الفصل السابع

التخلص من نفايات المنشآت الغذائية

- التخلص من الفضلات الصلبة
- التخلص من الفضلات السائلة

تنتج من العمليات المختلفة بالمنشآت الغذائية أنواع متعددة من الفضلات Wastes صلبة أو سائلة، عضوية أو غير عضوية، ذائبة أو غير ذائبة، قابلة للتحلل حيوياً أو غير قابلة، وللتخطيط للتخلص من الفضلات يجب البدء بتصنيفها حسب طبيعتها لتحديد إمكانية خلطها ببعضها من عدمه حسب طبيعتها وتركيبها.

التخلص من الفضلات الصلبة

يجب أن نتجنب تصريف الفضلات الصلبة مع السائلة بتجميع الأولى والتخلص منها بصورة منفصلة، ويتم ذلك بجمعها في أوعية خاصة بالنفايات وإزالة ماقد يسقط منها على الأسطح والأرضيات قبل غسلها. وتزال الفضلات الصلبة أثناء العمل كلما امتلأت أوعية تجميعها، مع عدم ترك أي آثار منها داخل المنشأة في نهاية فترة العمل، وتنقل هذه الفضلات يومياً إلى أماكن تجميع القمامة بالمنطقة ليتم معاملتها بإشراف المختصين، وعند تعذر ذلك - لبعد المنشأة مثلاً - تلتزم المنشأة بمتابعة التخلص من الفضلات الصلبة ومعاملتها حتى لاتتحول إلى مصدر للتلوث بالميكروبات والآفات والروائح الكريهة (خاصة إذا كانت غنية بالمواد العضوية). ومن الأفضل الاستفادة منها في عمل الأسمدة العضوية، وفي تغذية الحيوانات (كما هو الحال بالنسبة لمخلفات مصانع الجبن ومصانع تعليب أو تجميد الخضار وبعض

مخلفات الذبح وتجهيز اللحوم والدواجن والأسماك)، أو في تحضير مركبات لها قيمتها الاقتصادية (مثل الزيوت العطرية من قشور الموالح وإنتاج الكحول الطبي من مخلفات تعليب الفواكه، مع استخدام مخلفات التقطير كعلف).

التخلص من الفضلات السائلة

يتم التخلص من الفضلات السائلة عادة بتصريفها فى مياه البحار أو الأنهار أو البحيرات، أو بنشرها في التربة. ومالم تكن تلك الفضلات قد سبق معاملتها بصورة مناسبة فإنها تصبح مصدراً للروائح الكريهة وتلوث البيئة، ويرجع ذلك إلى أن فضلات المنشآت الغذائية تحتوي على كميات مرتفعة من المواد العضوية القابلة للتحلل تقوم الأحياء الدقيقة الهوائية بأكسدتها فتحتاج الأكسجين لذلك (الطلب أو الاحتياج الحيوي من الأكسجين)، ولعدم كفاية الذائب منه في المياه الطبيعية عادة فإن ذلك يؤدي إلى عدم إتمام أكسدتها وظهور الروائح الكريهة، فضلاً عن أن استهلاك الذائب منه في الماء يؤدي إلى اختناق الكائنات البحرية التي تعتمد عليه في تنفسها. من أجل ذلك يجب أن تتم معالجة الفضلات السائلة قبل تصريفها، ويتم ذلك بمحطات المعالجة (الشكل رقم ٢٨) التي تنقل إليها الفضلات السائلة بواسطة الشبكة العامة للصرف الصحي Sewage system.

الشكل رقم (٢٨). إحدى محطات معالجة مياه الصرف الصحي المنتشرة بالمملكة.

وفي حالة المنشآت الغذائية الضخمة يجب التأكد من قدرة محطات معالجة مياه الصرف الصحي على استيعاب الفضلات السائلة الناتجة منها حتى لاتقلل من كفاءة المعاملات بها، أو أن تقوم تلك المنشآت بمعالجة فضلاتها السائلة قبل تصريفها، ويتوقف ذلك على حجم الفضلات السائلة الناتجة واحتياجها الحيوي من الأكسجين ومحتواها الكلي من المواد الصلبة العالقة. ولقياس ماتحتاجه عملية أكسدة المخلفات السائلة من الأكسجين يتم ذلك بتقدير احتياجها الحيوي أو الكيميائي من الأكسجين.

الاحتياج الحيوي من الأكسجين (B.O.D.) Biological Oxygen Demand

يقيس كمية الأكسجين التي تحتاجها الأحياء الدقيقة لأكسدة الكربون العضوي القابل للتحلل حيوياً Biodegradable Organic Carbon الموجود بالمخلفات السائلة.

الاحتياج الكيميائي من الأكسجين (C.O.D.) Chemical Oxygen Demand

يقيس كمية الأكسجين اللازمة لأكسدة جميع المواد الكيميائية الموجودة بالمخلفات السائلة ويشمل المواد الكربونية العضوية، بالإضافة إلى بعض المركبات المختزلة مثل مركبات الكبريتيدات والكبريتات والحديدوز.

المعاملات الأولية للفضلات السائلة Primary Treatments of Liquid Wastes

قد توجد فضلات صلبة مختلطة بالسائلة كما في منشآت ذبح وإعداد الذبائح وتنظيف الأسماك وفرز وإعداد الخضار والفاكهة، وفي هذه الحالة يلزم فصلها عنها، ويتم ذلك بما يعرف بالمعاملة الأولية، وتختلف الطريقة (أو الطرق) المستخدمة حسب أحجام وكثافة الفضلات الصلبة، فعندما تكون أحجام قطع الفضلات الصلبة كبيرة بما يكفي لفصلها بالتصفية، تستخدم لذلك شبكات من القضبان الحديدية على فتحات التصريف وتضبط المسافات بينها حسب حجم قطع الفضلات، وتركب بميل مع ضبط معدل التدفق لتسهيل إزالة الفضلات الصلبة بمكاشط يدوية أو آلية.

وبالنسبة للفضلات الصلبة ذات الأحجام الدقيقة، فمن الأفضل إزالتها بالطفو أو الترسيب حسب كثافتها، ويتم ذلك بتجميع الفضلات السائلة في أحواض (دائرية عادة) وتركها ساكنة لتطفو الفضلات الصلبة الأقل كثافة على السطح (كالدهون) خلال ٣٠- ٦٠ دقيقة، حيث يتم كشطها، وقد يدفع تيار من فقاعات الهواء المضغوط من أسفل ليختلط بالمواد العالقة ويسرع من طفوها. وعند

وجود الفضلات الصلبة الأعلى كثافة فإنها تترك لتترسب في القاع، ويتم ذلك خلال مدة تتراوح ما بين ساعة واحدة وثلاث ساعات حيث تجمع وتفصل، ويساعد على ترسيبها إضافة مواد الترويق كالشب أو الجير مع كلوريد الحديدوز.

وينتج عن تلك المعاملات خَبَث (دهني) يكشط من على السطح ويحرق، أو راسب «حَمأة» غني بالمواد العضوية يرسب إلى القاع، وهذه الطريقة هي المستخدمة عادة في حالة عدم وجود شبكة للصرف الصحي للمنازل والمنشآت الغذائية الصغيرة. وتجمع الحمأة من قاع خزان الترسيب وتنقل إلى خزانات هضم خاصة بها، حيث تقوم البكتريا اللاهوائية والاختيارية بهضم وتحليل المواد العضوية إلى مواد ذائبة، وغازات تتكون أساساً من الميثان مع كميات صغيرة من الهيدروجين وثاني أكسيد الكربون والنتروجين؛ ويمكن استخدام هذا الخليط من الغازات كمصدر للطاقة في عمليات التدفئة، وعادة ما يستخدم لتدفئة خزان هضم الحمأة لأن البكتريا التي تقوم بالهضم تكون من الأنواع المحبة للحرارة العالية Thermophilic والتي تعمل بأقصى نشاط لها على درجات حرارة أعلى من ٥٥ °م وعند أس هيدروجيني ٧. والحمأة المهضومة تجفف وتحرق أو تستخدم كسماد.

ونلاحظ أن المعاملات الأولية للمخلفات (الطفو والترسيب) تقلل من الاحتياج الحيوي للأكسجين، ولكن بدرجة لاتكفي لتصريف السائل الناتج في المسطحات المائية الطبيعية أو لتصريفه في مجاري السيول والوديان دون مشاكل بيئية (إلا عند استعمال مواد الترسيب الكيميائية التي تقلل الاحتياج الحيوي من الأكسجين بنسبة تصل إلى ٨٥٪).

المعاملات الثانوية للفضلات السائلة Secondary Treatments of Liquid Wastes

يؤخذ السائل الناتج من المعاملات الأولية، والذي لايزال احتياجه الحيوي من الأكسجين مرتفعاً، لتتم أكسدة المواد العضوية به (تثبيته) بتعريضها لتأثير كمية هائلة من مزرعة ميكروبية في ظروف هوائية فيما يعرف بالمعاملات الثانوية Secondary treatments أو الهضم الحيوي؛ وتتم في وحدات مختلفة يعمل بعضها بإمرار المخلفات على مرشحات من الحصى أو الرمل أو فحم الكوك Coke مع إبقاء الوسط هوائياً، حيث تقوم الميكروبات التي تستوطن تلك المرشحات بأكسدة

المـواد العضويـة بالمخلفات السائلة التي تمر من خلالها. والميكروبات الهوائية التي تقوم بهـذه العملية هي عادة بكتريا عصوية سالبة لجرام مثل: أجناس زوجـلـيـا *Zoogloea* وسيـدوموناس وأكرومـوباكتر والكالجينس وفلافوباكتريوم، وكذلـك بعض الأعفان مثـل: أسكويـديـا *Ascoidea* وسوبارومايسيـس *Suparomyces* وفيوزاريـوم *Fusarium* وجيوتريكم *Geotrichum* وترايكوسبورون *Trichosporon*، ونلاحظ أن الأعفان قد تسود على البكتريا عند ارتفاع الحموضة في الوسط أو عند انخفاض الحرارة، فتقوم الأعفان بالدور الأكبر في عملية أكسدة المواد العضوية. وفي حالة عدم توفر الظروف الهوائية (في القاع عادة) تقوم البكتريا اللاهوائيـة ذاتية التغذية Autotrophic بتحليل المواد العضوية إلى مركبات بسيطة سهلة التأكسد، فمثلاً تقوم النيتروزوموناس *Nitrosomonas* بأكسدة الأمونيا إلى نترات NO_3، كما تعمل النيتروباكتر *Nitrobacter* على أكسدة النتريتات NO_2 إلى نترات.

وفيما يلي بعض الطرق المستخدمة للهضم الحيوي:

مرشح الرمل بالتناوب The intermittent sand filter

حيث تضاف الفضلات السائلة على دفعات لتمر خلال طبقة من الـرمـل فتقوم المواد العضوية ومانحتويه من الميكروبات بتغليف حبيبات الرمل ومـن ثـم تقوم الميكروبات بأكسدة المواد العضوية الصلبة والمواد الذائبة أيضاً. وتوفر هذه المرشحات التهوية اللازمة للأكسدة، وينتج عنها سائل رائق احتياجه الحيوي من الأكسجين منخفض نسبياً.

مرشح النَّض The trickling filter

حيث تُنَض الفضلات السائلة على طبقة عميقة من قطع الحجارة أو الحصى وتتعرض أثناء مرورها لفعل الميكروبات المغلفة لقطع الحجارة (كما في مـرشـح الرمل) وتتم الأكسدة في وجود الهواء (الذي يدخل مع قطرات سوائل الصـرف الصحي) وتكون العملية في هذه الحالة مستمرة، ويمكن تحسينها بعمل الترشيـح على مرحلتين أو أكثر لزيادة كفاءة العملية. والناتج هنا يجب إمراره على خزان ترسيب نهائي قبل خلطه بمياه المسطحات المائية.

طريقة الحمأة المنشطة Activated sludge method

تعتمد هذه الطريقة على التهوية الشديدة لسوائل الصرف الصحي فتتكون «لطخة Floc» تكون غنية جداً بالبكتريا، تترك لتترسب وتجمع وتعرف بالحمأة Sludge تضاف إلى كمية أخرى من سوائل الصرف الصحي «الخام Fresh» والتي تهوّى أيضاً بشدة، ثم تترك للترسيب. . وهكذا حتى تصل العملية لمرحلة يتم فيها الحصول على تكتل تام الاندماج Complete flocculation لجميع المواد العالقة بالفضلات السائلة خلال ساعات قليلة. وبعد إضافة الحمأة المنشطة تستغرق عملية التهوية مدة تتراوح ما بين أربع وثماني ساعات تنقل بعدها الفضلات السائلة إلى خزان الترسيب النهائي، والسائل الناتج من هذه العملية يكون محتواه من المواد العالقة، وكذلك احتياجه الحيوي من الأكسجين منخفضين بحيث لايحتاج إلى تخفيف عالٍ لتصريفه مع المسطحات المائية أو لتصريفه في مجاري السيول والوديان.

ومن الجدير بالذكر أن المياه بعد هذه المرحلة يمكن صرفها بأمان في المسطحات المائية الكبيرة أو في مجاري السيول، ولاسيما بعد معالجتها بالكلور. كما أنه يمكن إعادة استخدامها Recycling في بعض الأغراض كالري، وحينئذ يجب أن تستخدم تحت رقابة صارمة للتأكد من استخدامها في ري المزروعات التي لا تتعرض الأجزاء التي تؤكل منها للتلوث مباشرة من المياه، وفي ري الحدائق العامة.

المرحلة الثالثة من المعالجة Tertiary treatment

وهي معالجة كيميائية في مجملها، وتهدف إلى:

١- تنقية مياة الصرف الصحي من بعض العناصر السامة كالمعادن الثقيلة مثل الرصاص والزئبق والكادميوم والنتريتات، ويستخدم لذلك عدة تقنيات منها:

(أ) المبادلات الأيونية.

(ب) التناضح العكسي.

(جـ) الترسيب بالمواد الكيميائية.

(د) الطرد المركزي.

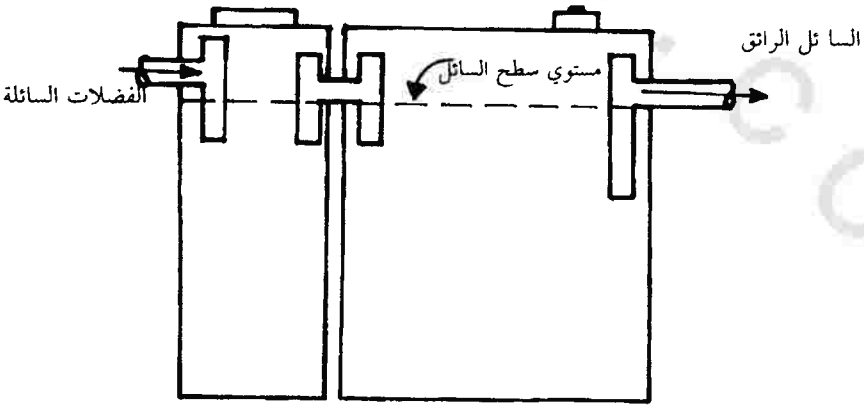
٢- التخلص من الروائح الكريهة، وذلك باستخدام الكربون المنشط Activated carbon.

٣ - القضاء على الميكروبات الضارة وذلك بالمعاملة بالكلور، حيث تحتوي هذه السوائل بعد معالجتها على أنواع من الميكروبات المُمْرِضة مثل السالمونيلا، والشيجيلا، والليبتوسبيرا، وبكتريا القولون المعوية الممرضة Enterophathogenic *E. coli*، و *Vibrio*، والميكوباكتريوم *Mycobacterium*، والفيروسات المعوية Enteric viruses، و حويصلات الإنتاميبا Cysts of *Entamoeba hystolytica*، وبعض الديدان الطفيلية مثل: Schistosomiasis بلهارسيا Bilharzia من نوع *Schistosoma* sp.

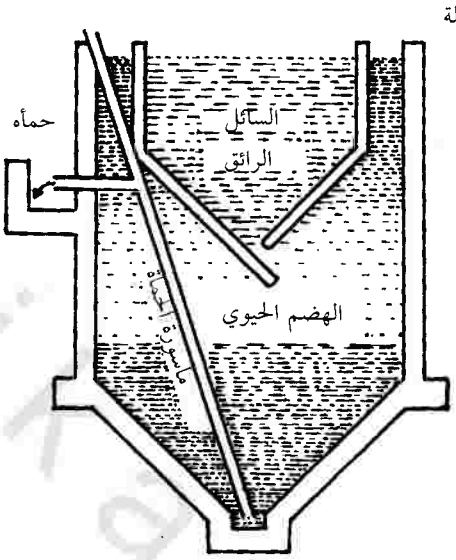
وتجدر الإشارة إلى أن المعالجة للمرحلة الثالثة بالرغم من أنه ينتج منها مياه ذات نقاوة عالية إلا أنها تعتبر غير عملية وغير مجدية نظراً لارتفاع تكاليفها.

التخلص من الفضلات السائلة في المنشآت الغذائية الصغيرة

تصلح الطرق السابقة للتجمعات الكبيرة التي ينتج عنها كميات كبيرة من مياه الصرف الصحي. أما في حالة المنشآت الغذائية الصغيرة التي ينتج عن نشاطها كميات محدودة من الفضلات السائلة، فيتم فصل الفضلات الصلبة المختلطة بها، ثم يجرى تصريف السوائل في خزان تحلل Septic tank (الشكل رقم ٢٩) أو خزان إمهوف (الشكل رقم ٣٠).



الشكل رقم (٢٩). يوضح مقطعاً طولياً في خزان التحلل (البيارة).



الشكل رقم (٣٠). يوضح مقطعاً طولياً في خزان إمهوف

حيث تقوم الأحياء الدقيقة اللاهوائية بتحليل المواد العضوية الذائبة في الماء إلى مركبات أبسط وغازات يسودها الميثان الذي قد يجمع ويستخدم كوقود، أما السائل الرائق نسبياً فيتم تصريفه تحت التربة من خلال شبكة من المواسير المسامية. أما المواد التي لايتم تحللها فتترسب في القاع، وتسمى الحمأة Sludge تتم إزالتها على فترات، حيث يؤدي تراكمها في الخزان إلى سد فتحاته. ويلاحظ أن الحمأة تتعرض في خزان إمهوف إلى تأثير مكثف للأحياء الدقيقة، فتقوم بتحليل جـزء منها، وبذلك يكون التخلص منها على فترات أطول نسبياً، كما يكون الاحتياج الحيوي للأكسجين (BOD) للسائل الناتج أقل فيمكن تصريفه في المسطحات المائية الكبيرة أو في الوديان.