية.

٦ - الفورمالين Formalin:

وهو الاسم الشائع لمحلول الفورمالدهايد بتركيز ٤٠٪، يستعمل الفورمالين

بنسبة ٢- ٤٪ وله تأثير قاتل ضد معظم البكتريا والفطريات ومعظم الفيروسات، ويستخدم في تطهير مصانع الأغذية ولاسيما الأجبان وخاصة التي تنتج الأجبان المسواة بالفطر، حيث تكون هناك مشكلة تلوث بالفطر. يمتاز بأنه يُمتص من خلال الأسطح. تزداد فعالية الفورمالين عندما تزيد الرطوبة على ٧٠٪، وبازدياد درجة الحرارة. ويستخدم عادة بتحويله إلى غاز الفورمالدهايد.

يتكون غاز الفورمالدهايد بإحدى الطرق الثلاث الآتية:

(أ) بتبخير محلول الفورمالين مع الماء ، ويستعمل لذلك جهاز به رشاشات دقيقة تدفع محلول الفورمالين على شكل ضباب ليسهل تبخيره.

(ب) الحرارة الناتجة من تفاعل برمنجنات البوتاسيوم في محلول الفورمالين، حيث يضاف الأخير دائماً بنسبة ٣٥ سم^{٣} + ١٧,٥ جم برمنجنات بوتاسيوم لكل ١-٣ أمتار مكعبة.

(جـ) بتسخين مسحوق البارافورمالدهايد ليتصاعد الفورمالدهايد، ويستعمل لذلك جهاز تسخين بالحرارة يضبط بالثرموستات، ويستعمل بمعدل ٣ جم بارافورمالدهايد/ متر مكعب.

تعليمات عامة لنجاح عملية التطهير

١ - كقاعدة عامة تفضل الحرارة الرطبة Moist heat على غيرها من الطرق، لذا يجب اللجوء إليها ما أمكن ذلك.

٢ - عندما لايكون ذلك ممكناً يتم اللجوء إلى إحدى وسائل التطهير الأخرى كالمواد الكيميائية. وفي هذه الحالة يراعى ما يلي:

(أ) يجب اختيار المطهر المناسب من حيث الكفاءة، وملاءمته للأدوات أو الأسطح المستخدم لها.

(ب) يجب التخلص من بقايا أي مواد عضوية أو بقايا مواد التنظيف قبل إجراء عملية التطهير، لأن ذلك يتعارض أحياناً مع عملية التطهير.

(جـ) يستخدم التركيز المناسب من المطهر وعند درجة الحرارة المناسبة حسب توصية المصنّع.

(د) يجب استخدام محاليل حديثة التحضير، لأن محاليل بعض المطهرات

لاتبقى ثابتة عند التخزين.

(هـ) يجب اتخاذ الاحتياطات الضرورية لتفادي ضرر المطهر.

(و) قد يستلزم الأمر شطفاً نهائياً بعد إجراء عملية التطهير، ولاسيما عند استخدام تراكيز مرتفعة.

(ز) يجب المحافظة على التركيز المطلوب من المطهر أثناء استخدامه، وذلك في الدورات المغلقة لنظم التنظيف في المكان نفسه (CIP) أو في أحواض الغسيل أو خزانات آلات تنظيف الأدوات، ويتم ذلك إما بالحقن المستمر أو بإضافة دفعات على فترات، وعادة مايجرى ذلك آلياً.

٣ - تجفف الأدوات بعد تطهيرها وتحفظ بعيدةً عن التلوث.

٤ - تخزن مواد التطهير في عبواتها الأصلية بمعزل عن المواد الغذائية.