إرشادات البيئة والصحة والسلامة الخاصة بتصنيع الكيميائيات الزيتية

مقدّمة

الإرشادات بشأن البيئة والصحة والسلامة (**EHS**) هي وثائق مرجعية فنّية تتضمن أمثلة عامة وأمثلة من صناعات محددة على الممارسات الدولية الجيدة في قطاع الصناعة (**GIIP**).[1] وحين تشارك مؤسسة واحدة أو أكثر من المؤسسات الأعضاء في مجموعة البنك الدولي في أحد المشروعات ينبغي تطبيق الإرشادات بشأن البيئة والصحة والسلامة هذه حسب مقتضيات السياسات والمعايير التي تعتمدها تلك المؤسسة. وتستهدف هذه الإرشادات بشأن قطاع الصناعة أن يتم استخدامها جنباً إلى جنب مع وثيقة **الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة**، التي تتيح الإرشادات لمن يستخدمونها فيما يتعلق بالقضايا المشتركة في هذا المجال والممكن تطبيقها في جميع قطاعات الصناعة. وبالنسبة للمشروعات المُعقّدة، قد يلزم استخدام إرشادات متعددة حسب تعدد قطاعات الصناعة المعنيّة. ويمكن الاطلاع على القائمة الكاملة للإرشادات الخاصة بالقطاعات الصناعية على شبكة الإنترنت على الموقع:

http://www.ifc.org/ifcext/sustainability.nsf/Content/EnvironmentalGuidelines

وتتضمّن الإرشادات بشأن البيئة والصحة والسلامة مستويات الأداء والإجراءات التي يمكن للتكنولوجيا الحالية أن تحققها في المنشآت الجديدة بتكلفة معقولة. وقد يشمل تطبيق هذه الإرشادات في المنشآت القائمة وضع أهداف وغايات خاصة بكل موقع على حدة، مع اعتماد جدول زمني مناسب لتحقيقها.

وينبغي أن يكون تطبيق الإرشادات بشأن البيئة والصحة والسلامة بما يتناسب مع المخاطر والتهديدات المُحددة في كل مشروع، استناداً إلى نتائج التقييم البيئي الذي يأخذ في الاعتبار متغيرات كل موقع على حدة ومنها: الوضع في البلد المُضيف، والطاقة الاستيعابية في البيئة المعنيّة، والعوامل الأخرى الخاصة بالمشروع. كما يجب أن تستند تطبيق التوصيات الفنّية المحددة إلى الرأي المهني المتخصّص الذي يصدر عن أشخاص مؤهلين من ذوي الخبرة العملية.

وحين تختلف اللوائح التنظيمية المعتمدة في البلد المضيف عن المستويات والإجراءات التي تنص عليها هذه الإرشادات بشأن البيئة والصحة والسلامة، فمن المتوقع من المشروعات تطبيق أيهما أكثر صرامة. وإذا كانت المستويات أو الإجراءات الأقل صرامة من المنصوص عليه في هذه الإرشادات هي الملائمة – في ضوء أوضاع المشروع المعني – يحتاج الأمر إلى تبرير كامل ومُفصّل بشأن أية بدائل مُقترحة في إطار التقييم البيئي للموقع المحدد. وينبغي أن يُبيّن ذلك التبرير أن اختيار أي من مستويات الأداء البديلة يؤمّن حماية صحة البشر والبيئة.

التطبيق

[1] هي من حيث تعريفها ممارسة المهارات والاجتهاد والحصافة والتبصّر المُتوقعة على نحو معقول من المهنيين ذوي المهارات والخبرة العملية في النوع نفسه من العمل وفي الأوضاع نفسها أو المماثلة بشكل عام. وقد تشمل الأوضاع التي يمكن أن يجدها المهنيّون من ذوي المهارات والخبرة العملية عند قيامهم بتقييم مجموعة أساليب منع ومكافحة التلوّث المُتاحة لأحد المشروعات – على سبيل المثال لا الحصر – مستويات مختلفة من تدهور البيئة ومن الطاقة الاستيعابية البيئية، مع مستويات مختلفة من الجدوى المالية والفنّية.

تشتمل إرشادات البيئة والصحة والسلامة، فيما يتعلق بتصنيع الكيميائيات الزيتية، على المعلومات الخاصة بالمنشآت الصناعية القائمة بإنتاج الأحماض الدهنية، والغلسرين، والديزل الحيوي باستخدام الزيوت والمواد الدهنية المشتقة من مصادر نباتية أو حيوانية. ويتضمن الملحق (أ) وصفا للأنشطة الصناعية في هذا القطاع.

ويتم عرض هذه الوثيقة وفقا للأقسام التالية:

القسم *1.0* – الآثار المرتبطة تحديدًا بالصناعة وكيفية التعامل معها

القسم *2.0* – مؤشرات الأداء ورصده

القسم *3.0* – ثبت المراجع والمصادر الإضافية

الملحق (أ) – وصف عام لأنشطة الصناعة

1.0 الآثار المرتبطة تحديدًا بالصناعة وكيفية التعامل معها

يقدم القسم التالي ملخصا لقضايا البيئة والصحة والسلامة المتعلقة بتصنيع الكيميائيات الزيتية التي تنشأ خلال مرحلة عمليات الإنتاج، بالإضافة إلى التوصيات الخاصة بإدارة هذه القضايا. وتتضمن **الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة** التوصيات الخاصة بإدارة قضايا البيئة والصحة والسلامة، وهي قضايا مشتركة بالنسبة لمعظم المنشآت الصناعية الكبيرة أثناء مراحل التشييد والبناء ووقف التشغيل أو إنهاء المشروع.

1.1 البيئة

تتمثل القضايا البيئية الرئيسية المتعلقة بقطاع تصنيع الكيميائيات الزيتية فيما يلي:

- الانبعاثات الهوائية
- المياه المستعملة
- المواد الخطرة
- النفايات والنواتج الثانوية
- الضوضاء
- بدايات بعض الكلمات علي الجانب الأيسر من الصفحة غير واضحة.

يؤدي تحقيق الأوضاع المثلى لعمليات المعالجة (المرتبطة بالاختيار الملائم للمواد الخام والمواد الوسيطة ذات النوعية الجيدة) إلى الحد بصورة ملموسة من التأثير البيئي لهذه المنشآت الصناعية عن طريق تقليل إنتاج النفايات والفضلات، والمياه المستعملة، والانبعاثات الهوائية إلى أدنى حد ممكن.

الانبعاثات الهوائية

تستهلك منشآت تصنيع الكيميائيات الزيتية عادة كميات كبيرة من الطاقة في تسخين المياه وإنتاج البخار اللازم للتطبيقات الصناعية (مثل عمليات التفكك والانشطار، والتكرير، والتقطير). ويرتبط استهلاك الطاقة أيضا بأنظمة التبريد والهواء المضغوط. وقد يكون لدى هذه المنشآت محطات للطاقة الحبيسة المستخدمة في التزويد بالطاقة.

كما تتناول **الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة** معالجة المبادئ التوجيهية الخاصة بانبعاث الغازات من مصادر الاحتراق وارتباطها بتوليد البخار والطاقة الكهربائية من مصادر ذات سعة حرارية تساوي أو تقل عن 50 ميغا واط حرارية. أما الانبعاثات الناتجة عن مصادر الطاقة الأكبر حجما فيتم معالجتها في **إرشادات البيئة والصحة والسلامة المتعلقة بالطاقة الحرارية**. وتقدم **الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة** توصيات تفصيلية خاصة بكفاءة استخدام منتجات الطاقة أيضا.

إنتاج الأحماض الدهنية

تشتمل الانبعاثات الهوائية الناشئة من إنتاج الأحماض الدهنية بشكل رئيسي على المركبات العضوية المتطايرة، بما في ذلك الهيكسان المستمد من عمليات استخلاص المذيبات، وانبعاثات الهيدروجين المتسربة من وحدات الهدرجة، وانبعاثات الروائح الناتجة من الأحماض الدهنية منخفضة الوزن الجزيئي؛ ونواتج التحلل مثل أحماض الكيتون ومركبات غازات الألدهيدات العضوية الناتجة من صهاريج التخزين، ووحدات المعالجة المسبقة والانشطار والتقطير.

وتشتمل التدابير الموصى بها للوقاية من الانبعاثات والسيطرة عليها على ما يلي:

- تنفيذ عمليات الاستخلاص بالمذيبات عن طريق التقطير والتكثيف؛
- رصد وتسجيل استهلاك المذيبات وتنفيذ برنامج صيانة لأغراض الكشف والرصد والحد من انبعاثات الهيكسان الناتجة من وحدة الاستخلاص بالمذيبات والتسربات من الفجوات الأنبوبية والثقوب والفتحات؛
- تجميع ومعالجة انبعاثات المركبات العضوية المتطايرة من صهاريج التخزين ووحدات المعالجة المسبقة والانشطار والتقطير. ويجب إنشاء مرشحات الكربون النشطة وأنظمة التنقية باستخدام الزيوت أو الماء القلوي من أجل تخفيف انبعاثات المذيبات والروائح الكريهة، إلى جانب بحث إحراق أبخرة المذيبات و/أو المواد المطلقة للروائح كخيار بديل.

إنتاج الغليسرين

يمكن أن تنتج المركبات العضوية المتطايرة من المعالجة المسبقة لمحاليل الغليسرين المنخفض النوعية أو من معدات التوليد الخوائي. وقد تتسبب المركبات العضوية المتطايرة في انبعاث الروائح الكريهة من نواتج تحلل المواد منخفضة الوزن الجزيئي.

وتشتمل التدابير الموصى بها للوقاية من الانبعاثات والسيطرة عليها على ما يلي:

- الرصد الدائم لوجود الميثانول عند استخدام محاليل الغليسرين الناشئة من إنتاج الديزل الحيوي.

- الحفاظ على انخفاض درجات حرارة المعالجة المسبقة بالقدر الممكن وتركيب مكثفات متسمة بالكفاءة من أجل تقليل انبعاثات المركبات العضوية المتطايرة إلى أدنى حد ممكن.

- استخدام أجهزة التنقية لتخفيف انبعاث الغازات في الهواء في المصانع والمحطات التي تستخدم المواد الخام المتدنية النوعية.

إنتاج الديزل الحيوي

تشتمل الانبعاثات الهوائية الناشئة من إنتاج الديزل الحيوي على: المركبات العضوية المتطايرة، وخاصة الميثانول، الناتج عن تقطير وتكثيف كمية كبيرة للغاية من الميثانول في نهاية عمليات الأسترة؛ وانبعاثات المركبات العضوية المتطايرة المتسربة من المفاعلات، أو تخزين الميثانول، أو الفجوات والثقوب الأنبوبية؛ والميثانول الناتج عن تصحيح محلول الميثانول المائي الناشئ من عملية الأسترة؛ وانبعاثات المركبات العضوية المتطايرة والروائح الكريهة من معدات التوليد الخوائي أثناء عملية التقطير.

وتشتمل التدابير الموصى بها للوقاية من الانبعاثات والسيطرة عليها على ما يلي:

- القيام قدر الإمكان بإزالة الميثانول الفائض المستخدم في تفاعل عمليات الأسترة المتبادلة وذلك قبل خطوة الغسيل من أجل منع وجود الميثانول في مخلفات المياه المستعملة وتفادي الحاجة إلى إجراء المزيد من عمليات الأسترة الإضافية لمحلول الميثانول المائي واجتناب انبعاث الميثانول في الهواء.

- تركيب مرشحات الكربون النشطة ووحدات التنقية الرطبة، أو إحراق الأبخرة، من أجل الحد من المركبات العضوية المتطايرة وانبعاثات الروائح الكريهة من الوحدات المختلفة في المصانع، بما في ذلك صهاريج التخزين.

المياه المستعملة

المياه المستعملة الناتجة من العمليات الصناعية

إنتاج الأحماض الدهنية

تؤدي مصانع إنتاج الأحماض الدهنية إلى ترسب كمية كبيرة من المياه المستعملة المحتوية على أحماض دهنية وشحوم عالقة، مع ارتفاع مستويات كل من الحاجة الكيميائية للأكسجين والحاجة الكيميائية الحيوية لامتصاص الأكسجين. وتشتمل مصادر المياه المستعملة على نواتج تكاثف أبخرة الأحماض الدهنية من عمليات الرش المائي؛ وانطلاق مخلفات الأحماض الدهنية تحت الضغط الشديد من مخارج أبراج الانشطار؛ وتكاثف الأبخرة الناتجة من عمليات إزالة الروائح الكريهة؛ ومعدات التوليد الخوائي باستخدام البخار.

وتشتمل التدابير الموصى بها للحد من التلوث وتخفيف آثاره على ما يلي:

- بحث تركيب المُكثفات غير المباشرة والمضخات الخوائية الجافة التي تمنع اختلاط الماء بتدفقات الأحماض الدهنية من أجل تقليل كمية المياه المستعملة الناشئة من هذه العمليات.

- بلوغ الحد الأقصى لإعادة استخدام المياه وتركيب أبراج التبريد حسب الحاجة.

- تصميم وتركيب وحدة خاصة بالمواد الطافية من أجل معالجة المياه المتدفقة من كل من العمليات الروتينية (بما فيها إجراءات التنظيف) والأحوال غير الروتينية (الإطلاق العرضي للزيوت والمواد الدهنية). ويجب إجراء المزيد من المعالجة البيولوجية قبل عملية التصريف، حسب مستويات تركز المياه المستعملة ومعايير التصريف المنطبقة.

- القيام، حسب مقتضيات الواقع العملي، باسترجاع وإعادة معالجة الرواسب والمخلفات الناشئة من وحدة المعالجة في عملية الإنتاج.

إنتاج الغليسرين

يتم بصورة تقليدية خلال إنتاج الغليسرين تكثيف المياه الناتجة من عمليات تقطير وتبخر محلول الغليسرين، والمياه الناشئة من أنظمة التوليد الخوائي. ويمكن أن يحتوي ناتج تكثيف المياه من عملية التقطير على 30 في المائة من الغليسرين وبقايا المركبات العضوية (الاسترات) والأحماض الدهنية.

أما ناتج تكثيف المياه من عملية التبخر المتعددة المراحل فيمكن أن يحتوي على مقادير صغيرة من الغليسرين، ويتسم بارتفاع مستويات كل من الحاجة الكيميائية للأكسجين والحاجة الكيميائية الحيوية لامتصاص الأكسجين. وقد تحتوي المياه الناتجة عن أنظمة التوليد الخوائي على كمية ضئيلة من الغليسرين.

وتشتمل التدابير الموصى بها للحد من التلوث وتخفيف آثاره على ما يلي:

- إعادة استخدام ناتج تكثيف المياه من عملية التقطير في عملية الإنتاج عن طريق المعالجة بالجير والأحماض، والترشيح، والبخر.

- في حالات تكامل مصانع إنتاج الغليسرين مع مصانع إنتاج الأحماض الدهنية، يتم إعادة استخدام ناتج تكثيف المياه الناشئ من عملية التبخر كلقيم في عملية انشطار الزيوت والمواد الدهنية.

- كبديل للمعالجة البيولوجية وتصريف الفضلات، يمكن بحث إعادة استخدام ناتج تكثيف المياه في الغسيل المرتبط باسترجاع الغليسرين من لواقط الكربون النشط.

- تحييد الأحماض والمحاليل الكاوية المستخلصة من عمليات إعادة تنشيط راتنجات التبادل الأيوني المستخدمة في معالجة محاليل الغليسرين قبل التخلص منها.

- يُستحسن استخدام المضخات الجافة كمولدات خوائية ومكثفات غير مباشرة، حيث لا يكون هناك أي اختلاط مباشر بين الماء والبخار، من أجل الحد من كمية المياه المستعملة.

- إعادة استخدام المياه الناتجة من أنظمة التوليد الخوائي كمياه سبق استعمالها، حيثما تقتضي الحاجة ذلك.

إنتاج الديزل الحيوي

تمثل مياه غسل المركبات العضوية (الاسترات) النفايات السائلة الرئيسية الناشئة من وحدات إنتاج الديزل الحيوي. وهي تحتوي على مخلفات وبقايا عضوية (استرات، وأحماض دهنية، ومواد صابونية، وغليسرين، وبقايا ميثانول)، وأحماض وأملاح غير عضوية ناتجة عن تحييد عامل التحفيز المتبقي مع الأحماض (عادة حمض الهيدروكلوريك وكلوريد الصوديوم). ويمثل استخدام حمض الفوسفوريك أحد التحديات أثناء معالجة المياه المستعملة نتيجة لارتفاع مستويات الفوسفات في تيارات التدفق، وإن كان استخدام ذلك الحمض يساعد في توليد الأملاح التي يمكن إعادة استخدامها كأسمدة ومخصبات. أما المياه الناتجة من عمليات الغسيل والتصحيح فتحتوي على شوائب عضوية وبقايا ميثانول. ويحتوى الناتج الكلي للمياه المستعملة عادة على مستوى مرتفع من الأحماض العضوية والمخففة، مما يؤدي إلى رفع مستويات كل من الحاجة الكيميائية للأكسجين والحاجة الكيميائية الحيوية لامتصاص الأكسجين.

وتشتمل التدابير الموصى بها للحد من التلوث وتخفيف آثاره على ما يلي:

- إزالة فائض الميثانول المستخدم في تفاعل عمليات الأسترة المتبادلة وذلك قبل خطوة الغسيل بقدر الإمكان، أو استرجاعه من تيارات تدفق المياه المستعملة.

- معالجة المياه المستعملة الخالية من الميثانول عن طريق الوحدة المعنية بالمواد الطافية من أجل تجميع المخلفات العائمة، بعد عمليات التحييد والمعالجة البيولوجية قبل التخلص من تلك المخلفات.

- القيام، في حالة استخدام حمض الفوسفوريك، برصد المواد الفوسفاتية المركزة في المياه المستعملة وضبط أو تعديل أنظمة معالجة المياه المستعملة عند الضرورة لاستيفاء معايير التصريف المنطبقة.

معالجة المياه المستعملة

تشتمل تقنيات معالجة المياه المستعملة في العمليات الصناعية في هذا القطاع على مصائد الشحوم، وأساليب الكشط، والتعويم الهواء المذاب، وآليات فصل الزيوت والمواد الصلبة العائمة عن المياه؛ والتوازن بين التدفق والحمولة؛ والحد من ترسب المواد الصلبة العالقة باستخدام أدوات التنقية؛ والمعالجة البيولوجية؛ والمعالجة اللاهوائية (في حالة ارتفاع مستوى الحاجة الكيميائية للأكسجين) التي تعقبها معالجة هوائية من أجل تخفيض المواد العضوية المذابة؛ وإزالة المغذيات الكيميائية أو البيولوجية لتخفيض النتروجين والفوسفور؛ وإضافة الكلور لتنقية المخلفات عند الحاجة إلى إجراء عمليات التطهير والتعقيم؛ ونزح المياه والتخلص من المخلفات المتبقية في المدافن الصحية للنفايات الخطرة. وقد تنشأ الحاجة إلى ضوابط هندسية إضافية من أجل (1) احتواء ومعالجة المركبات العضوية المتطايرة الناتجة عن تشغيل الوحدات المختلفة لنظام معالجة المياه المستعملة؛ (2) إزالة المركبات العضوية المستعصية باستخدام الكربون النشط أو الأكسدة الكيميائية المتقدمة؛ (3) الحد من الفضلات السائلة السامة من خلال استخدام التكنولوجيا الملائمة (مثل التناضح العكسي، والتبادل الأيوني، والكربون النشط، وما إلى غير ذلك)؛ (4) واحتواء وتحييد الروائح الكريهة.

وتناقش **الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة** قضايا إدارة المياه المستعملة للأغراض الصناعية وأمثلة لطرق معالجتها. ويجب على المنشآت والمرافق أن تقوم – من خلال استخدام هذه التقنيات وأساليب الممارسات السليمة الخاصة بإدارة المياه المستعملة – باستيفاء القيم الواردة في

الإرشادات بشأن تصريف المياه المستعملة طبقا لما يوضحه الجدول الخاص بذلك في القسم الثاني من هذه الوثيقة المعنية بهذا القطاع الصناعي.

التدفقات الأخرى للمياه المستعملة واستهلاك المياه

تتضمن **الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة** المبادئ توجيهات خاصة بإدارة المياه المستعملة غير الملوثة الناتجة عن عمليات تشغيل المرافق، ومياه الأمطار غير الملوثة، ومياه الصرف الصحي. ويجب توجيه تدفقات المياه الملوثة إلى نظام المعالجة الخاص بالمياه المستعملة في الأغراض الصناعية. كما تتضمن **الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة** أيضا توصيات خاصة بالحد من استهلاك المياه، ولا سيما إذا كانت المياه تشكل موردا طبيعيا محدودا.

المواد الخطرة

تستخدم منشآت تصنيع الكيميائيات الزيتية كميات كبيرة من المواد الخطرة، بما في ذلك مواد خام ومنتجات وسيطة ونهائية. ويجب مراعاة الطرق السليمة في مناولة وتخزين ونقل هذه المواد من أجل تفادي أية آثار محتملة ضارة بالبيئة أو تقليلها إلى أدنى حد ممكن. وتتضمن **الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة** الممارسات الموصى بها بشأن إدارة المواد الخطرة.

النفايات والنواتج الثانوية

إنتاج الأحماض الدهنية

تتمثل المخلفات الرئيسية الناشئة من إنتاج الأحماض الدهنية في عوامل التبييض، وطبقات القطران، وأقراص الترشيح التحفيزية. وتشكل عوامل التبييض النفايات الصلبة الرئيسية، التي تمثل ما يتراوح بين 0.5 إلى 2 في المائة من وزن الزيوت والمواد الدهنية المعالجة. وتحتوي عوامل التبييض على ما يصل إلى 40 في المائة من المواد الدهنية، وهي تشمل شوائب مثل صبغات التلوين، والمواد اللزجة، والألياف، ومنتجات هضم البروتين، والرماد، والمواد الصابونية. ويتم توليد طبقات القطران كبقايا ومخلفات لعملية تقطير الأحماض الدهنية. أما أقراص الترشيح التحفيزية فيتم إنتاجها من الهدرجة. وتتسم عوامل التبييض وأقراص الترشيح التحفيزية بقابلية الاشتعال في الهواء.

تشتمل استراتيجيات إدارة المخلفات والنفايات على ما يلي:

- يمكن أن يؤدي استخدام تكنولوجيا ترشيح متسمة بالكفاءة إلى أداء دور فعال في تخفيض كمية المواد الدهنية الموجودة في ألواح الترشيح، مما يؤدي إلى الحد من كل من النفايات الصلبة وفقدان الدهون.
- يجب التفكير في إعادة استخدام النفايات الغنية بالدهون، مثل عوامل التبييض، واسترجاع الطاقة من خلال عملية الإحراق. وتتضمن بدائل التدوير الأخرى إعادة استخدام تلك النفايات كلقيم في صناعة البناء، والأسمدة، وتخصيب الأراضي. ويجب التأكد من مستويات التلوث قبل إعادة الاستخدام.
- في حالة استخدام عملية التقطير المستمر، يجب إعادة التحليل المائي لطبقات القطران وإعادة التقطير في عملية ثانية لتقليل كمية النفايات الناتجة.
- يجب بحث إعادة استخدام طبقات القطران، بما في ذلك استخدامها في تشييد الطرق لما لها من خصائص مانعة لتسرب المياه، واسترجاع الطاقة من خلال الإحراق في الغلايات.

- تتسم أقراص الترشيح المعتمدة على استخدام النيكل كمحفز بخاصية سرعة الاشتعال في الهواء ويجب تجفيفها بالنتروجين قبل تخزينها أو التخلص منها. وتشتمل الوسائل الملائمة لإدارة عوامل التحفيز في الموقع على معالجة عوامل التحفيز القابلة للاشتعال بغمرها في الماء خلال عملية التخزين المؤقت ونقلها من أجل بلوغها نقطة المعالجة النهائية مع تفادي حدوث تفاعلات مُطلقة للحرارة لا يمكن السيطرة عليها.

- يجب إعادة عوامل التحفيز المستخدمة إلى الشركة الصانعة من أجل إعادة تخليقها أو إرسالها إلى مقاول متخصص لاسترجاع المواد المعدنية. أما الإدارة خارج الموقع لعوامل التحفيز من قبل الشركات المتخصصة فتتضمن استرجاع المعادن الثقيلة أو النفيسة، من خلال عمليات الاستعادة وإعادة الاستخدام كلما كان ذلك ممكنا، أو المعالجة والتخلص النهائي طبقا للتوصيات الخاصة بإدارة النفايات الخطرة وغير الخطرة الواردة في **الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة**. ويجب إرسال عوامل التحفيز المحتوية على البلاتنيوم والبلاديوم إلى منشأة متخصصة في استرجاع المعادن النفيسة.

- يجب التفكير في استخدام عوامل التحفيز المستندة إلى البلاديوم المنخفض الأثر بدلا من العوامل المعتمدة على النيكل بالنسبة للمصانع الجديدة.

إنتاج الغليسرين

تشتمل النفايات والنواتج الثانوية الناشئة من إنتاج الغليسرين على جزئيات ثقيلة ناتجة عن التقطير ومخلفات ناشئة من الترشيح و/أو التبييض، وهي تتكون من الكربون النشط، والطفل النشط، والعوامل المساعدة على الترشيح المحتوية على مواد دهنية وصابونية وجير وأملاح مترسبة (مثل سلفات الألومونيوم أو كلوريد الحديد)، وصبغات التلوين.

وتشتمل استراتيجيات إدارة النفايات الموصى بها على ما يلي:

- يجب بحث تدوير ألواح الترشيح غير الملوثة بمواد معدنية ثقيلة ومذيبات وإعادة استخدامها كعلف حيواني أو أسمدة، وخاصة إذا كانت محتوية على أملاح ناتجة عن تحييد هيدروكسيد البوتاسيوم وحمض الفوسفوريك؛

- يجب عزل ألواح الترشيح الملوثة وإدارتها طبقا للتوجيهات الواردة في **الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة**؛

- استخدام تقطير النواتج الثقيلة مثل الغليسرين المنخفض المرتبة، أو استخدامها كوقود لإنتاج الطاقة بعد إجراء خطوة التركيز.

إنتاج الديزل الحيوي

تشتمل النفايات الصناعية الصلبة والنواتج الثانوية الناشئة من تصنيع الكيميائيات الزيتية على أملاح التحفيز المترسبة من مرحلة تحييد الغليسرين، والأحماض الدهنية والمواد الصابونية الدهنية، وعوامل التبييض أو الألواح المساعدة على الترشيح الناتجة عن تنقية المواد الخام المنخفضة النوعية؛ واسترات الغليان الثقيلة والخفيفة الناشئة من عملية التقطير.

وتشتمل استراتيجيات إدارة النفايات الموصى بها على ما يلي:

- بحث إعادة استخدام أملاح التحفيز كأسمدة، إذا كان هيدروكسيد البوتاسيوم مستخدما كعامل تحفيز وحمض الفوسفوريك كعامل تحييد.

- إدارة معالجة ألواح التبييض والترشيح والتخلص منها حسب الوصف الخاص بالنفايات الناشئة من إنتاج الأحماض الدهنية.

- يجب تحييد المواد الصابونية الدهنية، كما يجب استعادة نواتج الأحماض الدهنية وأسترتها إلى إسترات الميثيل عن طريق الأسترة الحمضية المحفزة.

- إعادة استخدام إسترات الغليان الثقيلة والخفيفة في القطاعات المختلفة لتصنيع الكيميائيات الزيتية في حالة انخفاض متطلبات الجودة النوعية.

- بحث استخدام طبقات القطران المنخفضة النوعية كوقود لإنتاج الطاقة.

الضوضاء

تتضمن المصادر التقليدية لانبعاث الضوضاء المكابس الضاغطة والتوربينات والمضخات والمحركات الكهربائية ومبردات الهواء والأسطوانات الدوارة والمعدات الكروية وسيور نقل المواد والأوناش والرافعات وأجهزة التسخين بالنيران والنقص الطارئ في ضغط الهواء أو الغاز في الأماكن المقفلة. وتشتمل **الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة** على توجيهات خاصة بالتحكم في الضوضاء والحد منها.

1.2 الصحة والسلامة المهنية

يجب تحديد أخطار السلامة والصحة المهنية في المنشأة استنادا إلى تحليل السلامة الوظيفية أو التقييم الشامل للمخاطر باستخدام طرق منهجية راسخة مثل دراسة تحديد الأخطار، أو دراسة الأخطار وقابلية التشغيل، أو التقييم الكمي للمخاطر. وكنهج عام، يجب أن يتضمن تخطيط إدارة الصحة والسلامة اعتماد منهج نظامي للوقاية والتحكم في أخطار الصحة والسلامة أي الأخطار المادية والكيمائية والبيولوجية والإشعاعية حسب الوصف الوارد في **الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة**.

وتشتمل قضايا الصحة والسلامة المهنية المتعلقة تحديدا بأماكن تصنيع الكيميائيات الزيتية على ما يلي:

- سلامة العمليات الصناعية
- الأخطار الكيمائية
- الحرائق والانفجارات
- الأخطار المهنية الأخرى

سلامة العمليات الصناعية

يجب تنفيذ البرنامج الخاص بسلامة العمليات الصناعية على أساس الخصائص والسمات المميزة لكل صناعة، بما في ذلك التفاعلات الكيمائية المعقدة، واستخدام مواد خطرة كالسميات والمركبات المتفاعلة كيمائيا والقابلة للاشتعال أو الانفجار)، وتفاعلات التخليق العضوي المتعدد الخطوات.

وتشتمل إدارة سلامة العمليات الصناعية على الإجراءات التالية:

- اختبار الخطر المادي الناشئ عن المواد والتفاعلات.

- دراسات تحليل الأخطار لاستعراض الممارسات الكيميائية والهندسية، بما في ذلك النماذج الديناميكية الحرارية والطاقة الحركية.
- التأكد من الصيانة الوقائية والسلامة الميكانيكية للمعدات والمرافق الصناعية.
- تدريب العمال.
- إعداد الإرشادات والتعليمات الخاصة بالتشغيل وإجراءات الاستجابة في حالة الطوارئ.

الأخطار الكيمائية

يمكن أن تتسبب أنشطة تصنيع الكيميائيات الزيتية في التعرض لأخطار كيمائية، مثل استنشاق الهيكسان أو الميثانول أو المذيبات الأخرى المستخدمة في عمليات الاستخلاص والاستخراج؛ واستنشاق المواد الكيمائية السامة وتعرض البشرة الجلدية لها، بما في ذلك الأحماض والمجموعات الكيمائية القاعدية؛ واستنشاق الغبار الناتج عن نقل المواد الخام؛ واستنشاق الغبار الناجم عن العوامل المساعدة على التبييض والترشيح والتحفيز. وتتضمن **الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة** على توجيهات خاصة بإدارة الأخطار الكيمائية في أماكن العمل.

وتتضمن التوصيات الصناعية الإضافية ما يلي:

- تدريب العاملين على المناولة الكيمائية، كالتفسير الصحيح للبيانات الخاصة بسلامة المواد على سبيل المثال، وبطاقات السلامة الكيمائية الدولية، وإجراءات الإسعاف الأولي (ويجب توفير التدريب الكامل للعاملين الموسميين والمؤقتين قبل عملهم في مجالات كيميائية).
- تزويد العاملين بملابس ومعدات الوقاية الشخصية المحددة في إطار تحليل السلامة الوظيفية وبموجب بيانات السلامة المهنية.
- التأكد من كفاية دورة الهواء للحد من تركز المذيبات في أماكن استخلاص الزيوت.
- توفير التهوية الكافية في أماكن العمل الخاصة بمناولة المواد الخام، وعمليات الطحن، ومناولة مواد التبييض، واستخدام المذيبات.
- ضمان التقطير السليم للزيوت بعد استخلاصها والتأكد من فعالية إزالة المذيبات.
- تنفيذ الصيانة الوقائية للحد من مخاطر الحروق الناتجة من أنابيب البخار وجميع الأسطح الساخنة.
- استخدام الماء الساخن، بدلا من المذيبات، بقدر الإمكان في عمليات التنظيف.

الحرائق والانفجارات

يمكن أن يتسبب تصنيع الكيميائيات الزيتية في حدوث مخاطر الانفجارات الناشئة من تطاير المذيبات (مثل الهيكسان) ونشوب الحرائق الناتجة من مواد التبييض المختلطة بزيوت محتوية على نسبة عالية من اليود، والعوامل المساعدة على التحفيز، وارتفاع درجات الحرارة في أماكن العمل. وتشتمل التوصيات الخاصة بالوقاية من أخطار الحرائق والانفجارات والحد منها على ما يلي:

- إبقاء مستوى التركز الهوائي للمركبات العضوية المتطايرة في مستوى أقل بنسبة 10 في المائة عن الحد المنخفض لحدوث الانفجارات. [2]
- منع التسربات وانسكاب الزيوت في مصانع الاستخلاص.
- السيطرة والتحكم في درجات حرارة البقع الساخنة الخاصة بالزيوت المستخلصة الواردة والتحكم في درجات حرارة المنشآت المتلقية للزيوت المستخلصة بالمذيبات.
- تنفيذ تدابير السيطرة والوقاية من الحرائق والاشتعال الذاتي في أماكن تخزين ومناولة المواد والعوامل المساعدة على التحفيز والتبييض.
- استخدام النتروجين في تجفيف ألواح الترشيح والتحفيز القابلة للاشتعال عند تعرضها للهواء، وتخزينها في حاويات محكمة الإغلاق لمنع تعرضها للهواء.
- استخدام مواد غير قابلة للاحتراق في المعدات الخاصة بمناولة الميثانول أو الهيدروجين.
- إنشاء مواقع تخزين الهيدروجين على مسافة آمنة من مرافق المصنع الأخرى.
- تصميم صهاريج التخزين، والأنابيب، ومعدات استخدام الهيدروجين بالطرق الكفيلة بتفادي أي تراكم محتمل للهيدروجين.
- تركيب أجهزة كشف تسرب الهيدروجين في مواقع مختارة في سياق تحليل المخاطر.
- تزويد أنظمة مناولة الهيدروجين بأدوات إغلاق ذات صمامات الإقفال التلقائي.
- منع تراكم الميثانول وغير ذلك من أبخرة المركبات العضوية المتطايرة في كافة أنحاء المصنع. إذ يجب، على سبيل المثال، أن يؤدي تصميم المفاعلات إلى ضمان بقاء الميثانول في حالة السيولة حتى في حالات الضغط المنخفض.
- تركيب أنظمة ملائمة لتبريد الصهاريج، والأنابيب، والمفاعلات لمنع الاشتعال الذاتي للميثانول في حالات اختلال الأوضاع في المصنع أو تعطل المعدات.

الأخطار المهنية الأخرى

تعتبر الأخطار المادية المرتبطة بمنشآت تصنيع الكيميائيات الزيتية مماثلة للأخطار المحدقة بالقطاعات الصناعية الأخرى، وهي تشمل حالات السقوط المحتمل بسبب الأرضيات والسلالم الزلقة، والاصطدامات الممكنة لوسائل النقل الداخلي مثل الشاحنات، وحوادث اللمس أو الاحتكاك المباشر بسيور أنظمة النقل وخاصة تلك المستخدمة في مصانع تكسير وطحن المواد أو في إزالة النفايات والفضلات. وقد يتعرض مشغلو المعدات للضوضاء الآتية من وسائط النقل الداخلي وسيور الحركة والمراجل والغلايات والمضخات والمراوح وتسرب الهواء والأبخرة المختلفة وما إلى ذلك. وتقدم **الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة** توجيهات خاصة بالأوضاع العامة في أماكن العمل.

[2] على سبيل المثال، يبلغ الحد الأدنى لانفجار الهيكسان 1.1 في المائة (الحجم مقابل الحجم) والحد الأقصى 7.5 في المائة (الحجم مقابل الحجم).

1.3 صحة المجتمعات المحلية وسلامتها

تحدث معظم الأخطار الجسيمة المؤثرة على صحة المجتمعات المحلية وسلامتها، والناتجة من منشآت تصنيع الكيميائيات الزيتية، أثناء مرحلة التشغيل، وهي تشمل التهديد بوقوع حوادث كبيرة كنشوب الحرائق والانفجارات الممكنة أو حوادث السقوط العرضي للمواد الخام أو المنتجات تامة الصنع أثناء نقلها خارج المنشأة الصناعية. ونعرض أدناه إرشادات بشأن إدارة هذه القضايا فضلا عن التوجيهات الواردة في الأقسام ذات العلاقة في **الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة**، بما في ذلك: سلامة المرور، ونقل المواد الخطرة، وخطط الاستعداد والاستجابة للطوارئ.

وتجدر الإشارة إلى وجود توجيهات إضافية بخصوص النقل البحري والنقل بالسكك الحديدية والمنشآت القريبة من الشواطئ في الإرشادات بشأن البيئة والصحة والسلامة المعنية بالشحن البحري، والنقل بالسكك الحديدية، والموانئ، والمحطات الطرفية الخاصة بالنفط الخام والمنتجات البترولية.

2.0 مؤشرات الأداء ورصده

2.1 البيئة

إرشادات بشأن الانبعاثات والنفايات

يقدم الجدولان 1 و 2 إرشادات بشأن انبعاث الغازات والنفايات فيما يتعلق بهذا القطاع الصناعي. وتمثل القيم المرجعية الخاصة بالانبعاثات والنفايات الصناعية في هذا القطاع قيما تأشيرية لتوضيح الممارسات الصناعية الدولية السليمة التي تعبر عنها المعايير المنطبقة في بلدان لديها أطر تنظيمية معترف بها. وتعتبر هذه الإرشادات قابلة للتطبيق في ظل أوضاع التشغيل المعتادة في المنشآت المتمتعة بهياكل التصميم والتشغيل الملائمة من خلال تطبيق أساليب وتقنيات الوقاية من التلوث والحد من آثاره طبقا للمناقشة الواردة في الأقسام السابقة من هذه الوثيقة.

وتنطبق الإرشادات المعنية بانبعاث الغازات على الانبعاثات الصناعية. أما الإرشادات الخاصة بالانبعاثات المتأتية من مصادر الاحتراق والمرتبطة بأنشطة توليد البخار والطاقة الكهربائية من مصادر ذات سعة حرارية تعادل أو تقل عن 50 ميغا وات حرارية فتتم معالجتها في **الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة** إلى جانب معالجة الانبعاثات من مصادر الطاقة الكهربائية الأكبر حجما في **إرشادات البيئة والصحة والسلامة الخاصة بالطاقة الحرارية**. كما تتضمن **الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة** توجيهات خاصة بالاعتبارات البيئية المستندة إلى إجمالي حِمل الانبعاثات.

وتنطبق التوجيهات الخاصة بالنفايات والفضلات على عمليات التخلص المباشر من النفايات المُعَالجة في مياه الجريان السطحي للاستخدام العام. ويمكن تحديد مستويات التخلص من النفايات في الموقع في ضوء توفر الإمكانات والأوضاع اللازمة لاستخدام أنظمة تجميع ومعالجة مياه المجاري التي تقوم بتشغيلها الحكومات، أو بالاستناد، في حالة التخلص منها مباشرة في المياه السطحية، إلى تصنيف استخدام المياه التي يتم الحصول عليها طبقا للوصف الوارد في **الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة**. وينبغي تحقيق هذه المستويات، بدون التخفيف، بنسبة 95 في المائة على الأقل في وقت تشغيل المصنع أو الوحدة، مع احتساب هذه المستويات كنسبة من ساعات التشغيل السنوي. ويجب أن يشتمل التقييم البيئي على مبررات لأي انحراف عن هذه المستويات لاعتبارات خاصة بأوضاع مشروعات محلية محددة.

الجدول1: مستويات الانبعاثات الهوائية الخاصة بمنشآت تصنيع الكيميائيات الزيتية

الملوثات	الوحدات	القيمة الاسترشادية
المركبات العضوية	مع/م ^{3}	100 [1]

a. At 273 K (0 °C) and 101.3 kPa (1 atmosphere).

الجدول 2: مستويات النفايات الناتجة عن منشآت تصنيع الكيميائيات الزيتية

الملوثات	الوحدات	القيمة الاسترشادية
درجة الحموضة	S.U.	6-9
الحاجة الكيمائية الحيوية للأكسجين	mg/L	40
الحاجة الكيمائية للأكسجين	mg/L	150

الجدول 2: مستويات النفايات الناتجة عن منشآت تصنيع الكيميائيات الزيتية		
الملوثات	الوحدات	القيمة الاسترشادية
إجمالي النتروجين	mg/L	30
إجمالي الفضلات الفوسفورية	mg/L	5
الزيوت والشحوم	mg/L	10
إجمالي الفضلات الصلبة العالقة	mg/L	50

	طن من الناتج	
الطاقة		
الأحماض الدهنية/ إنتاج الغليسرين	لكل طن من المواد الخام	550kg(vapor@30 bar) + 200kg (vapor @10 bar) + 45 kWh
إنتاج الديزل الحيوي	لكل طن من الناتج	600kg(vapor@ 5 bar) + 1.2*106 kJ + 40 kWh

استخدام الموارد، واستهلاك الطاقة، وتوليد الانبعاثات والنفايات

يقدم الجدول 3 أمثلة لاستهلاك الموارد/ مؤشرات توليد الطاقة في هذا القطاع، بينما يقدم الجدول 4 أمثلة للانبعاثات ومؤشرات توليد النفايات. ونعرض القيم المرجعية الخاصة بهذه الصناعة لأغراض المقارنة فقط، ويجب على المشروعات استهداف تحقيق تحسن مستمر في هذه المجالات.

الجدول 3: استهلاك الموارد والطاقة		
المدخلات لوحدة الناتج	الوحدة	القيمة المرجعية للصناعة
استخدام المياه		
الأحماض الدهنية/ إنتاج الغليسرين	متر مكعب/ طن من الناتج	0.6 – 0.8
إنتاج الديزل الحيوي	متر مكعب/	1.6 – 2.0

الجدول 4: نواتج المياه المستعملة والنفايات		
المدخلات/ وحدة الناتج	الوحدة	القيمة المرجعية للصناعة
المياه المستعملة الناتجة عن العمليات الصناعية (1)		
الأحماض الدهنية/ إنتاج الغليسرين	م^3/ طن مواد خام	<0.1[2]
إنتاج الديزل الحيوي	م^3 / طن من الناتج	0.9 – 1.3
الفضلات الصلبة في المياه المستعملة		
الأحماض الدهنية/ إنتاج الغليسرين	كيلوغرام/ طن مواد خام	5 (عوامل التحفيز) 10 (مخلفات التقطير)
إنتاج الديزل الحيوي	كيلوغرام/ طن من الناتج	50 (فوسفات البوتاسيوم)

ملاحظات:

1. مياه التبريد غير مشمولة. يجب إعادة استخدام 90-95 في المائة من مياه التبريد
2. على أساس أن طن المواد الخام يتكون من 900 كيلوغرام من الأحماض الدهنية و100 كيلوغرام من الغليسرين.

الرصد البيئي

يجب تنفيذ برامج الرصد البيئي الخاصة بهذا القطاع من أجل معالجة الأنشطة المنطوية على آثار كبيرة محتملة على البيئة، خلال عمليات التشغيل العادية وغير العادية. ويجب أن تستند أنشطة الرصد البيئي إلى مؤشرات مباشرة أو غير مباشرة بشأن الانبعاثات، والنفايات، واستخدام الموارد لكل مشروع من المشروعات.

وينبغي أن تكون عملية الرصد متواترة بدرجة كافية لتوفير بيانات استدلالية بشأن الضوابط والبارمترات التي يتم رصدها. ويجب أن يتم الرصد من قبل أفراد مدربين طبقا للإجراءات الخاصة بالمتابعة وحفظ السجلات وباستخدام معدات تتم معايرتها وصيانتها بالطرق السليمة. وينبغي تحليل بيانات الرصد ومراجعتها في فترات فاصلة منتظمة ومقارنتها بمعايير التشغيل حتى يمكن اتخاذ أية إجراءات تصحيحية لازمة. وتتضمن **الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة** توجيهات إضافية بخصوص أخذ العينات وطرق تحليل الانبعاثات والنفايات.

2.2 الصحة والسلامة المهنية

إرشادات بشأن الصحة والسلامة المهنية

يجب تقييم الأداء على صعيد الصحة والسلامة المهنية على أساس المبادئ التوجيهية الدولية المنشورة الخاصة بمستويات التعرض للأخطار المهنية في هذا المجال، والتي تتضمن أمثلتها توجيهات بشأن الحد الأقصى المقبول للتعرض ومؤشرات التعرض البيولوجي الصادرة عن المؤتمر الأمريكي

لخبراء الصحة المهنية الحكوميين، [3] ودليل الجيب للأخطار الكيمائية الصادر عن المعهد القومي الأمريكي للصحة والسلامة المهنية، [4] ومستويات الحد الأقصى للتعرض المسموح به الصادرة عن إدارة الصحة والسلامة المهنية في الولايات المتحدة، [5] والقيم التوضيحية للحد الأقصى المقبول للتعرض الصادرة عن البلدان الأعضاء في الاتحاد الأوروبي، [6] أو المصادر الأخرى المماثلة.

معدلات الحوادث والوفيات

يجب أن تسعى المشروعات إلى تخفيض عدد الحوادث التي يتعرض لها العمال (من الموظفين المعينين أو العمال المتعاقدين) إلى الصفر، وخاصة أن الحوادث تؤدي إلى ضياع وقت العمل، وحدوث مستويات مختلفة للعجز والإعاقة، أو حتى الوفيات. ويمكن مقارنة المعدلات الخاصة بالمنشآت الصناعية بالمعدلات المرجعية المتعلقة بأداء المنشآت الصناعية العاملة في هذا القطاع في الدول المتقدمة من خلال الرجوع إلى المصادر المنشورة (عن جهات مثل المكتب الأمريكي لإحصاءات العمل والمكتب التنفيذي البريطاني للصحة والسلامة المهنية). [7]

عمليات الرصد المعني بالصحة والسلامة المهنية

يجب متابعة أوضاع بيئة العمل لرصد الأخطار المهنية المرتبطة بالمشروعات. ويجب تصميم أنشطة الرصد وتنفيذها من قبل خبراء مهنيين معتمدين [8] في إطار برنامج خاص برصد ومتابعة قضايا الصحة والسلامة المهنية. كما ينبغي أن تحتفظ المنشآت بسجل للحوادث والأمراض المهنية، والحوادث والوقائع الخطيرة. وتوجد توجيهات إضافية حول برامج الرصد الخاصة بالصحة والسلامة المهنية **في الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة**.

[3] على الموقعين التاليين: http://www.acgih.org/TLV/ http://www.acgih.org/store/
[4] Aمتاح على الموقع: http://www.cdc.gov/niosh/npg/
[5] متاح على الموقع: http://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show_document?p_table=STANDARDS&p_id=9992
[6] متاح على الموقع: http://europe.osha.eu.int/good_practice/risks/ds/oel/
[7] متاح على الموقعين التاليين: http://www.bls.gov/iif/ http://www.hse.gov.uk/statistics/index.htm

[8] يمكن أن تشتمل فئة الخبراء المعتمدين على خبراء الصحة المهنية المعتمدين، وخبراء الصحة المهنية المسجلين رسميا، أو خبراء السلامة المهنية المعتمدين، أو نظرائهم

3.0 ثبت المراجع والمصادر الإضافية

American Oil Chemists' Society (AOCS). 2006. Inform. April 2006. Volume 17(4) pg. 216-217. Champaign, IL: American Oil Chemists' Society Press.

American Oil Chemists' Society (AOCS). 2006. Inform. May 2006. Volume 17(5) pg. 324-326. Champaign, IL: American Oil Chemists' Society Press.

American Oil Chemists' Society (AOCS). 2006. Inform. May 2006. Volume 17(5) pg. 285. Champaign, IL: American Oil Chemists' Society Press.

American Oil Chemists' Society (AOCS). 2006. Biorenewable Sources. August 2006, Volume 2. Champaign, IL: American Oil Chemists' Society Press.

Dieckelmann, G., and H.J. Heinz. 1989. The Basics of Industrial Oleochemistry. Essen, Germany: Peter Pomp Publication Gmbh.

European Commission. 2003. European Integrated Pollution Prevention and Control Bureau (EIPPCB). Reference Document on Best Available Techniques (BAT) in the Large Volume Organic Chemical (LVOC) Industry. Seville: EIPPCB. Available at http://eippcb.jrc.es/pages/FActivities.htm

European Union Council Directive 1999/13/EC of 11 March 1999 on the Limitation of Emissions of Volatile Organic Compounds due to the Use of Organic Solvents in Certain Activities and Installations. Brussels, Belgium

German Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety. 2004. Promulgation of the New Version of the Ordinance on Requirements for the Discharge of Waste Water into Waters (Waste Water Ordinance - AbwV) of 17. June 2004. Berlin, Germany

Gunstone, F.D., and R.J. Hamilton (Ed.). 2001. Oleochemicals Manufacture and Applications. Sheffield, UK / Boca Raton, FL: Sheffield Academic Press / CRC Press.

Johnson, R.W., and E. Fritz. 1989. Fatty Acids in Industry: Processes, Properties, Derivatives, Applications. New York, NY: Marcel Dekker Inc.

Italian Republic. 2006. Decreto Legislativo 3 Aprile 2006, No. 152. Norme in Materia Ambientale. Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana, No. 96/L. 14 April 2006. Rome: Repubblica Italiana.

National Renewable Energy Laboratory (NREL). Biodiesel Production Technology. Doc. No. NREL/SR-510-36244. Golden, Colorado, USA. Available at www.nrel.gov

Swern D. 1985. Bailey's Industrial Oil and Fat Products. Vol. 2 Fourth ed. New York, NY: John Wiley & Sons Inc.

US EPA. 40 CFR Part 417. Subpart B—Fatty Acid Manufacturing by Fat Splitting Subcategory. Washington, DC. Available at http://www.gpoaccess.gov/cfr/index.html

US EPA. 40 CFR Part 417. Subpart C—Soap Manufacturing by Fatty Acid Neutralization Subcategory. Washington, DC. Available at http://www.gpoaccess.gov/cfr/index.html

US EPA. 40 CFR Part 417. Subpart D—Glycerin Concentration Subcategory. Washington, DC. Available at http://www.gpoaccess.gov/cfr/index.html

US EPA. 40 CFR Part 417. Subpart E—Glycerin Distillation Subcategory. Washington, DC. Available at http://www.gpoaccess.gov/cfr/index.html

الملحق(أ): وصف عام

يضطلع قطاع تصنيع الكيميائيات الزيتية بإنتاج سلسلة عريضة من المواد المستخلصة من التخليق المادي والكيمائي للزيوت والمواد الدهنية الطبيعية، التي تشمل:

- الأحماض الدهنية عن طريق انقسام وانشطار جزيئ ثلاثي الغليسرين إلى مكوناته وعناصره (إي إلى أحماض دهنية وغليسرين).
- الديزل الحيوي، بشكل رئيسي عن طريق استبدال (الأسترة الإحلالية) الغليسرين بالميثانول في جزيئ ثلاثي الغليسرين.
- الغليسرين من خلال معالجة محاليل الغليسرين المائية المستخلصة بشكل رئيسي عن طريق الأسترة الإحلالية والانشطار.

إنتاج الأحماض الدهنية

يتم مواصلة تنقية الأحماض الدهنية، المستمدة من انشطار الزيوت والمواد الدهنية الطبيعية، وتخليقها عن طريق التقطير والتجزئة والهدرجة (الشكل ألف-1). ويمكن استخدام الأحماض الدهنية بشكل مباشر في العديد من التطبيقات الصناعية أو استخدامها كمادة قاعدية لسلسلة واسعة النطاق من الكيميائيات الزيتية مثل الاسترات والأميدات والمواد الصابونية المعدنية.

المواد الخام

تشتمل المواد الخام على الزيوت النباتية (وخاصة زيت فول الصويا، وزيت النخيل، وزيت بزر اللفت، وزيت بزر عباد الشمس، وزيت بذرة القطن، وزيت الزيتون) التي تمثل حوالي 85 في المائة من إنتاج المواد الدهنية في العالم، بينما تأتي نسبة الـ 15 في المائة المتبقية من الشحوم الحيوانية مثل الدهن الحيواني (الودك)، ودهن الخنزير، والزبدة، ودهن الطيور الداجنة، وزيت السمك. [9]

وعلى الرغم من إنتاج كمية متزايدة من الكيميائيات الزيتية من مواد دهنية عالية النوعية، إلا أن المواد الخام المستخدمة في صناعة الكيميائيات الزيتية تتضمن مواد منخفضة النوعية مثل الزيوت شبه المكررة أو الزيوت المعاد استخدامها، والمخلفات الناتجة عن تنقية المواد الدهنية.

العمليات الصناعية

المعالجة المسبقة للمواد الدهنية والزيوت

من الضروري إزالة الشوائب الموجودة في المواد الخام المستخدمة، مثل نواتج هضم البروتين، والرماد، والمواد الصابونية، والمواد اللزجة، وصبغات التلوين. وبالنسبة لتصنيع الكيميائيات الزيتية العالية النوعية، يتم عادة تنفيذ المعالجة المسبقة عن طريق ترشيح المواد الخام بكمية متغيرة (0.1 - 2 %) من مواد التبييض النشطة (المشطورة). ويمثل طفل الترشيح، المحتوي على ما يصل إلى 40 في المائة من المواد الدهنية، المخلفات الصلبة الرئيسية الناشئة من إنتاج الأحماض الدهنية.

تجزيء المواد الدهنية والزيوت

يمكن تطبيق عملية التجزيء على الزيوت والمواد الدهنية (المستخدمة على نطاق واسع لزيت النخيل)، كما يمكن تطبيقها

[9] Inform, April 2006, Volume 17(4)

على الأحماض الدهنية بعد الانشطار (انظر المناقشة أدناه). ويتيح التجزيء فصل المواد الخام المستخدمة في فئتين: جزء أكثر سيولة (يحتوي على درجة عالية من المواد الدهنية أو الأحماض الدهنية غير المشبعة ، وله قيمة تجارية أعلى)، وجزء أكثر صلابة (يحتوي على درجة من المواد الدهنية أو الأحماض الدهنية المشبعة أعلى من مثيلتها في المواد الخام المستخدمة).

ويستند التجزيء إلى البلورة الجزئية للمواد الدهنية الناتجة عن التبريد الموجه. وهنالك ثلاث تقنيات للتجزيء شائعة الاستخدام: التجزيء الجاف أو التبريد، والتجزيء الرطب، والتجزيء بالمذيبات.

يتم في عملية التجزيء الجاف فصل البلورات عن مرحلة السيولة من خلال الترشيح، بينما يستخدم المحلول السطحي في التجزيء الرطب كعامل مرطب للبلورات التي يتم عزلها بفصلها عن المركز. ويجري استخدام المذيبات (الهيكسان أو الأسيتون عادة) في التجزيء بالمذيبات كعامل وسيط لبلورة وفصل الأجزاء الصلبة. ويتم استرجاع عوامل الترطيب والمذيبات وإعادة استخدامها في العملية الصناعية. وتزداد درجة نقاء الجزئيات، والتكاليف الرأسمالية والإنتاجية أيضا، عن عملية التجزيء بشكل مطرد من التجزيء الجاف إلى التجزيء الرطب إلى التجزيء بالمذيبات. [10]

الانشطار

يتم إخضاع المواد الدهنية والزيوت للتحليل المائي في عملية الانشطار لاستخلاص ناتج نقي من الأحماض الدهنية والغليسرين. ويمكن تشغيل محطات الانشطار العادية عبر عمليات صناعية مستمرة أو منفصلة في درجات حرارة تتراوح بين 210-250 مئوية وضغط بخار قدره 20-40 بارا بدون عوامل تحفيزية. [11] ومن أجل تحقيق ناتج مرتفع للانشطار (أكثر من 97 في المائة)، يتم بصفة مستمرة فصل الغليسرين المائي (الماء الحلو) عن مرحلة المواد الدهنية. ويتم تعريض الأحماض الدهنية الخام للضغط الجوي مع تكثيف البخار الناتج من خلال الرش بالماء. ويتم التخلص من الماء الناتج بعد فصل المواد الدهنية العائمة. ويتم بعد ذلك تجفيف الأحماض الدهنية الخام ثم إرسالها إلى محطة التقطير. ويجري فصل المياه الحلوة، المحتوية على ما يصل إلى 20 في المائة من الغليسرين، عن المواد الدهنية المتبقية، مع إمكانية تنقيتها من خلال معالجة خفيفة بالجير والترشيح قبل إجراء أية عمليات أخرى لإنتاج الغليسرين.

الهدرجة

يمكن تنفيذ عملية الهدرجة قبل أو بعد عملية الانشطار. والهدرجة عبارة عن تفاعل بين الهيدروجين ومزيج ثنائي الإيثيلين للمواد الدهنية غير المشبعة باستخدام عامل تحفيز. ويتسم الناتج من المواد الدهنية المشبعة (المهدرجة) بخصائص مستقرة بشكل أفضل ونقطة ذوبان أعلى. ويتم تنفيذ عملية الهدرجة العادية في درجات حرارة تتراوح بين 180-250 مئوية وضغط هيدروجيني يبلغ 10-25 بار في ظل استخدام عامل تحفيز بالنيكل المقسم بدقة والمرتكز على هلام السليكا أو مادة مشطورة. [12]

ويؤدي التفاعل إلى إطلاق الحرارة التي يتم استرجاعها لاستخدامها في التسخين المسبق للمواد الدهنية. ويتم ترشيح المواد الدهنية المهدرجة، مع تجميع ألواح الترشيح بالتحفيز (بعد تجفيفها بالنتروجين بسبب خاصية قابلية اشتعالها في

[10] G. Dieckelmann and H.J. Heinz, 1989.
AOCS. Inform, May 2006, Volume 17(5)

[11] G. Dieckelmann and H.J. Heinz, 1989
[12] Bailey's Industrial Oil and Fat Production. 1985

الهواء) وإرسالها إلى الوحدات الصناعية المختصة لإعادة تنشيطها. وربما تكون هناك ضرورة لتنفيذ خطوة إضافية للتنقية (بعد التكرير) من خلال الترشيح بمواد التبييض النشطة من أجل إزالة آثار النيكل (نيكل المواد الصابونية).

تقطير الأحماض الدهنية والتقطير الجزئي

تحتوي الأحماض الدهنية الخام المستمدة من وحدات الانشطار على 2 إلى 5 في المائة من الغليسريد الجزئي، والمونومرات قليلة الوحدات، والمواد غير الصابونية، ونواتج الأكسدة. أما محطات التقطير، التي تعمل عادة في درجات حرارة تتراوح بين 160 إلى 250 مئوية و2 إلى 20 ميللي بار، فتنتج أحماضا دهنية خفيفة اللون، وجزيئات طرفية خفيفة ومخلفات. ويتم تكثيف الجزيئات الطرفية الخفيفة وتجميعا للمزيد من المعالجة والتخلص منها. وتحتوي مخلفات العمليات الصناعية المستمرة على نسبة مئوية معينة من الأحماض الدهنية ويمكن استخدامها إما في عمليات الإنتاج المنخفض النوعية أو إعادة تحليلها مائيا وإعادة تقطيرها. ويتم تجميع طبقات المخلفات الناتجة لإعادة استخدامها و/أو التخلص منها. وتقوم أبراج تقطير الأحماض الدهنية بإنتاج مجموعات مختلفة من جزئيات الأحماض الدهنية تبعا لمستويات ضغط البخار المختلفة. ويمكن أيضا تجزيء الأحماض الدهنية عن طريق البلورة الجزئية في درجة حرارة منخفضة.

إنتاج الغليسرين

يتم إنتاج الغليسرين الحيواني أو النباتي عن طريق انقسام ثلاثي غليسرين المواد الدهنية الحيوانية والنباتية من خلال الانشطار والأسترة التحويلية أو المحتوى الصابوني. ويتم تنقية محاليل الغليسرين المائية وتركيزها وتقطيرها (الشكل ألف-2) لتلبية مواصفات الأسواق المحلية، ويمكن استخدامها في إنتاج كيميائيات زيتية أخرى مثل أحادي وثنائي الغليسرين.

المواد الخام

تنتج محطات الانشطار محاليل غليسرين تحتوي على ما يصل إلى 20 في المائة من الغليسرين في الماء (المياه الحلوة). أما عمليات تركيز الغليسرين بنسبة 85 إلى 90 في المائة وتركيز الأملاح بما يصل إلى 5 في المائة من خلال عملية الأسترة التحويلية؛ واسترجاع الميثانول الفائض من محلول الغليسرين وإعادة استخدامه في العملية الصناعية، فتعتبر كلها عمليات شائعة في صناعة الديزل الحيوي. وتتضمن محاليل الغليسرين المستمدة من عملية الاستخلاص الصابوني، محتوى منخفضا من الغليسرين (5-8 في المائة) وتركزا أعلى للأملاح (10-15 في المائة) والشوائب.

العمليات الصناعية

المعالجة المسبقة لمحاليل الغليسرين

تتم معالجة المحاليل الصابونية ومحاليل الغليسرين، المستمدة من انشطار أو أسترة المواد الدهنية المنخفضة المرتبة أو المعاد استخدامها، وذلك عن طريق الأملاح المتخثرة مثل سلفات الألومنيوم أو كلوريد الحديد، والأحماض، والجير، من أجل إزالة الشوائب (مثل المواد الصابونية، ومنتجات هضم البروتين، والأحماض الدهنية أو الاسترات، والرماد، والألياف). ويتم بعد ذلك ترشيح تلك المحاليل باستخدام الطفل النشط أو الكربون النشط. وتحتوي المياه الحلوة ومحاليل الأسترة عادة على شوائب منخفضة، وهي تحتاج فقط إلى معالجة بالجير تليها عمليات ضبط درجة الحموضة والترشيح.

ويمكن أيضا تنقية محاليل الغليسرين عن طريق عملية التبادل الأيوني. وتُستخدم هذه العملية بشكل رئيسي للمحاليل المحتوية على مستويات منخفضة من الأملاح والمواد الصابونية، والتي يمكن أن تصل بعد التنقية إلى مستوى تركز يزيد عن 99.5 في المائة بواسطة البخر، مع تفادي خطوة التقطير. ويتم إعادة تنشيط الراتنجات بواسطة الأحماض والمحاليل الكاوية التي يجب تحييدها قبل التخلص منها.

البخـــــر

تتم معالجة المحاليل الصابونية والمياه الغليسرينية الحلوة في ظل ضغط منخفض ودرجة حرارة مرتفعة في أجهزة تبخير متعددة المراحل حيث يجري تركيز الغليسرين بنسبة تصل إلى 90 في المائة. ويتم تكثيف المياه المقطرة وتصريفها. وبعد التبييض باستخدام الكربون النشطة، يمكن بيع الغليسرين المركز بنسبة 90 في المائة كغليسرين من الرتبة الصناعية أو مواصلة تقطيره.

التقطير

تحتوي محاليل الغليسرين الناتجة من عمليات الأسترة والبخر على ما يصل إلى 90 في المائة من الغليسيرول ويتم تقطيرها في عبوات بعد فصل الشوائب الثقيلة والخفيفة من المراجل، والحصول على غليسرين نقي (بنسبة تركيز أكثر من 99.5 في المائة). وفي حالة الغليسرين المحتوي على نسبة مرتفعة من الأملاح (المحاليل الناتجة أو غليسرين الديزل الحيوي)، تتيح أداة ضغط الأملاح الحد من وجود الجزيئات الثقيلة التي يمكن مواصلة تنقيتها طبقا لمحتواها من الغليسيرول، والاستفادة منها في استخدامات أخرى (مثل الأسمدة)، أو التخلص منها. أما الجزئيات الخفيفة، وهي عبارة عن مياه حلوة تحتوي على نسبة مئوية من الغليسرين (10-30 في المائة) وبقايا أحماض دهنية واسترات فيمكن إعادة استخدامها في عملية الإنتاج من خلال المعالجة بالجير والأحماض، والترشيح، والبخر. ويتم عادة تبييض الغليسرين المقطر المائل للصفرة باستخدام الكربون النشط لتلبية المتطلبات الخاصة بالمستحضرات الصيدلانية.

إنتاج الديزل الحيوي

يعرف الديزل الحيوي بأنه استرات الألكيل الأحادي لسلسلة طويلة من الأحماض الدهنية. [13] ويتم الحصول على الديزل الحيوي بشكل رئيسي من خلال التفاعل المباشر (الأسترة التحويلية) للزيوت والمواد الدهنية ذات المنشأ الحيواني والنباتي والميثانول الأحفوري المنشأ (الشكل ألف-3)، وإن كان يمكن أيضا استخدام كحوليات أخرى (مثل الإيثانول والإيسوبروبانول). وتتمثل النواتج الناشئة في استرات الميثيل الحمضية الدهنية والغليسرين. وتستخدم استرات الميثيل الحمضية الدهنية أيضا كمادة قاعدية لمنتجات أخرى هامة من منتجات الكيميائيات الزيتية، بما في ذلك الكحوليات الدهنية (صناعة المواد ذات الفاعلية السطحية).

المواد الخام

يتم استخدام الزيوت والمواد الدهنية الطبيعية كلقيم صناعي على نطاق واسع. وتتمثل المواد المستخدمة غالبا في زيت بزر اللفت، وزيت فول الصويا، وزيت النخيل، وزيت بزر عباد الشمس، وزيت بذرة القطن. ويمكن أيضا استخدام مواد دهنية حيوانية المنشأ مثل الشحوم الحيوانية ودهن الخنزير. وتستخدم معظم المصانع مجموعة من المواد الخام المتعددة، ويمكنها أيضا قبول زيوت منخفضة النوعية مثل زيوت القلي أو

[13] انظر على سبيل المثال ، EU EN 14214, EN 14213, and ASTM 6751-06

الزيوت الخام. وتستخدم الأحماض الدهنية ذات المنشأ الحيواني والنباتي في عملية الأسترة.

ويتمثل المتطلب الرئيسي بالنسبة لميثانول في عدم وجود المياه التي تتداخل مع تفاعل عمليات الأسترة المتبادلة. ويشكل الإيثانول، الذي يمكن استخدامه في عمليات الأسترة المتبادلة بدلاً من الميثانول، محلولاً ثابت الغليان مع الماء، مما قد يؤدي إلى تعقيد استرجاعه وإعادة تدويره في هذه العملية.

العمليات الصناعية

المعالجة المسبقة

تتطلب عملية الأسترة عادة طائفة من المواد الخام التي تحتوي على كمية منخفضة للغاية من الأحماض الخالية من الدهون. ويتم تحييد الدهون والزيوت من خلال التكرير الكيمائي أو المادي أو الأسترة. وتتم عادة أسترة زيوت القلي المستخدمة، والشحوم الحيوانية، والزيوت ذات الحمضية المرتفعة، باستخدام عوامل الميثانول والأحماض التحفيزية؛ وتتم إزالة المياه الناتجة عن التفاعل وتحييد الأحماض التحفيزية باستخدام الصوديوم أو هيدروكسيد البوتاسيوم قبل إجراء الأسترة التحويلية. ويمكن أيضا أسترة نواتج الأحماض الدهنية الناشئة من التكرير المادي. [14]

تخليق استرات الميثيل بالأسترة التحويلية

يتم عادة أسترة الزيوت والمواد الدهنية والميثانول باستخدام عوامل تحفيز أساسية (مثل هيدروكسيد الصوديوم، وهيدروكسيد البوتاسيوم، وميثيل الصوديوم) عند درجة حرارة تتراوح بين 60 على 70 مئوية وضغط عادي، وإن كان يتم أيضا استخدام درجات حرارة وضغط أكثر ارتفاعا. ويجري تعزيز توازن التفاعل نحو إنتاج الاسترات عن طريق الفائض من الميثانول أو باستقرار المادة الغليسرينية في قاع المفاعل. وبمجرد استكمال عملية التفاعل، يتم السماح باستقرار المخلوط أو فصله عن المركز.

تنقية استرات الميثيل والغليسيرول

تتم إزالة فائض الحكول من كل من العمليتين عن طريق البخر، ثم التكثيف وإعادة الاستخدام. ويتم غسل الاستر بمياه حمضية لإزالة مخلفات التحفيز والمواد الصابونية وبقايا الميثانول والغليسرين قبل التجفيف. ويمكن تجميع مياه الغسيل في التيار الغليسريني. ويتم بعدئذ تحييد المرحلة الغليسرينية باستخدام الأحماض المعدنية (عادة حمض الهيدروكلوريد)؛ وفي حالة استخدام هيدروكسيد البوتاسيوم وحمض الفوسفوريك، تكون للملح الناتج قيمته حيث يمكن استخدامه كسماد. ويمكن استرجاع الأحماض الدهنية الناتجة عن تحييد المواد الصابونية وإعادة أسترتها؛ ويتم بعد ذلك إرسال الغليسرين الخام إلى وحدات تكرير الغليسرين.

تخليق استرات الميثيل عن طريق الأسترة

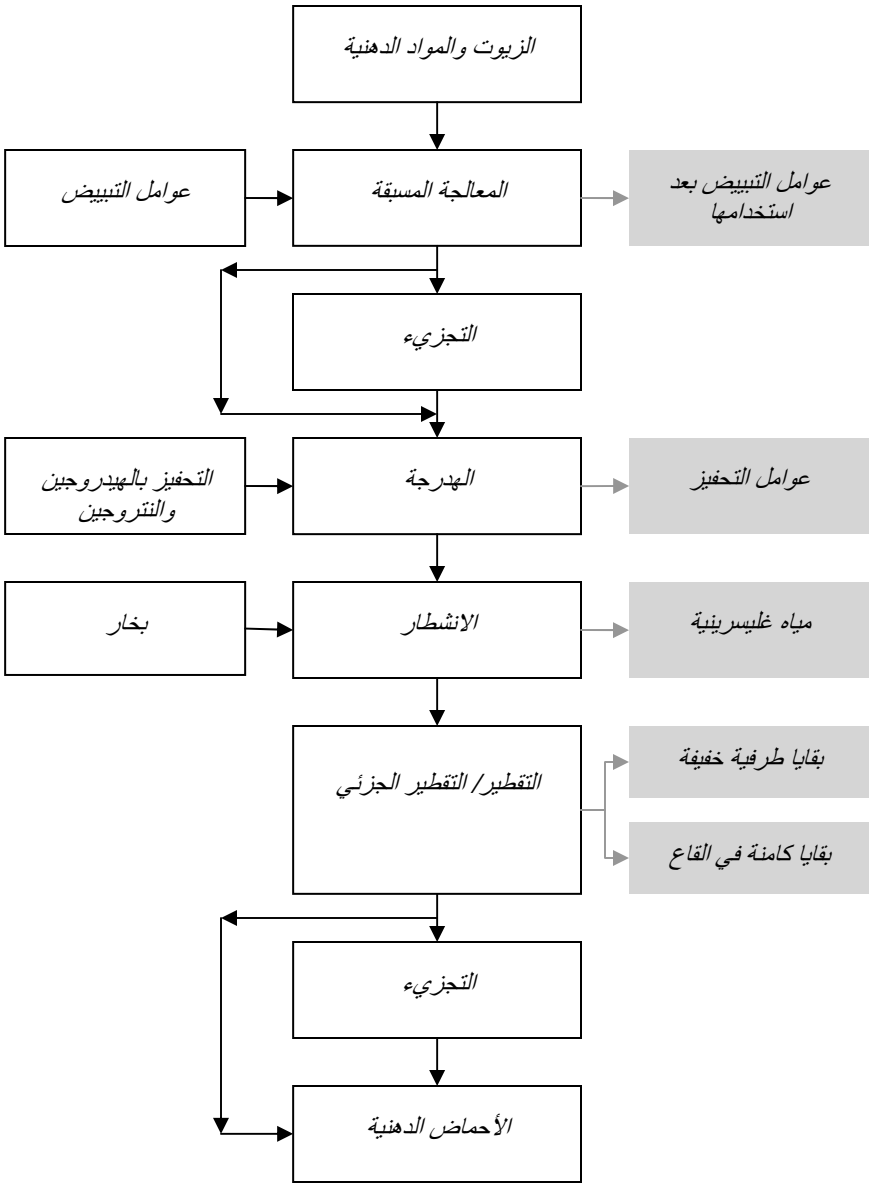
يمكن تحويل الأحماض الدهنية إلى استرات الميثيل الحمضية الدهنية عن طريق الأسترة مع الميثانول في وجود عوامل التحفيز الحمضية. ويتم تنقية مياه العمليات الصناعية من الميثانول الفائض المستخدم في التفاعل قبل التخلص منها. وتواصل المصانع الحالية إنتاج استرات الميثيل بتركيز بنسبة 99 في المائة وأكثر.

التقطير

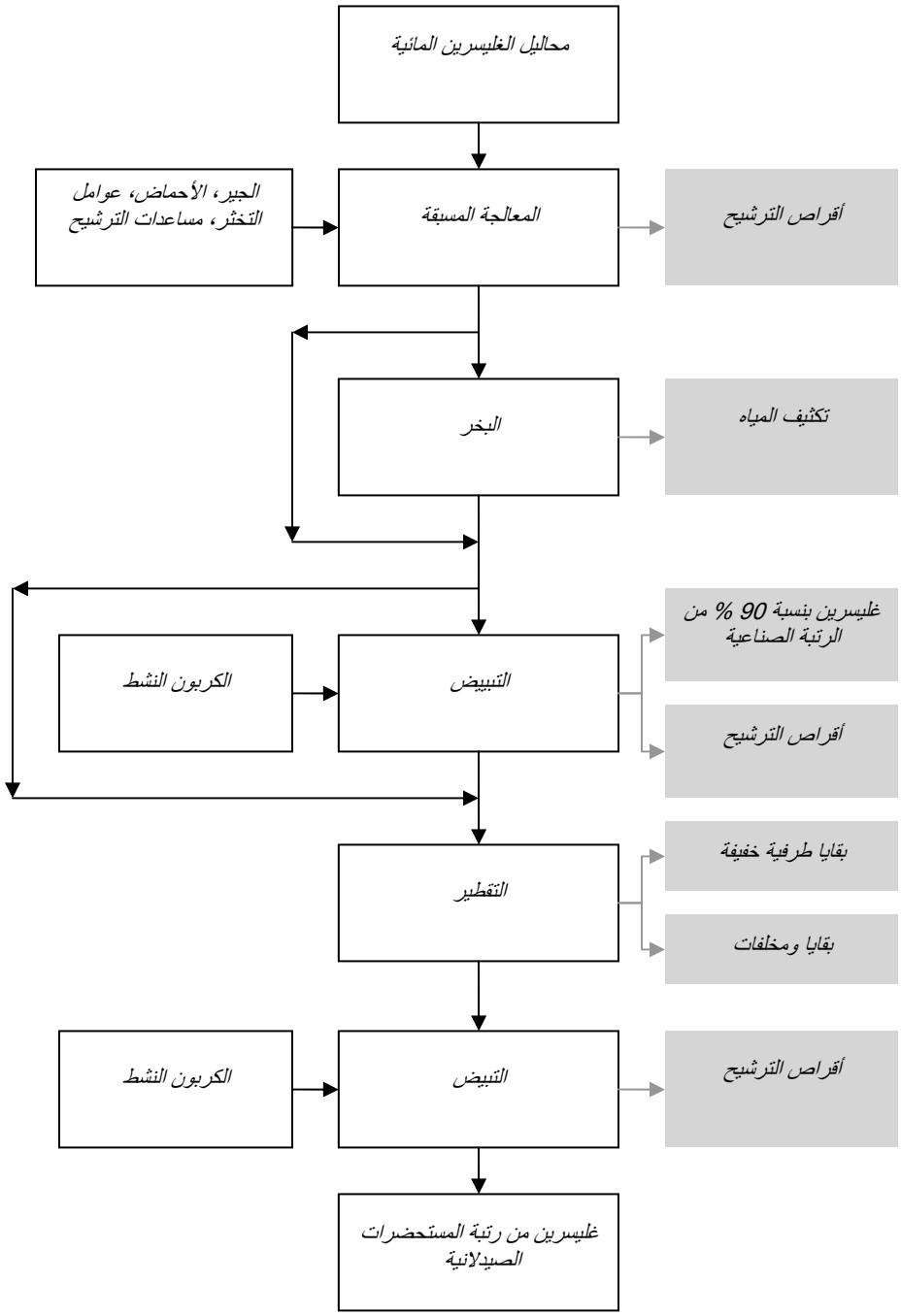
[14] Biorenewable Sources, August 2006, Volume 2

يمكن تقطير استرات الميثيل الخام، وخاصة المستمدة من المواد الخام المنخفضة النوعية إلى حد كبير، من أجل إزالة شوائب الغليان الثقيلة والخفيفة وتلبية المواصفات المطلوبة.

الشكل ألف-1: إنتاج الأحماض الدهنية



الشكل ألف-2: إنتاج الغليسرين



الشكل ألف-3: إنتاج الديزل الحيوي