By Dr.Raghad M. Altikrity

3rd stage

Industry chemistry

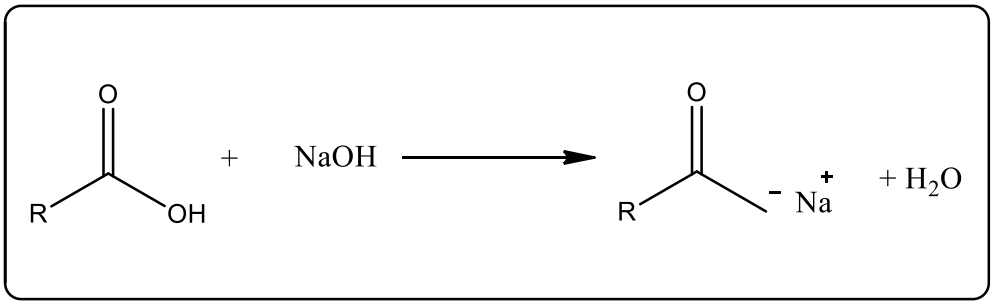
Soap and Detergent Industry

نظرة عامة عن الصابون

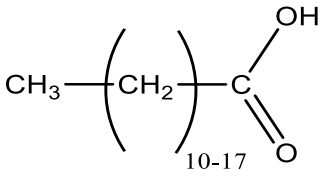
تعتبر المواد الصابونية و ألمنظفات ة من المواد المهمة والأساسية في حياة الأفراد والمجتمعات ولاتكمن أهميتها بالجوانب الاقتصادية فحسب، لكن تأثيراتها تتعلق بالمستوى المعاشي والصحي والبيئي ، ولذا فقد أزداد الاهتمام بهذه المواد وصناعتها على مدى الخمسين سنة الماضية على المستوى ألعالمي .فالمواد الصابونية والمنظفات مهمة في الجوانب الصحية والبيئية من خلال استخدامها في عمليات التنظيف ودرئ مخاطر الأمراض الانتقالية وغير الانتقالية وتحسين المستوى ألصحي والبيئي للأفراد. وان مجمل ألأنفاق العالمي السنوي على النظافة الصحية ما يقارب 25 مليار دولار وعلى غسيل الملابس 17 مليار دولار .

اهتم الانسان منذ القدم بالنظافة سواء كانت على المستوى نظافة الجسم واضمن البيئة التي يعيش فيها، ولذا فقد استخدمت مواد طبيعية كثيرة لهذا الغرض منها الاطيان والرمال والنباتات وأوراق ألأشجار.وقد اكد الدين الاسلامي الحنيف على موضوع النظافة وطهارة الجسم أن تاريخ الصابون وصناعته غير معروفة بالتحديد ويعتقد بانها تعود الى ما قبل الميلاد وتشير بعض المصادر الى استخدام الحضارة البابلية والفرعونية لمواد التنظيف. (الصابون) الناتجة من مزج الدهون او الشحوم مع بعض الاطيان او مخلفات الرماد. كما أستعمل الصابون في الامبراطورية الرومانية كمواد دوائية و ومراهم جلدية, ولأغراض صبغ الشعر .ولم يظهر استخدام الصابون كمنظف حتى القرن الثاني الميلادي , وخلال القرن الثامن كان الصابون شائعا للاستخدام في فرنسا و,ايطاليا واسبانيا ولم يستخدم في بقية اوربا الى القرن السابع عشرو كان على صانعي الصابون ان يدفعوا ضرائب باهضة باعتبار أن الصابون من بضائع الترف و أقتصر استعماله على الطبقة الأرستقراطية .وفي القرن التاسع عشر اصبح لصابون متوفر وشائع في جميع انحاء اوربا .وفي الوقت الحاضر تستخدم الصوابين كمواد منظفة وعطرية

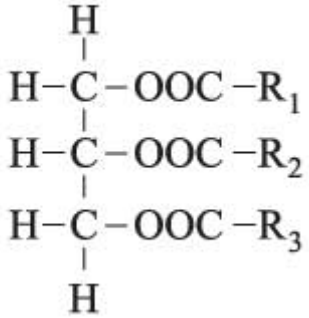
مفهوم المواد الصابونية : الصابون بالمفهوم الكيميائي عبارة عن ملح لحامض كاربوكسيلي (RCOOH)أو شحمي ، يحضر من تفاعل الحامض الكاربوكسيلي طويل السلسة (R) مع قاعدة قلوية مثل (NaOH) هيدروكسيد الصوديوم, كما في التفاعل الاتي:



حيث يمثل R مجموعة الالكيل الذي تتراوح فيه عدد ذرات الكاربون (11-18) ذرة لتكون جزيئة الصابون التي تتكون من جزء قطبي هو ($COO^- Na^+$) وجزء عضوي (هيدروكاربوني) غير قطبي هو(R) , مجموعة الالكيل مثل :

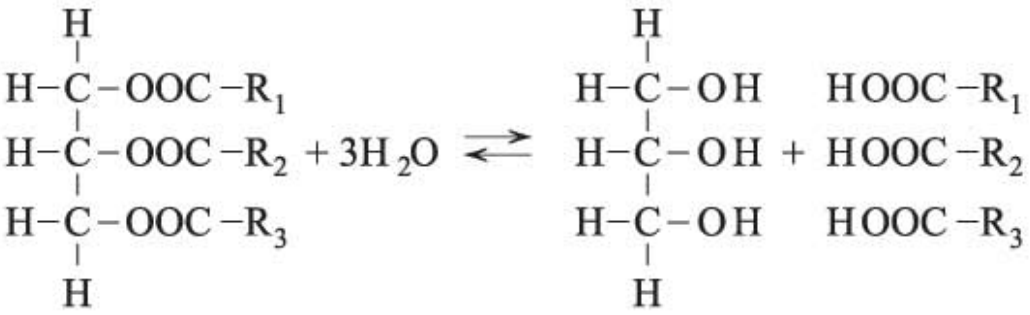


ويمكن الحصول على الحوامض الكاربوكسيلية (الشحمية) طويلة السلسلة بصورة حرة من عدة مصادر اهمها البترول وذلك من خلال أكسدة البرافينات، كما يمكن الحصول عليها بصورة غير مباشرة من تحلل الزيوت او الشحوم الحيوانية . لذلك فان المواد الصابونية تصنع في الوقت الحاضر من هذه المصادر بالدرجة الاساس بسبب توفرها ورخص ثمنها مما يجعل الصابون متوفر و رخيص الثمن أيضا . فمن الناحية الكيميائية تعتبر الزيوت والشحوم كليسيريدات ثلاثية أو استرات لحوامض شحمية ، اي بمعنى اخر ارتباط ثلاثة جزيئات من الحوامض الشحمية بجزيئة كليسرول كما في التركيب الاتي :



R_1 , R , R_3 ، تمثل ثلاثة مجاميع ألكيل مختلفة واحد عن ألأخر .

و عند تتحلل هذه الزيوت والشحوم في الوسط الحامضي او القاعدي تتحرر الحوامض الكاربوكسيلية (الشحمية) و التي تتفاعل بدورها مع المادة القاعدية (هيدروكسيد ألصوديوم أو ألبوتاسيوم) لتكون ملح الحامض الكاربوكسيلي (الصابون) وتحرر مادة حلوة المذاق هي الكليسيرين الذي يعتبر من المركبات الكيميائية المهمة للعديد من الصناعات كما في التفاعل الاتي:

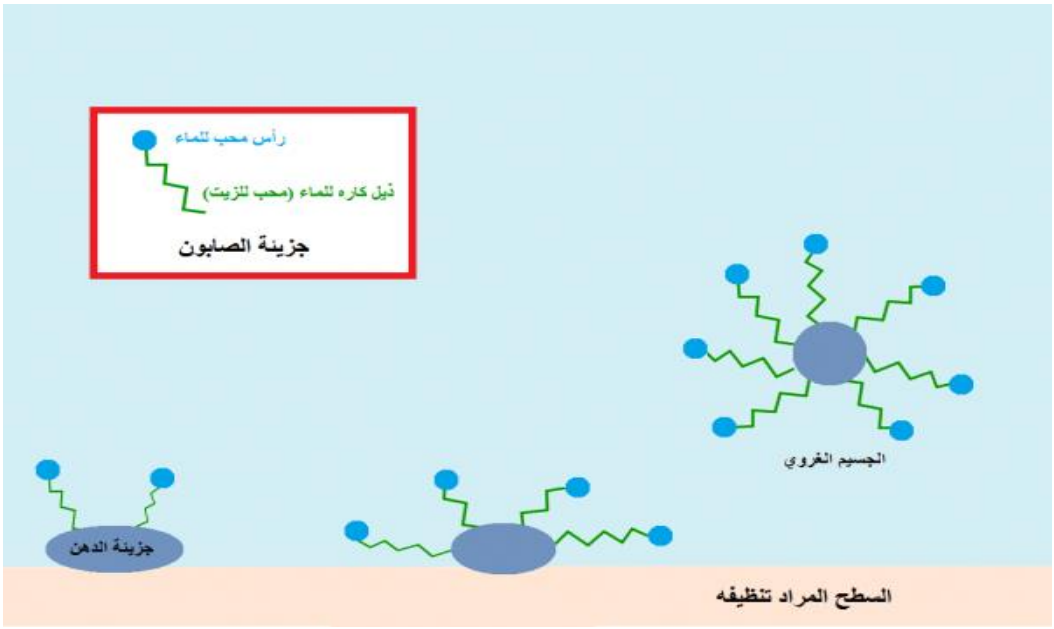


وتعتمد نوعية الصابون على الحوامض ألشحمية أو الزيوت و الشحوم و نسبة المادة القاعدية المستخدمة في صناعته وظروف التفاعل من حرارة و كمية الوسط المائي .ويقوم الصابون عند ذوبانه في الماء بالتنظيف والتخلص من الاوساخ و المواد الدهنية الملتصقة بالملابس والسطوح وفق ميكانيكية معينة وضعت لها عدة نظريات.

حيث ان الميكانيكية التي يعمل بها الصابون على التنظيف هي كالتي:

أن الصابون يتكون من قسمين أحدهما كاره للماء –الذيل– فهو في المقابل محب للزيت (lipophilic)وبالتالي فسيتحد مع الدهون والشحوم الملتصقة على السطوح المراد تنظيفها. أما الجزء المتبقي فهو المحب للماء يبقى بعيداً عن الدهون (ليلتصق مع الماء لاحقاً) وكلما التصق عدد أكبر من جزيئات الصابون بجزيئات الدهون كلما كانت أكثر عزلة عما حولها لتشكل ما يسمى بالجسيم الغروي "ميسيلة (micelles) "معلقة ضمن المحلول. ومع عملية التحريك أو الحك المتواصل ستنفصل الجسيمات الغروية عن بعضها لتتبعثر في الماء مكونة مستحلب (emulsion)من الدهن المحاط بجزيئات الصابون المبعثرة في الماء ثم ومع عملية الشطف تتم ازالة هذه الجسيمات مع الماء.

جزيئة الصابون في الماء



المواد الاولية لصناعة الصابون Raw Materials :

تتطلب صناعة الصابون مادتين اوليتين رئيسيتين هما الزيوت النباتية او الشحوم الحيوانية والمواد القاعدية و بالإمكان استخدام مضافات اخرى لتحسين مواصفات الصابون و حسب نوعيته ومجال تطبيقاته و تتمثل هذه ألمضافات باللون و الملمس والرائحة ,و تشمل المواد الاولية عدة انواع تتلخص بما يأتي:

1- **الزيوت النباتية او الشحوم الحيوانية** تستخدم انواع كثيرة من الزيوت النباتية في صناعة الصابون اهمها زيت الزيتون , زيت الخروع زيت السمسم و زيت القطن و زيت جوز الهند و زيت اللوز .....اما الشحوم او الدهون الحيوانية فأهمها دهن البقر و دهن الغنم و الدهون الناتجة من المجازر و مخلفات صناعة اللحوم .كما يمكن أستخدام الحوامض الشحمية الحره $CH_3—(CH_2)_{10-17}—COOH$ (free fatty acids) بدلا

عن الزيوت اوالشحوم و بذلك يكون الناتج العرضي للتفاعل الماء بدلا عن الكليسيرين. وقد وجد بان الحوامض الدهنية أو ألشحمية التي يتراوح عدد ذرات الكاربون فيها (10-14) ذرة تعطي أفضل انواع الصابون وهذه الاحماض تتوفر في زيت النخيل وزيت جوز الهند.

2- **المواد القلوية او القاعدية** : اهم المواد القلوية أو القاعدية المستعملة هي هيدروكسيد الصوديوم (NaOH) ويسمى الصابون الناتج (الصابون الصوديومي) وعند أستخدام هيدروكسيد البوتاسيوم (KOH) ويسمى الصابون الناتج (الصابون البوتاسيومي) . والصابون البوتاسيومي يكون اكثر ذوبانا في الماء من الصابون الصوديومي لذلك يسمى بالصابون الناعم او صابون المعاجين التي تستعمل بصورة شائعة في منتجات الحلاقة .

3- **المواد البانيه Builder :**تضاف المواد ألبانية ألى الصابون عند التصنيع لأضافة خصائص أخرى على الفعل التنظيفي للمواد الصابونية و من أكثر المواد المستخدمة كاربونات الصوديوم وفوسفات ثلاثي الصوديوم التي لها الفعل التنظيفي الجيد و من المركبات الاخرى بايروفوسفات رباعي الصوديوم وثلاثي متعدد فوسفات الصوديوم أن أستخدام المواد البانية يؤدي الى انتاج صابون أكثر فعالية للتنظيف و زيادة ذوبان الصابون عندما تكون قابلية ذوبان الزيوت و الشحوم ضعيفة.

4- **الموادالمالئة : Fillers** يستفاد من هذه المواد في تقوية الصابون و زيادة و زنه و منها كلوريد الصوديوم و سيليكات الصوديوم و سيليكات المغنيسيوم (التالك او البودرة) وفي بعض الاحيان يضاف الرمل الناعم أيضا.

5- **العطور :** تضاف المواد العطرية في صناعة الصابون لأعطائه رائحة مقبولة حيث تضاف بنسب معينة وحسب نوعية الصابون ومن المواد المستخدمة زيت الليمون و زيت الياسمين و زيت اليانسون و وغيرها.

6- **المواد المثبتة** : تضاف هذه المواد لتثبيت العطور و من هذه المواد زيت الصندل و المسك و بلسم بيرو

7- **المواد الملونة** : يلون الصابون وحسب نوعه بمواد ملونة مثلا ملاح النحاس الزرقاء, املاح الحديد الصفراء, الكلوروفيل وغيرها. والصابون المصنوع بدون اضافة ألوان يكون لونه رماديا أو وبني غير مرغوب.

8- **مواد خافضة للتوتر(الشد) السطحي** :

يعتبر التكسابون مادة فعالة سطحيا أنيونية ، خافضة للتوتر السطحي ، ومادة أساسية في صناعة المنظفات ومستحضرات التجميل ومعاجين الاسنان، حيث تتميز بفعالية عالية في إزالة الاوساخ والزيوت والدهون ، بالاضافة إلى دورها الهام في إنتاج رغوة كثيفة ، ويعتبر التكسابون من المواد الفعالة سطحيا الواسعة الانتشار والاستخدام نظرا لفعاليتها ورخص ثمنها .

للتكسابون عدة انواع أهمها

1- دوديسيل كبريتات الصوديوم أو لوريل سلفات الصوديوم sodium lauryl sulfate SLS ويكون على شكل مسحوق أبيض ذواب في الماء بسهولة وبستخدم هذا النوع في صناعة معاجين الاسنان .

2- لوريل أيثر سلفات الصوديوم sodium lauryl ether sulfate

SLES أو يسمى N70 ويكون على شكل جل هلامي لزج وهذا النوع اصعب من الSLS في الذوبان في الماء ويحتاج إلى تحريك جيد لأذابته ، ويستخدم في صناعة المنظفات كالصابون السائل والشامبو والشاورجل وسائل الأيدي .

3- لوريل ايثر سلفات المغنزيوم وهذا النوع يستخدم في صناعة شامبو الأطفال حيث يكون أقل حساسية تجاه العيون ولايسبب الدموع والأحمرار (لماذا ؟)

خواص التكسابون

للتكسابون SLS الصيغة العامة : $C_{12}H_{25}$-SO_4Na

أما التكسابون SLES له الصيغة العامة : $C_{12}H_{25}(OCH_2CH_2)n$-OSO_3Na

وان الأختلاف بين SLS و SLES

يتشابه النوعان من حيث أستخدامهما في صناعة المنظفات والشامبو ومنتجات العناية بالبشرة ، حيث كلاهما يعتبر مادة خافضة للتوتر السطحي مما يسمح لهما بإزالة الشحوم والدهون والأوساخ .

ويختلفان عن بعضهما من حيث التصنيع بإضافة الاوكسجين (زمرة الايثوكسيلات) إلى الSLS مما يؤدي إلى تغير حساسيته تجاه البشرة والعين .

صناعة الصابون :

يصنع الصابون أعتمادا على الانظمة التكنولوجية الصناعية المتبعة وهي نظام الوجبات وألنظام المستمر حيث يعتمد نظام الوجبات على وضع المواد الاولية وسحب الناتج بعد أكتمال عملية الانتاج ألتي تستغرق عدة أيام لتعاد العملية مرة ثانية. و يستخدم هذا ألنظام من قبل بعض الشركات الصغيرة (كما تمت دراسته بألفصل ألأول .(اماألنظام المستمر فأنه يعتمد على أدخال مستمر للمواد الاولية وسحب للمنتوج دون توقف، ويتبع هذا النظام من قبل شركات ألأنتاج الكبيرة. و من ميزات ألنظام المستمر ألسيطرة على خطوات التصنيع وسرعة العملية ألآنتاجية و ألحفاظ على مواصفات المنتوج .في كل ألأحوال تمرعملية صناعة الصابون بمرحلتين رئيسيتين :

اولاً: مرحلة تفاعل التصوبن Saponification stage تتضمن مرحلة التصوبن saponificationتحلل كيميائي للزيوت اوالدهون بوجود محلول قاعدي يدعى دائما بـ (لاي)lye تحللا مائيا الى حوامض شحمية و كليسيرين. ومن ثم تتفاعل الحوامض الشحمية مع القواعد لتكوين الصابون الخام (مزيج من مختلف املاح الصابون حسب نوع الزيت أو الدهن) (لماذا؟)، ودهن و محلول قاعدي غيرمتفاعلين مع تحرير الكليسيرين كمادة ثانوية .وبالرغم من أن الكليسيرين مادة ذات فائده كبيره في الصناعة، ألا أن بعض مصنعي الصابون يفضلون أستخدام الحوامض الشحمية ألحرة (free fatty acids) مباشرة بدلا عن الزيوت او الشحوم لغرض ألتخلص من ألشوائب الناتجة من أستخدام تلك المواد و يكون الناتج العرضي للتفاعل الماء بدلا عن الكليسيرين .و يمكن أن تتم عملية التصوبن بثلاث طرق أستنادا الى حرارة التفاعل:

أ- **التصوبن بالطريقة الباردة Cold Saponification :**وتستعمل هذه الطريقة في تصنيع بعض أنواع معاجين ألصابون (صابون الحلاقة أو الصابون البوتاسيومي) حيث يمزج الدهن او الزيت مع المحلول القلوي مزجا جيدا في وعاء التفاعل مع الاحتفاظ بدرجة الحرارة 40° م حيث يبدا المزيج بالتصوبن ويصبح كثيف ألقوام ليصب بعد ذلك

في قوالب لغرض أكمال التصوبن والتصلب. و من المعلوم أن الكليسرين يبقى ممزوجا مع الصابون المنتج بهذه الطريق ليعطيه ملمس ناعم

ب- **طريقة التصوبن بالطريقة شبه حارة Semiboiled** في هذه الطريقة توضع المواد الدهنية او الزيت في المفاعل ويضاف اليه المحلول القاعدي مع ألمزج الجيد و التسخين الى درجة حرارة لا تصل الى الغليان 90ْ م حيث يتصوبن المزيج في الوعاء ويصب في قوالب لغرض التصلب .ومن المعلوم ان طرق التصوبن الباردة وشبه الحارة مثالية للمصانع الصغيرة و لاتحتاج الى رؤوس اموال كبيرة بسبب بساطتها التكنولوجية

ت- **طريقة التصوبن بالطريقة الحارة Hot Saponification:** أما الطريقة الحارة فتتضمن مزج الزيوت أو الدهون مع المحلول القاعدي مزجا جيدا مع التسخين الى درجة حرارة تصل الى 130ْم حيث يبدأ تفاعل الصوبنه و زيادة كثافة المحلول.

الانظمة التكنولوجية لعملية تصنيع الصابون The technical system for soap manufacturing:

تفاعل ألتصوبن من أهم مراحل صناعة الصابون ويمكن أن يجرى بالنظامين الوجبات والمستمر . ألتصوبن بطريقة ألوجبات .تتضمن مرحلة التصوبن بهذه الطريقة عدة خطوات :

ألخطوة ألأولى: يتم التصوبن في مفاعل التفاعل (kettle) وهو عبارة عن خزان فولاذي يوضع بصورة عمودية بارتفاع 15 متر، سعته تعتمد على حجم ألأنتاج و يحتوي في داخله على انابيب حلزونية تدفع بخار ماء لتسخين المواد .يسخن خليط ألمواد ألأولية التي تضم الشحوم والحوامض الشحمية وزيت مثل زيت جوز الهند، و بالنسب المحسوبة حسب نوعية الصابون، الى درجة الحرارة المطلوبة للتفاعل (حسب طريقة التصوبن باردة أو شبه باردة أو ساخنة). ثم تبدأ عملية اضافة محلول هيدروكسيد الصوديوم بتركيز 40% الذي يحضر باذابة كمية من هيدروكسيد الصوديوم تعادل 35% من وزن الزيت المطلوب تحويله الى صابون بكمية من الماء.ثم يدفع بخار ماء ساخن من خلال ألأنابيب ألحلزونية تحت ضغط 10 كغم\سم2 للتسخين والمساعدة في تحريك المزيج الى أن يصبح المزيج ضمن كثافة معينة .

الخطوة ألثانية: يلي ذلك عملية أضافة ملح الطعام (لماذا مع كتابة معادلة كيميائية) لفصل الصابون المتكون حيث يطفو الصابون الى الاعلى، في حين تركد طبقة الشوائب الحاوية على

ألكليسيرين المتحرر في أسفل المفاعل. تسحب طبقة الشوائب و توضع في خزانات أخرى لأستخلاص الكليسرين و الصودا الكاوية منها .

ألخطوة ألثالثه: و لازالة الكميات الصغيرة من الزيوت اوالشحوم المتبقية مع الصابون المتكون التي لم تتصوبن يضاف محلول قاعدة قوية الى الوعاء و يسخن المزيج مرة ثانية حيث تتحول تلك الزيوت والشحوم الى صابون ويمكن ان تعامل الوجبة باضافة محلول ملحي مرة أخرى حيث يفصل المزيج في النهاية الى طبقتين, الطبقة العيا الصابون الخام الذي يحتوي حوالي 70% صابون و 30% ماء, اما الطبقة السفلى فتحتوي معظم الشوائب في الصابون مثل الاوساخ والاملاح ومعظم كمية الماء . الصابون الخام الصافي الذي يكون على شكل شبه سائل يسحب من الاعلى ويبرد ويرسل الى المرحلة الثانية (مرحلة التنعيم و التجفيف) من عملية التصنيع.

ألتصوبن بالطريقة ألمستمرة : تعتمدهذه ألطريقة على أستخدام الحوامض الشحمية الحرة بدلا من الزيوت أو ألشحوم لذلك و تتضمن مرحلة التصوبن بهذه الطريقه عدة خطوات أيضا :

خطوتها الاولى:

بعملية تحليل(hydrolysis) الشحوم و الزيوت الى مكوناتها من الحوامض الشحمية و كليسيرين و يستخدم لهذا الغرض برج فولاذي بقطر يتراوح المتر و بطول 24 متر يسمى المحلل (hydrolyser) مجهز بمخضات و اجهزة قياس تسمح بقياس دقيق وسيطرة على عملية التحلل .

تسخن و تصهر الزيوت او الشحوم مع أوكسيد الخارصين بأعتباره حفاز أو عامل مساعد لعملية التحلل تضخ من خلال احدى نهايات ذلك العمود بينما يضخ بالضغط العالي الماء الحار المسخن الى درجة 130°م من النهاية الاخرى للعمود بأسلوب التيار المتعاكس. وبهذه العملية سوف تتحلل الشحوم و الزيوت الى مكوناتها من الحوامض الشحمية التي تتصاعد الى أعلى عمود التحليل حيث تسحب وتجفف وترسل الى برج ألتقطير للتنقية .أما ألكليسيرين فيمتزج مع الماء ويسحب من أسفل العمود باستمرار ليوضع في خزانات أخرى لأستخلاص الكليسرين في وحدات تنقية خاصه لأستخدامه في عدة صناعات مثل مرطبات الجلد و مواد التجميل و ألأدوية ونترات الكليسيرين.

الخطوة الثانية :

تمزج الحوامض الشحمية النقية بعد ذلك مع كمية محسوبة و موزونة بصورة دقيقة من المادة القلوية، و يسخن المزيج الى درجة حرارة التفاعل حيث يصبح كثيف القوام نتيجة تكون الصابون الذي يفصل باضافة محلول ملحي. يبرد ألصابون الحار بعملية صب في قوالب ويترك للتصلب على لوح أو بلاطة كبيرة أو يبرد في براد خاص كما ذكر سابقا.

الخطوة الثالثة :

يدفع الصابون البارد الى مجموعة من الطواحين الثقيلة حيث يكسر و يعجن وتضاف المواد العطرية خلال هذه المرحلة لمنع تبخر الزيوت الطيارة من المزيج البارد. وبعد خروج الصابون من هذه الطواحين , يسكب بشكل اسطواني ناعم ويكبس ثم يقطع الى ألقطع المطلوبة وتختم stampedحسب نوعية الصابون وتغلف .كما يمكن أن يرسل الصابون ألخام ألسائل الى المرحلة الثانية (مرحلة التنعيم و ألتجفيف والتعبئة) لأنتاج صابون ضمن المواصفات المطلوبة . تنجز عملية التصنيع المستمرة من التحلل الى الانتهاء خلال عدة ساعات على خلاف طريقة الوجبات التي تتم خلال أيام.

ثانياً: مرحله التنعيم و التجفيف و التعبئة:

من المعروف أن الصابون المطحون يعطي رغوة افضل و مكونات أنعم من الصابون غيرالمطحون، لذا تعتبرهذه المرحلة تكميلية في صناعة صابون. و تبدء عملية التنعيم millingبأرسال الصابون ألخام ألسائل ورشه على أسطوانات مبردة تقع الواحده فوق ألأخرى تتحرك بسرع مختلفة حيث ينتشر عليها الصابون ويتجمع على شكل غشاء تنتقل خلالها المادة الصابونية من أسطوانة الى أخرى حتى تنفصل من ألأسطوانة ألأخيرة بواسطة سكاكين. يدفع الصابون الى المجففة لسحب بخار الماء تحت الضغط المخلخل، ليرسل بعد ذلك الى ماكنة ثرم تقوم بتقطيعه بشكل أسطواني ويخزن داخل خزانات، تسحب منها وجبات موزونة لتضاف اليها نسب معينة من المواد ألمضافة (المواد البانية، ألمالئة، العطور، ألألوان) وتمزج مزجا جيدا في جهاز خلط. ترسل الخلطة بعدها الى أسطوانة كابسة للتجانس ثم تضغط ليخرج الصابون بألأشكال المطلوبة بعد التجفيف ومنحه العلامة المميزة و من ثم التغليف والتسويق .

أنواع الصابون : يقسم الصابون حسب قابلية ذوبانه في الماء الى نوعين :

أ- **صابون قابل للذوبان في الماء:** هذا النوع من الصابون شائع الاستعمال و يشمل الصابون الصوديومي والذي يتميز بصلابته و المستخدم في البيوت مثل صابون التواليت و الصابون البوتاسيومي الذي يتميز بان يكون رخوا ويستخدم في معاجين الحلاقة .

ب- **صابون غير قابل للذوبان في الماء:** هذا الصابون مهم و اساسي لمعظم الزيوت المعدنية وشحوم التزييت و يستعمل في الانشطة الصناعية مثل تشحيم للمكائن و الملمعات والاصباغ وتتمثل هذه الانواع من الصوابين بالدرجة الاساس بالصابون ألكاليسيومي و ألمغنيسيومي والالمنيومي اوالليثيومي وتكون عدد ذرات الكاربون فيه (22-32 ذرة) .

ت- **صابون الرقي أو صابون الغار :** يعد صابون الرقي احد انواع صابون التواليت الذي صنع من قبل السوريون منذ زمن بعيد، بأستخدام زيت الزيتون ولايحتاج الى اضافة مواد كيميائية غير صابونية, يتميز بلونه الاخضر بسبب احتوائه على مادة الكلوروفيل و عطر الغار الذي يستخلص من شجرة تنبت شمال سوريا. عملية تصنيعه تتم بالطريقة الباردة ويضاف له كبريتات الحديدوز الذي يجعل لونه اخضر.