جامعة دمشق
كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية
قسم القوى الميكانيكية

الدراسة التكنولوجية
لصناعة و تبريد مركزات الفواكه
Fruit Concentrates
ووحدة لحفظ الحمضيات

دراسة اعدت لنيل درجة البكالوريوس في الهندسة الميكانيكية

إعداد

محمد أسامة التغلبي

إشراف الدكتور المهندس
علي عيسى

٢٠٠٢ - ٢٠٠٣

بسم الله الرحمن الرحيم

وقل اعملوا فسيرى الله عملكم ورسوله والمؤمنون

قال صلى الله عليه وسلم

إن الله يحب اذا عمل أحدكم عملاً أن يتقنه .

شكر خاص

أتقدم بخالص الشكر وجزيل الامتنان الى

من نذر نفسه وسخر فكره وعلمه وكان

مثالاً يقتدى به في التفاني والعطاء

الدكتور المهندس

علي عيسى

الذي كان له الفضل الكبير في اغناء

مشروعي بكل ماهو قيم ومفيد

عرفان بالجميل

أتوجه بالشكر الجزيل الى

المهندس

معاذ الريّس

الذي كان لي خير معين وخير ناصح

الإهداء

لكم

من القلب

الباب الأول

الفصل الأول

مقدمة عامة

ازدادت أهمية حفظ المواد الغذائية والسلع القابلة للتلف مع ازدياد عدد السكان وازدياد حاجة الإنسان لهذه المواد والسلع على كامل أوقات السنة. فالخضار والفواكه مثلاً هي منتجات موسمية لا يمكن أن تتوفر بشكل طبيعي ودائم على مدار العام ، وأيضاً هنالك بعض المواد الغذائية تنتج في مناطق بعيدة ، وهذا يتطلب الحفاظ عليها بحالة جيدة لنقلها إلى المستهلك.

ومنذ القدم، استطاع الإنسان أن يطور طرق عديدة لحفظ هذه المواد الغذائية مدة طويلة مع بقائها بحالة جيدة وصالحة للاستهلاك. وقد اختلفت هذه الطرق باختلاف قدرات الإنسان وإمكاناته ومن هذه الطرق كان التجفيف، التمليح، التعليب، التبريد، التجميد... وطرق أخرى عديدة. ولا تزال بعض الطرق البدائية تستخدم حتى وقتنا الحاضر، لكنها تتميز بعدم فعاليتها في حفظ الأغذية لفترة طويلة من الزمن بالإضافة إلى كونها تحدث تغير في الطعم والرائحة. وباستعمال التعليب استطاع الإنسان أن يحفظ أنواع كثيرة من المواد الغذائية لمدة طويلة من الزمن. وتميزت هذه المواد بأنها سهلة التناول والنقل والتخزين.

مع التطور البشري والتقدم العلمي تم التوصل إلى التبريد كوسيلة جيدة وناجحة في حفظ المواد الغذائية بحالتها الطبيعية (الطازجة) ولفترة طويلة جداً من الزمن. إن عملية حفظ المواد الغذائية ما هي إلا منع أو تأخير حدوث الفساد والعطب في هذه المواد، ولدراسة وسائل وطرق حفظ المواد الغذائية كان لا بد من معرفة طرق فساد هذه المواد وأسبابه وآلية حدوثه. إن فساد الأغذية يحدث نتيجة مجموعة من التغيرات الكيميائية المعقدة ولهذه التغيرات عوامل وأسباب وهي:

١- أسباب داخلية:

وهي ناتجة عن طبيعة المادة الغذائية نفسها، كالأنزيمات الطبيعية التي توجد في جميع المواد العضوية.

٢- أسباب خارجية:

وهي ناتجة عن كائنات حية دقيقة - كالبكتريا - والخمائر - والفطريات أو العفن التي تنمو على المواد الغذائية.وكل هذه الأسباب تشترك مع بعضها لتؤدي إلى تلف المواد الغذائية وفسادها.

أما آلية حدوث الفساد فتختلف باختلاف أسباب الفساد.

الأنزيمات (الأسباب الداخلية):

هي عبارة عن مواد كيميائية معقدة قادرة على أحداث تغيرات في المواد العضوية تؤدي إلى تلفها وفسادها. وبالتالي فإن تأثير الأنزيمات في حفظ المواد هو تأثير تخريبي دوماً. ويختلف تأثير هذه الأنزيمات باختلاف درجة الحرارة وطبيعة الوسط الذي تتوفر فيه المواد الغذائية. فمثلاً يمكن إبادة الأنزيمات بصورة كاملة بدرجات الحرارة المرتفعة، فعند الدرجة (70) مئوية يمكن القضاء على كافة الأنزيمات ومن جهة أخرى يمكن الحد إلى درجة كبيرة من نشاط الأنزيمات عند درجات الحرارة التي تقل عن الصفر. أما الكائنات الحية الدقيقة (الأسباب الخارجية) فإنها تفرز أنزيمات تهاجم المواد العضوية التي تحيا عليها. وبالتالي تؤدي هذه الكائنات إلى تلف هذه المواد العضوية.

تأثير البكتريا (خارجية):

البكتريا هي شكل بدائي جداً من حياة النبات وتتألف من خلية واحدة، وتتكاثر عن طريق الانقسام، وتحتاج البكتريا لاستمرار دورة حياتها إلى وسط يلائم طبيعة حياتها ويؤمن لها الغذاء والأوكسجين ودرجة الحرارة والرطوبة المناسبة. وتؤثر البكتريا على المواد الغذائية عن طريق الأنزيمات التي تفرزها والتي تؤدي بدورها إلى تلف الأغذية وفسادها. ويتم القضاء على البكتريا بطرق عديدة. فمثلاً يمكن أن تهلك البكتريا بواسطة التجفيف بالإضافة إلى كونها حساسة للحموضة أو القلوية كذلك الأمر بالنسبة للضوء. فضوء الشمس يمنع نموها. أما الضوء فوق البنفسجي فإنه مميت بالنسبة لها وبالتالي فإن التجفيف في ضوء الشمس المباشر هو وسيلة جيدة جداً للتحكم في إعاقة نمو البكتريا.

تأثير الخمائر (خارجية):

تعتبر الخمائر من أكثر الأحياء الدقيقة انتشاراً على الكثير من أنواع الفاكهة والحبوب. وبالتالي فإن وجود هذه الأحياء بشكل طبيعي على سطوحها يؤدي إلى نواتج تخمر تختلف باختلاف نوع الفاكهة. والتخمر هو عملية تحلل السكر تحت الظروف الغير هوائية وبالتالي لا تحتاج الخمائر لنموها إلى الهواء والغذاء والرطوبة. ويؤدي نمو الخمائر إلى جعل الغذاء غير مستساغ وغير صحي وبعض الخمائر قد تسبب تسممات غذائية وتعتبر من العوامل المسببة للسرطان. وبالتالي فالخمائر لها دور أساسي في تفسخ المواد الغذائية وتلفها.

تأثير الفطريات والعفن (خارجية):

يعتبر العفن أكثر تعقيداً في تركيبه من البكتريا والخمائر ومن مميزاته أنه يبدي مقاومة جيدة في احتمال درجات الحرارة المنخفضة لكن مقاومته ضعيفة لدرجات الحرارة المرتفعة. لذلك نجده ينمو في الأماكن المظلمة والرطبة، ويتوقف نموه عند درجة الحرارة (12) درجة مئوية وبالتالي فإن غرف الخزن المبردة هي الأمكنة المثالية لنموه ويمكن التغلب على العفن والقضاء عليه بالتهوية الجيدة للأماكن التي ينمو فيها. وكذلك باستخدام أنواع الدهان حيث تكون هذه أنواع مبيدة للعفن ويمكن مكافحته أيضاً باستخدام الضوء ما فوق البنفسجي ويعتبر العفن من أهم عوامل الفساد والتلف للتفاح والحمضيات لأنه ينمو بكثرة على الأغذية التي تحتوي على نسبة عالية من السكريات والأحماض.

حفظ الأغذية بواسطة التبريد

بعد معرفة طرق فساد الأغذية وكيفية حدوث هذا الفساد نعود إلى طرق حفظ الأغذية التي طورها الإنسان وحسنها مع تقدمه وتطور إمكاناته، ويعتبر التبريد من أفضل الوسائل المستخدمة في حفظ الأغذية وبواسطة التبريد يمكن المحافظة على المواد الغذائية مع ضمان بقائها في حالة جيدة وصالحة للأكل والاستهلاك، ومن مميزات التبريد أيضاً أنه لا يسبب تغير في طعم الأغذية أو رائحتها ويحافظ عليها وهي في ذروة جودتها من حيث المظهر والطعم والرائحة. وأيضاً محتوى الفيتامين فيها. لكن حفظ المواد الغذائية بالتبريد يتطلب تجهيزات غالية الكلفة ونفقات كبيرة لأن عملية التبريد يجب أن تبقى مستمرة لفترة طويلة تبدأ عند بدء التخزين وتنتهي عند الاستهلاك.

أسس التخزين:

لتخزين الفاكهة هناك أسس وقواعد عامة يجب إتباعها لضمان حفظ الفاكهة وهي بحالة جيدة ومن هذه الأسس ما يتعلق بالمواد التي يراد حفظها ومنها ما يتعلق بالمكان الذي يتم حفظ هذه المواد فيه.

الشروط التي يجب أن تتوفر في الفاكهة المعدة للحفظ بالتبريد

١- أن تكون الفاكهة في مرحلة النضج الملائمة لعملية حفظها بالتبريد بحيث لا تكون فجة لكي لا تتجور ويتغير مظهرها وطعمها، وأن لا تكون زائدة النضج لكي لا تتعرض للفساد والتلف بسرعة. ويستثنى من ذلك بعض الفاكهة التي تتطلب التبريد لكي يتم نضجها كالموز والكمثرى.

٢- أن تكون خالية من الرضوض والجروح والتلوث بالتراب والطين وغيرها.

٣- أن تكون سليمة من الأمراض الفطرية والإصابة الحشرية وخالية من التحلل الحيوي.

٤- أن يراعى أثناء قطفها عدم ترك أعناق حادة أو بقايا الأوراق والأغصان الرفيعة.

٥- أن تكون الفاكهة متماثلة الحجم وإلا دعت الضرورة إلى إجراء تدريج حجمي لها.

٦- أن تكون من الأنواع والأصناف الممتازة ويتجنب خزن الأصناف الدنيا منها.

الشروط الواجب توفرها في مخازن التبريد

١- التهوية الجيدة لإزالة آثار تنفس الأنسجة من غاز CO_2 وبخار الماء والحرارة.

٢- نسبة رطوبة ملائمة لنوع الفاكهة المخزونة والتي تتراوح ما بين 80% إلى 90%.

٣- ذات درجة حرارة تتلاءم مع نوع المادة المخزونة بها بحيث لا تزيد درجة تذبذبها عن 0.5 درجة مئوية.

٤- تقسم مخازن التبريد بحيث تؤمن حيزاً مستقلاً لكل مادة أو نوع منفرد مع توفر الشروط السابقة لكل قسم.

ويراعى في عملية التخزين اتخاذ كافة الاحتياطات والإجراءات التي تؤمن بقاء المواد المحفوظة في حالة جيدة وتحميها من تأثير العوامل البيولوجية الطبيعية التي تتطفل عليها وتؤدي إلى إتلافها وفسادها لذلك يجب تأمين المناخ الملائم والدائم لهذه المواد لتستمر بحالة فيزيولوجية جيدة طوال فترة التخزين وإبعادها عن جميع المؤثرات الضارة التي تلحق بها الأذى وتسرع عملية فسادها وإتلافها. وتأمين المناخ الملائم يتطلب تأمين درجة حرارة ورطوبة مناسبة وأيضاً وسط غازي معين بالإضافة إلى ذلك يتم اتخاذ بعض الإجراءات الوقائية في بداية كل موسم تخزين حيث يتم تنظيف جميع غرف البراد مع المساحة المجاورة لها من الأوساخ وأشلاء المواد المتبقية ومن ثم يتم تطهيرها بطرق عديدة منها.

١. التبخير بغاز ثاني أوكسيد الكبريت SO_2

قبل بدء عملية التبخير يتم أولاً إخراج جميع المعدات المعدنية من البراد وذلك حتى لا تصبح عرضة للتآكل والتأكسد بفعل غاز SO_2. ويجري بعدها سد جميع الشقوق وإغلاق المنافذ وجميع الأبواب ومن ثم تتم عملية التبخير عن طريق حرق الكبريت ضمن أوعية خاصة داخل المخزن وبمعدل يتراوح بين g (60-90) من الكبريت لكل ($1m^3$) من حجم غرفة التبريد وللحصول على نتائج أفضل يستحسن حرق الكبريت مع نترات البوتاس ونشارة الخشب وفق النسب التالية:

- نسبة الكبريت 70%.
- نسبة نترات البوتاس 22%.
- نسبة نشارة الخشب 8%.

بعد إتمام عملية الحرق تغلق الغرفة بإحكام وتترك لمدة يوم أو يومين ثم تفتح ويتم إجراء عملية تهوية جيدة لها وتصبح جاهزة لبدء عملية التبريد. يمكن إجراء عملية التبخير باستخدام غاز SO_2 الجاهز والمعبأ في اسطوانات خاصة لهذه الغاية.

٢. الرش بمحلول الفورمالين:

يستخدم محلول الفورمالين لتطهير البرادات من العفن وأنواع البكتريا المختلفة وهو محلول سام لذلك يجب أخذ جانب الحيطة عند استخدامه ويتم التطهير عن طريق رش غرف البراد بمحلول الفورمالين عندما تكون درجة حرارة الهواء الخارجي حوالي C 20-25 درجة مئوية صيفاً وذلك لأن فعالية الفورمالين تكون ضعيفة عند درجات الحرارة المنخفضة. ويتم تحضير محلول الفورمالين بمعدل ليتر واحد من الفورمالين لكل (40) لتر من الماء ويتم رش غرف البراد مع محتوياتها الثابتة بمعدل (1/4) لتر من المحلول لكل ($1m^3$) من الغرفة وبعد انتهاء عملية الرش تغلق الغرفة جيداً لمدة يوم أو يومين ثم تفتح وتتم تهويتها جيداً قبل أن تصبح جاهزة للاستخدام.

٣. الرش بمحلول كلوريد الكالسيوم:

تتميز هذه المادة بالروائح الكريهة التي تنتج عنها لذلك لا ينصح بها أبداً لتطهير غرف تبريد الخضار والفواكه المعدة للاستهلاك. ويتم استخدامها في تطهير غرف تبريد الخضار المخصصة لإنتاج البذور فقط.

٤. الطريقة الفيزيائية:

تعتمد هذه الطريقة على غاز الأوزون الموجود في هواء غرفة التبريد حيث تيم تحرير الأوزون من الهواء ويقوم بدوره في تطهير غرفة التبريد وتعقيمها ويتم تحرير الأوزون بواسطة استخدام مصابيح خاصة تقوم بإصدار الأشعة فوق البنفسجية التي تسقط بدورها على هواء الغرفة فتعمل على تحرير الأوزون منه. ويجري استخدام هذه الطريقة في التطهير قبل إدخال المواد المراد حفظها وبعد تفريغ الغرفة من حمولتها السابقة.

بعد التطهير بإحدى الطرق السابقة وبعد تهوية غرف البراد بشكل جيد يتم طلاء جدران البراد الداخلية بمحلول الكلس مرتين ويتم تحضير الطلاء بمعدل kg(1.5-2.5) من الكلس الحي لكل دلو من الماء مع إضافة g (100-200) من الزاج الأزرق ثم يترك ليجف قبل أن توضع فيه الثمار. وكذلك يجب أن يتم تطهير وتعقيم الصناديق والعبوات المستخدمة في تعبئة الفاكهة مع قواعدها الخشبية ويتم تطهيرها بنفس طريقة تطهير المخزن ويمكن تطهير العبوات والصناديق عن طريق تعريضها للشمس لفترة من الزمن تكفي لتجفيفها وتهويتها والقضاء على الأحياء الدقيقة المرضية العالقة بها.ويمكن أيضاً تطهيرها بمحلول الفورمالين بتغطيسها به أو بتجميعها بشكل أكوام ثم رشها بالمحلول المطهر وبعد ذلك يتم تغطيتها بنسيج قماشي معامل بالقطران. وبهذا يكون قد تمت عملية تطهير تامة وشاملة للبراد وجميع المواد التي سوف توضع فيه.

الفصل الثاني

وصف موجز للمشروع

المشروع هو عبارة عن دراسة وتصميم براد لحفظ الحمضيات (برتقال - كريفون - ليمون) وتبريد مكثفات الفواكه من أجل منشأة لإنتاج العصير الطبيعي.

ويتضمن المشروع شرحاً للعملية التكنولوجية لإنتاج العصائر ومكثفاتها .

كما يشمل شرحاً عن أهم أعطال دارات التبريد في محطات التبريد.

سعة البراد هي:

* **1575 طن من الحمضيات موزعة على الشكل التالي:**

أ- 450 طن ليمون.

ب- 450 طن كريفون.

جـ - 675 طن برتقال.

* **800 طن من مكثفات العصائر**

يتألف البراد من ٨ غرف تبريد مخصصة للحفظ الطويل .. وهي موزعة كالتالي:

أ- ٣ غرف لحفظ البرتقال لها:

درجة الحرارة الداخلية (+ 4 C^o).

الرطوبة النسبية 90 %.

أبعاد الغرفة الواحدة (6 × 12 × 18) (m).

ب- غرفتان لحفظ الليمون لها:

درجة الحرارة الداخلية (+ 4 C^o).

الرطوبة النسبية الداخلية 90 % .

أبعاد الغرفة (6 × 12 × 18) (m) .

جـ - غرفتان لحفظ الكريفون يكون لها:

درجة الحرارة الداخلية (+ 4 C^o).

الرطوبة النسبية الداخلية 90 % .

أبعاد الغرفة (6 × 12 × 18) (m).

ء - غرفة لحفظ مكثفات العصائر سواء المنتجة ضمن المصنع أو المستوردة ويكون لها:

درجة الحرارة الداخلية (- 20 C^o).

أبعاد الغرفة هي (6 × 12 × 24) (m).

* تبين لنا من خلال الدراسة وزيارة المعامل المختصة إلى أن درجة حرارة تبريد مكثفات العصائر تتعلق بكثافة المكثفات... فكلما زادت كثافة (مركز العصير) كلما كان بالإمكان تخفيض درجة حرارة التبريد ولا يؤثر ذلك على خواص المكثفات. كما تبين لنا أنه يمكن حفظ كافة أنواع المكثفات للفواكه المختلفة ضمن نفس البراد ونفس درجة الحرارة.

وقد اعتمدنا طريقة التبريد المباشر لغرف التبريد

واستخدمنا (الأمونيا) كوسيط تبريد.

موقع المعمل: مدينة دمشق (غوطة دمشق) .

حيث تم اختيار موقع بناء المعمل في غوطة دمشق بعد الالتزام بشروط غالبيتها تخدم أغراضاً اقتصادية وبعضها لتحقيق عمل مربح ومستمر لهذه المنشأة وتتلخص هذه الشروط في:

١- رخص الأرض في المنطقة المختارة.
٢- القرب من مصادر المياه.
٣- إمكانية وصول وسائل النقل إليها.
٤- بعدها عن ضجيج وتلوث المدينة.
٥- قربها من خطوط نقل الطاقة الكهربائية.
٦- قربها من مناطق توريد توزيع المواد المخزنة.

* **إن درجة الحرارة الخارجية صيفاً هي $t_d = 39\ ^{o}C$**
* **درجة الحرارة الرطبة للهواء الخارجي هي $t_w = 26\ ^{o}C$**
* **درجة حرارة التربة في مدينة دمشق $19\ ^{o}C$.**

الباب الثاني

الفصل الأول

مقدمة عامة

انتشرت صناعة عصير الفاكهة والخضر في السنوات الأخيرة انتشاراً واسعاً في العالم والوطن العربي، نتيجة زيادة الوعي الغذائي والصحي لدى عامة الناس لما يحتويه العصير من قيمة غذائية عالية حيث يحتوي على الأملاح المعدنية والفيتامينات. إن التقدم العلمي والعملي الذي صاحب طرق الحفظ المختلفة ساعد على انتشار هذه الصناعة بشكل واسع حيث نرى العصير يمكن أن يحفظ بأكثر من طريقة (التجميد والتركيز والتعليب والتجفيف ...الخ). لقد كانت أسواق كل من عصير ثمار الغريفون (GRAPEFRUITS) والأناناس محدودة في السابق، وقد ازداد الطلب على هاتين السلعتين زيادة ملحوظة بعد أن استنبطت أشربة من (مزيج) الغريفون مع الأناناس، وهي أشربة تحضر بمزج عصير أو مركز الغريفون مع عصير أو مركز الأناناس بحيث يتم التوصل إلى نسبة (بالنغ) وحموضة محدودة بطريق إضافة السكر وحمض الليمون والماء، وقد لاقى شراب الغريفون رواجا هائلا حيث تستورد الولايات المتحدة الامريكية كميات كبيرة من مركز عصيرالأناناس من هاواي والفلبين لتمزجها مع عصير الغريفون الذي تنتجه محلياً. وثمة منتوجات أخرى لاقت قبولاً منقطع النظير من ضمنها عصير مستخلص من كامل ثمار البرتقال والليمون. فقد استنبط هذان النوعان في أوروبا وأنتجا في الأرض العربية المحتلة ويلاقيان أسواقاً تتسع باستمرار نظراً لاستخدامهما في تحضير أساس أشربة الحمضيات المحسنة، ويعم استهلاك أشربة فاكهة في إنكلترا وأوروبا يستخدم في تحضيرها عصير الحمضيات مع كثير من القشور واللب التي تطحن سوية لإنتاج ما يسمى بالسكواش SQUASH. كما أن التشريعات المشددة على استخدام الملونات والمنكهات الاصطناعية في كل من أوروبا والولايات المتحدة الأمريكية قد أدت إلى التوجه نحو إنتاج أشربة فواكه ذات نكهات وألوان طبيعية مستخلصة من ثمار حقيقية. ويشار أيضاً إلى إنتاج عصير الفاكهة والأشربة المدعمة بإضافة الفيتامينات والمعادن. وقد نشط مؤخراً الاهتمام بإنتاج أغذية الحمية، وسوقت مساحيق أساسات الأشربة المركبة من الكاروتين وحمض الأسكوربيك وحمض الليمون (الستريك) والسكر وإضافات اللون والنكهة، وهناك اهتمام حالي بإحلال هذه المنتوجات محل عصير الفاكهة النقي المدعوم بالفيتامينات.

يتخلف عن تصنيع ثمار الفاكهة وإنتاج العصير مخلفات تشتمل على القشور والبذور والجيوب البذرية ومواد أخرى عصيرية يستخدم بعضها في إنتاج هلامات ذات جودة منخفضة، كما قد يستخدم بعضها الآخر في إنتاج البكتين واستخدامات أخرى محدودة كأعلاف للحيوانات. كانت الزيادة في الإنتاج التجاري لعصائر الفاكهة ومركزاتها دائماً وليدة فكرة التخلص من الفواكه شاذة الحجم أو غير المدرجة أو غير المقبولة في الأسواق مما كان لها أثر في حماية صنف الفاكهة الطازجة ودرجة جودتها كما ساعد ذلك على صيانة أسعارها من التدهور وأدت هذه الزيادة في نفس الوقت إلى خلق سوق جديد لمنتجات تلك الفاكهة ونتيجة لرواج تلك المنتجات لم تقتصر صناعتها على الفواكه الجيدة الصنف التي قد تزيد من مزارع الفاكهة وصانع منتجاتها هذه، فتوسع الأول في زراعتها وأختار لها أصلح الأصناف وأهتم الثاني بتحويل كل ما زاد عن حاجة السوق منها إلى عصير ومركزات. وما أن أصبحت أهمية تلك الصناعة حتى نشطت الأبحاث العلمية لتذليل الصعاب الكثيرة التي صادفتها وهي في المهد والتي مهدت لها طريق النجاح في فترة قصيرة. وقد أصبح للعصائر ومركزاتها في كل البلاد المتقدمة من الأهمية بحيث أصبح المستهلك في تلك البلد متنبهاً للقيمة الغذائية لتلك المنتجات فازداد الطلب عليها مما دعي إلى زيادة الإنتاج وكذلك الصعوبات التي يلاقيها في هذه الصناعة.

إن العامل الرئيسي الذي يسيطر على كمية العصير وبالتالي المركزات منها هو توفر الفاكهة ولذلك نرى أن المركزات والعصائر السائد استعمالها هو المصنوع من الفاكهة التي تشغل المكان الأول بين فواكهه تلك البلاد والتي توجد بحالة زائدة عن حالة السوق وفي الولايات المتحدة نجد أن عصير الموالح ومركزات تلك العصائر يحتلان مركزاً ممتازاً ثم يلي ذلك تلك المنتجات من الأناناس. أما في ألمانيا فنجد أن تلك المنتجات (عصائر ومركزاتها) من التفاح أشهر ما ينتج هناك، وذلك لوفرة التفاح بحالة تسمح بالتوسع في صناعة منتجاته. ومما سبق يتضح أن صناعة عصائر الفاكهة وبالتالي مركزات العصائر هي صناعة أهلية وطنية تبنى على ما تنتجه البلد محلياً من فواكه وكميتها. وقد ازدادت صناعة مركزات العصائر في الوقت الحاضر بشكل واضح على المستوى المحلي والعالمي. ولكن من ناحية أخرى نجد أن التحكم في نوعية الإنتاج المطلوب وضمانه يعتبر أهم مسؤوليات الإنتاج الفني للمركزات خاصة، وتحت ظروف استخدام ثمار الفاكهة شاذة الحجم أو غير المدرجة أو غير المقبولة في الأسواق بالإضافة إلى تعدد المواد المضافة من مكسبات اللون والطعم والنكهة والداخلة في عملية التصنيع، لذات لا بد من إتباع برنامج لضبط الجودة في مصانع المركزات والذي يتمثل في مجموعة العمليات الخاصة بالتفتيش على الإنتاج في جميع مراحله وتسجيل البيانات لتحديد الاختلافات عن المواصفات الموضوعة وبالتالي استبعاد الوحدات المعيبة ووضع برنامج لمعالجتها.

بل ونزيد على ذلك فيتم إجراء تفتيش كامل على عينات من المنتج النهائي من المركزات سواء في عمليات التسويق الداخلي أو الخارجي من استيراد وتصدير لضمان دخول مركزات صالحة للاستهلاك غير ضارة خالية من المواد والإضافات السامة خاصة إذا تعدت هذه الإضافات حدودها الآمنة.

الواقع الحالي لصناعة المركزات :

أولت المؤسسات العلمية والتقنية في الوطن العربي ومنذ فترة أهمية خاصة وكما مر ذكره سابقاً بضرورة قيام صناعة مركزات تعتمد في الأساس على المواد الأولية المحلية، وبناءاً على ذلك قامت عدة جهات بحثية متخصصة بمحاولات عملية وجادة من أجل التوصل إلى إنتاج مركز لمشروبات وطنية من المواد الأولية الموجودة بكثرة، وكان في مقدمة هذه البحوث والدراسات المختبرية، لأجل الحصول على مركز مادة العرق سوس ومن نبات شاي الكوجرات مع مضافات غذائية أخرى، ولقد قطعت تلك الدراسات شوطاً جيداً في إنتاج مشروب غازي من شاي الكوجرات. كما أجريت محاولة مختبرية لإنتاج مشروب غازي أساسه التمر، ولقد تم تحضير المشروب وإنتاجه بشكل تجريبي ولكن نتائج التقييم لم تكن مشجعة في حينه لتجاوز السلبيات ومنها نكهة التمر الواضحة في المشروب.

تعريف العصير ومشتقاته

يعرف عصير الفاكهة في المواصفات القياسية بأنه العصارة الطبيعية لثمار الفاكهة أو الخضر السليمة الناضجة غير المتخمرة، المحتوي على اللب كله أو جزء منه والخالي من البذور والقشور والألياف الخشنة،اي بمعنى اخر هو عبارة عن السائل الخلوي cell sap والمعامل بإحدى طرق الحفظ المناسبة وذلك في حالة عدم استهلاكه مباشرة بعد تحضيره على شرط احتفاظه بأكبر قدر ممكن من صفاته الطازجة وقيمته الغذائية.

الناتج من الفجوات العصيرية للخلايا الموزعة في أجزاء خاصة من النباتات أو المجتمعة في منطقة معينة من الثمرة.تعتبر صناعة الشرابت والعصائر من الصناعات الغذائية المعروفة بإنتاجها المنزلي والحرفي في الأقطار التي تتوفر فيها كميات كبيرة من الحمضيات والأعناب والأثمار الأخرى كما كان عليه الحال في كافة الأقطار، ولكن التطور الكبير الذي طرأ على معدلات الدخل القومي وما ترتب عليه من زيادة القدرة الشرائية للمواطن والتقدم الاجتماعي في مرافق الحياة المختلفة والزيادة السكانية المضطردة وغيرها من العوامل الأخرى، كل ذلك أدى إلى امتصاص الفائض من الفواكه والأثمار عن طريق التحضير المنزلي والحرفي للعصائر وقيام مصانع حديثة بدلاً عنها من حيث مكائنها ومعداتها وطرق التحضير وضبط الجودة واستخدامها بعض المواد المستوردة ومنها المركزات والمطيبات.

توجد حالياً أصناف متعددة من الشرابت والعصائر سواء المكثفة منها أو الجاهزة للشرب أو المساحيق ولمختلف أنواع الفواكه كالبرتقال والليمون ومزيج الفواكه والأعذاب والأناناس والتفاح وبعض الشرابت التي يدخل في تحضيرها عصير التمر.

تعبأ الشرابت والعصائر المكثفة بعبوات بلاستيكية من مادة بولي فينيل كلورايد (PVC) وتغلق بأغطية بلاستيكية من مادة بولي اثيلين واطئ الكثافة، إن سعة تلك العبوات تتراوح بين ثلث لتر ولغاية لتر واحد باستثناء كميات قليلة منها تعبأ في قناني زجاجية سعة ثلث لتر. أما الشرابت الجاهزة للشرب فمعظمها يعبأ بعبوات كرتونية وقسم قليل منها يعبأ بعبوات من الألمنيوم.

وفيما يخص مسحوق الشرابت فإن جميعه يعبأ في الوقت الحاضر بعبوات بلاستيكية ذات حجوم تتراوح من نصف كغ ولغاية واحد كغ يتم تسويق الشرابت والعصائر المكثفة بوضعها في صناديق كرتونية أو بقواعد كرتونية ومغلفة بأغلفة من النايلون. أما الشرابت والعصائر الجاهزة للشرب فيتم وضعها داخل صناديق بلاستيكية مناسبة أو صناديق من الكرتون. وفيما يخص المساحيق فتوضع في قواعد كرتونية مغلفة بالنايلون.

تصنيف العصير:

تصنف العصائر على الأسس التالية:

١- المواد الخام الداخلة فيه: فاكهة أو خضر.
٢- المواد الخام مع أنسجتها (عصير نسيجي NECTAR) أو بدونها.
٣- إضافة السكر أو بدون.
٤- النوع الواحد (الصنف الواحد) من الفاكهة أو الخضر أو عصير لعدد من الفواكه.
٥- طريقة الحفظ (البسترة، التعليب، مواد حافظة...الخ).
٦- ثبات نوعية العصير، درجة أولى، درجة ثانية...الخ).

عصير الفاكهة ومنتوجاته:

تشمل منتوجات عصير ونكتار الفاكهة وأشربتها على ثلاثة أنواع رئيسة هي:

- **عصير الفاكهة** :

منتوجات تعبأ في عبوات معدنية أو زجاجية أو ورقية (كرتون مشمع)، وتتألف من عصير الفاكهة ١٠٠% وقد يضاف القليل من السكر إلى العصير بقصد التحلية، ولا يضاف للعصير عدا ذلك أية مواد أخرى.

- **نكتار الفاكهة** :

منتوجات مستخرجة من ثمار الفاكهة، ذات قوام غليظ نسبياً، وتحتوي على عصير الفاكهة بنسب تتراوح بين ٤٠ و ٥٠% ، ويعمل لب الثمار فيها مغلظا للقوام، وقد تحتوي الأنواع رخيصة الثمن على العصير بنسب ١٠ حتى ٢٠% ، ويعوض عن نقص العصير في هذه الحالة الأخيرة بإضافة مواد اصطناعية لتغليظ القوام مثل مركب كربوكسي ميثل سللوز.

- **شراب الفاكهة** :

منتوجات مكونة من عصير الفاكهة بنسبة ٦ - ١٠% ولا تضاف لها مواد لتغليظ القوام.

تنتج مركزات الفاكهة بصورة رئيسية في المناطق التي تجود فيها زراعة أشجار الفاكهة وذلك بقصد خفض الحجم وإنقاص الوزن قبل نقل المنتوج إلى مواقع إعادة التصنيع والتحويل إلى أي من منتوجات عصير الفواكه أنفة الذكر - وتنتج مركزات الفاكهة من دون أي إضافة، وقد تحضر بعد إضافة السكر والمنكهات والألوان والمستحلبات..الخ. ويأتي في مقدمة النكهات المرغوبة في الوطن العربي نكهتا البرتقال والأناناس ويليهما الغريفون (غريب فروت) والتفاح.

الفصل الثاني

التركيب الكيماوي للعصير وقيمته الغذائية

عصائر الفاكهة والخضر معروفة بغناها بالفيتامينات والأملاح المعدنية، وعصائر الفاكهة بها نسبة لا بأس بها من السكريات، غير أن عصائر الفاكهة والخضر تعتبر عموماً فقيرة في المواد البروتينية والمواد الدهنية، ويتضح ذلك من الجدول اللاحق .

ومن الجدول يتضح أن العصير عموماً به نسب مرتفعة من الماء، لذلك يروى العطش، كما أن نسب البروتين وكذلك الدهن منخفضة لدرجة أن بعض العصائر مثل التفاح والفراولة بهما ٠,١ ، ٠,٢ % بروتين على الترتيب وباقي العصائر في الجدول بها نسب لا تزيد على ١ % من البروتين وكذلك نجد أن بعض العصائر ليس بها دهن إطلاقاً مثل التفاح والعنب والفراولة وباقي الأمثلة المذكورة بالجدول لا يزيد بها الدهن عن ٠,٦ %.

التركيب الكيماوي لبعض عصائر الخضر والفاكهة بالنسبة المئوية

العصير	رطوبة	بروتين	دهن	سكريات	رماد	حموضة
تفاح	٨٧،١	٠،١	٠،٠	١٠،٥	٠،٢٥	٠،٥٢
كريز	٨٧،٧	٠،٥	٠،٦	٩،١	٠،٣٠	٠،٨٨
جريب فروت	٨٨،٠	٠،٤	٠،١	٨،٥	٠،٤٠	١،٦٠
عنب	٨١،٠	٠،٤	٠،٠	١٦،٨	٠،٤٠	٠،٨٠
ليمون	٩١،٠	٠،٤	٠،٣	٢،٠	٠،٣٠	٥،٠٠
برتقال فالنسيا	٨٦،٠	٠،٦	٠،١	٩،٠	٠،٤٠	١،٠٠
أناناس	٨٦،٠	٠،٣	٠،١	١٢،٠	٠،٤٠	١،٠٠
فراولة	٩٤،٢	٠،٢	٠،٠	٣،٦	٠،٤٥	١،٠١
طماطم	٩٣،٢	١،٠	٠،٢	٣،٤	١،٠٠	٠،٤٠

عن: محمد ممتاز الجندي (١٩٧٠)

وتتراوح نسبة السكريات في العصائر بين ٢% في الليمون، ١٦،٨% في العنب.

أما الرماد فهو ينخفض في التفاح إلى ٠،٢٥% ويصل في الطماطم إلى ١% ويتراوح بين هذين الرقمين في باقي العصائر.

ونجد الحموضة منخفضة في التفاح (٠،٥٢%) وفي الطماطم (٠،٤%) ولكنها مرتفعة جداً في الليمون (٥%) وتقع بين هذه الأرقام في باقي العصائر. وهذه الأرقام لا يمكن اعتبارها أرقاماً ثابتة، بل إن التركيب يختلف حسب ظروف كثيرة مثل الصنف ومنطقة الزراعة والعوامل الجوية ونوع التربة...وغيرها، وما الأرقام في الجدول إلا مثال لتحليلات أجريت على عينات معينة.

تحتوي معظم أنواع ثمار الفاكهة على السكر بكميات كبيرة، بصورة خاصة عصير العنب ويليه في ذلك عصير التفاح والمشمش والأناناس والخوخ (البرقوق) والسكر عنصر تغذية هام، فهو سهل التمثل، ويزود الجسم بالطاقة بسرعة، أما محتوى الفاكهة من البروتينات والدهون فمحدود نسبياً، لكن يعتبر معظمها مصادر ممتازة لفيتامين C (الغريفون والبرتقال والليمون واليوسفي والفريز - الفروالة الخ..) ويعتبر عدد منها أنه مصادر جيدة للكاروتين (مولد فيتامين A) كالمشمش والخوخ (البرقوق) والدراق (الخوخ) وعدد آخر يحتوي على كميات معتدلة من البريدوكسين والإينسيتول وحمض الفوليك والبيوتين - وهي جميعاً من مجموعة فيتامين B ويوجد فيتامين B_1 أيضاً بكميات معتدلة في عصير التفاح والمشمش والغريفون والبرتقال والدراق (الخوخ) والأجاص والأناناس والخوخ (البرقوق).

وتحتوي أنواع العصير جميعها على كميات ملحوظة من العناصر المعدنية اللازمة لنمو الجسم وصيانته، ولسوء الحظ أن فيتامين C يتأكسد بسهولة، حيث تفقد كميات كبيرة منه في أثناء عمليتي استخلاص العصير من الثمار وبسترة العصير الناتج، أما أنواع عصير الحمضيات فلا تفقد إلا جزءاً يسيراً مما تحتويه من هذا الفيتامين. ولا تفقد الفيتامينات عند حفظ العصير بالتجمد إلا بمقادير محدودة جداً. أما حفظها (أي أنواع العصير) معلبة فيعرضها لفقد مقادير كبيرة لاسيما إذا خزنت لفترات مطولة تحت ظروف خزن حرارية مرتفعة نسبياً. لبعض أنواع عصير الفاكهة تأثير ملين، فالأشخاص الذين يتناولون من كأسين إلى ثلاثة كؤوس من عصير التفاح (السيدر) في اليوم الواحد أقل عرضة من غيرهم للإصابة بالإمساك وقد عرفت هذه الخاصية منذ زمن طويل لكل من ثمار المشمش والخوخ (القرصيا) الجافة، ويستخدم القمر الدين للغرض نفسه.

وحيث أن أنواع العصير تحتوي على كميات كبيرة من الماء فهي مفيدة عن تناولها بكميات كبيرة للأشخاص الذين لا يشربون مقادير كافية من الماء.

مكونات عصير الفاكهة والخضر:

أن الحفاظ على مكونات الفاكهة والخضر في عملية إنتاج العصير وخزنه يلزم معرفة مكونات كل فاكهة، وكذلك التغيرات التي أن تحدث، أن المكونات الرئيسية لعصير الفاكهة هو الماء والسكر والأملاح المعدنية والبكتين والأحماض العضوية والفيتامينات والأنزيمات والتانين والمواد الدباغية...الخ.

١ـ الماء :

قد يحتوى عصير الفاكهة على حوالي ٨٠ ـ ٩٥ % ماء وللماء أهمية كبيرة في الجسم وهو الذي يعمل كوسط لإجراء التفاعلات الحيوية وفي نفس الوقت فإن التقنية المستعملة لإنتاج عصير الفاكهة يجب أن تعمل على بقاء هذا العصير سليماً من التلوث أو التلف.

٢ـ السكريات :

من العناصر الغذائية التي تتواجد بكميات كبيرة في عصير الفاكهة والخضر حيث أنها تحتوي على السكريات وتتواجد بشكل رئيسي على شكل سكريات أحادية(كلوكوز وفركتوز) وان هذه السكريات تمتص من قبل الجسم بدون أي عملية تحويل أو تغير كما هو الحال في سكر (السكروز) حيث يلزم تحويله بواسطة الأنزيم في نفس الكائن الحي والسكريات في عصير الفاكهة المختلفة هي كالتالي :

- عصير العنب ٥٠% فركتوز، ٥٠% كلوكوز.
- عصير التفاح ٢٠% كلوكوز، ٨٠% فركتوز.
- عصير grogob ٦٠% فركتوز، ٣٥% كلوكوز، ٥% سكروز.
- عصير البرتقال ٥٠% كلوكوز وفركتوز و ٥٠% سكروز.

السكريات الأحادية (فركتوز والكلوكوز) توجد بصورة دائمة في عصير الفاكهة والخضر ولذا فإن استعمال أية تقنية لإنتاج العصير يجب الانتباه إلى الظروف التي تؤثر على السكريات كالحرارة العالية حيث تؤثر هذه بوجود الأحماض العضوية على جزئية السكر فسينفصل الماء وبذلك سيتكون أوكسي فورنورال بالإضافة إلى ذلك فإن السكريات ستتفاعل مع الأحماض الأمينية مما يسبب تغيرات في لون العصير ورائحته وطعمه.

٣ـ المواد البكتينية :

المواد البكتينية هي مركبات عضوية عالية الوزن المولي وهي التي تبنى الجدران الخلوية للفاكهة وليس للمواد البكتينية أية فائدة غذائية في العصير ولكن لها تأثير على شكل ونظام العصير. والبروتوبكتين هو المسؤول عن صلابة الفاكهة ويتحول البروتوبكتين إلى بكتين عند نضج الثمار لذا نرى انسيابية كتلة عصير الفاكهة بسهولة وكذلك بالنسبة إلى النكهة واللون والفيتامينات فإنها يسهل الحصول عليها مع الكتلة العصيرية وأن كل هذه العملية هي من تأثير عمل إنزيمات البكتين.

واعتياديا في عصير الفاكهة تتواجد كمية كبيرة من البكتين والتي تتسبب في عكرة العصير ولكن عند ترويقه نحصل على عصير رائق أما إذا ترك على حاله فسنحصل على عصير نسيجي فعند حالة عصير الكمثرى نرى أنه يعامل مع الجلايتن لأجل ترسيبه على شكل شبكة جيلاتينية بكتينية ولأجل صعوبة الترشيح نستعمل الطريقة الباردة للحفاظ على PECTIN ESTERASE وإنزيمات أخرى المحللة للبكتين، لذا فهناك الكثير من المروقات العصيرية.

٤ـ الأحماض العضوية :

الفاكهة والخضر تحتوى على أحماض عضوية بشكل حر ومرتبط على شكل أملاح البوتاسيوم، صوديوم وكالسيوم..الخ، وإن وجود الحوامض في العصير يعتمد على الكثير من العوامل منها: النوع أو صنف الفاكهة والخضر كذلك التربة والمناخ والظروف الزراعية،وأن كلها تعمل على إنضاج الفاكهة والخضر ودرجتها، وإن طريقة إنتاج ومعاملة وخزن ونقل العصير، أيضاً تؤثر على محتوى الأحماض في العصير.

نسبة الأحماض في بعض الفاكهة والخضر

عصير العنب	حوالي	%٠,٧
عصير التفاح	حوالي	%٠,١٥
عصير المشمش	حوالي	%١,٩٥ -٠,٧٥
عصير الخوخ	حوالي	%٠,٧٠
عصير الشليك	حوالي	%١,٢ -٠,٦
عصير الطماطم	حوالي	%٠,٧ -٠,٣

عصير الفاكهة عموماً يحتوي على حامض الماليك والليمونيك والترتاريك وقد تحتوي على كمية من حامض الأوكزاليك وبعض من حامض السلسليك أما عصائر الخضر فتحتوي على حامض الماليك والخليك وقد اكتشف أن بعض الفاكهة تحتوي على حامض الماليك ليس من مصدر بكتيري ولكن من نفس خلايا الفاكهة (أي تخليق داخل الثمرة) وقد سمي هذا الحامض بالحامض الأولي لتفريقه عن الأحماض التي تنتج من عمل الأنزيمات أو عمل البكتيريا ولأجل تعقيم العصير من حيث كمية حامض الماليك من مصدر بكتيري يجب أن يكون لدينا تصور لحامض الماليك الأولي في العصير وعموماً فالعصير يحتوي على ٣٠-٥٥٠ ملغم حامض ماليك / لتر.

الأحماض العضوية في عصير الفاكهة والخضر تحتوي على سلاسل مستقيمة من ذرات الكربون وعند تسخينها في داخل الجسم (جسم الثمرة) فستتحطم إلى CO_2 وكربونات قاعدية والتي بدورها تنتج طاقة أما الأحماض العضوية الأخرى مثل البنزوات فلها سلسلة مغلقة لا تتحطم عند عمليات العصر ولا تنتج طاقة. أن الأحماض في الفاكهة هي أكثر من ما هي في ثمار الخضر لذلك نرى أن طعم الحامض يكون صفة مميزة للمادة الخام فعصير الخضر مقارنة مع عصير الفاكهة له حموضة منخفضة وأحياناً لا يسجل أي طعم حامض والطعم يتحدد من علاقة السكر إلى حامض في العصير ولمقياس متعارف عليه فالعلاقة تكون ١-١٠ و١-١٣.

الحموضة البدائية وفعاليتها يجب الاهتمام بها في كل من الفاكهة والخضر حيث يجب أن تجرى عمليات إنتاج العصير في درجات حرارة منخفضة أو عند درجات حرارة عالية ووقت قصير، وتعمل حموضة الفاكهة على وقف نمو الأحياء المجهرية الموجودة في العصير.

٥ـ المواد المعدنية :

من نظرة فسلجة الإملاح المعدنية هي من أهم المقومات أو الأجزاء في عصير الفاكهة والخضر وفي العصير تتواجد دائماً وبصورة رئيسية أيونات الكالسيوم والمنغنيز والصوديوم والبوتاسيوم والحديد والنحاس والمغنيسيوم وكذلك الأيونات السالبة مثل الفسفور والكبريت، سلسليك وفي بعض الأحيان الهيدرو كلوريك بالإضافة إلى ما ذكر فإن عصير الفاكهة والخضر يحتوى على العناصر التالية :

ميكرو المنتي الكوبالت، يود، فلور، زنك...الخ. وعموما فأن عصير الخضر يحتوي على كميات كبيرة من العناصر المعدنية أكثر من عصير الفواكه حيث تصل نسبة بعض العناصر في الخضر إلى ٥٠% من وزن الرماد أما في الفاكهة فتصل إلى ٣٠-٤٠% أما عنصر الصوديوم في كل عناصر الفاكهة يتراوح ما بين ١-٩% ولكن في عصير الخضر فتصل إلى ٢٠-٣٠% من نسبة العناصر أما نسبة الكالسيوم في رماد عصير الفاكهة فيصل إلى ١٢% أما في عصير الخضر نسبتها أكثر أما كمية الحديد في رماد عصري السبانخ أو عصائر الخضر الأخرى تصل إلى ١٢% أما بالنسبة إلى عصير الفاكهة فإن نسبة الحديد في الأجاص كبيرة .

والجدول التالي يوضح نسبة هذه المعادن

الخضر	زنك %	منغنيز %	نحاس %	حديد %
سبانخ	280	530	120	3000
كرنب	-	40	60	400
طماطم	250	190	100	760
بصل	-	350	85	500
الخيار	-	-	-	300
بطاطا	200	250	200	450
شوندر أحمر	-	-	140	1000

الفواكه	زنك %	منغنيز %	نحاس %	حديد %
عنب	-	-	100	500
تفاح	-	-	-	-
كمثرى	320	60	160	400
كرز	-	-	120	400
مشمش	100	370	160	400
أجاص	100	100	95	500
ليمون	-	-	260	140
أناناس	-	-	80	140

وعصير الثمار الطازجة تكون غنية بالبوتاسيوم وأن النسبة ما بين Na و K في الخضر هي ١-٧ أما في الفاكهة ١-١٣ وأن العناصر المعدنية في الخضر والفاكهة تعتبر وحدات بنائية لبناء جسم الإنسان ولها أهمية في نمو الأسنان والأظافر والجلد..الخ ولها أهمية في عمليات التمثيل وتغير المواد فلها أيضاً أهمية في الجسم وخصوصاً الفيتامينات.

٦ـ الأنزيمات :

الأنزيمات موجودة في مكونات كل خلية أو نسيج حي لأي كائن وتلعب دوراً بيولوجياً مساعداً، والأنزيمات لها خصائص الكائنات الحية، لأنها تحول أحد المواد إلى مادة أخرى .

والأنزيمات تلازم كل من عمليتي الهدم والبناء (النمو) ونضج الفاكهة بالإضافة إلى ذلك تكسب القوة (مناعة) عند خزن الفواكه، فأنزيم أوكسيديز مثلاً مسؤول عن دور الأنزيمات يتغير من قبل مؤشرات كثيرة للعمليات البنائية وهي توضح من قبل المواد الموجودة كالفيتامينات، المواد الدباغية، والأنزيم ينشط ويثبط في الدرجات الحرارية فعند رفع درجة الحرارة من ٢٥ إلى ٥٠ فإن حيوية ونشاط الأنزيمات تنخفض وعند ٧٠-١٠٠م يفقد الأنزيم صفته، أن تنشيط الأنزيم يعتمد على زمرة تأثير الحرارة فعند درجة الحرارة صفر أو تحت الصفر فإن نشاط الأنزيم تنخفض وفي بعض الحالات ليس له أثر في الحرارة صفر أو تحت الصفر فإن نشاط الأنزيم تنخفض وفي بعض الحالات ليس له أثر في الحرارة الملائمة التي يكون عندها تأثير الأنزيم شديداً جداً وهذه الدرجة تختلف من أنزيم إلى أنزيم آخر وكذلك تعتمد على PH الوسط وأن فعالية الأنزيم تكون في الوسط المتعادل وضعيف الحموضة أو ضعيف القاعدية وهو بالنسبة للأنزيمات تلعب دوراً في العملية التكنولوجية فمثلاً أنزيم أوكسيديز يؤثر على الفيتامينات وبوجود الأوكسجين فلذلك يفتش على تكنولوجيا وتكنيك بأمل عزل O_3 من العصير كذلك يجب الانتباه إلى أن كثير من صناعات العصير يجب توفير ظروف لعمل بعض الأنزيمات بحيث تضاف كميات لهذا الغرض.

٧ـ المواد الدباغية :

الصفة المميزة للفواكه والخضر هي اللون ومن هنا نرى أن عصير الفواكه والخضر يأخذ لونه في الثمرة حيث أن الفواكه والخضر تضم الكثير من المواد الدباغية وأن اللون هو العلامة لنضج الفاكهة أو لبعض المؤشرات الكيماوية لـBX (المواد الصلبة الذائبة) وأن المواد الدباغية في الفاكهة والخضر التي نراها باستمرار هي ما يلي :

١ـ الانثوسيانين :

صبغة تذوب بالماء، توجد في كل الفاكهة مثل الكرز، الشليك، العنب، العرموط، الخوخ، المشمش، التفاح، التين...الخ فعند إنتاج العصير تفرض قوى على الثمار وبذلك تمر الصبغة إلى العصير وأن الانثوسيانين يتغير بكل من الحرارة وكذلك بالمعاملات الحيوية وكذلك بالبرودة، إن لون عصير العنب الذي يضم صبغة الانثوسيانين(C_{23} H_{24} O_{12}) (اللون الأحمر الغامق) بقوة وبسرعة يتحد مع الزنك، النحاس، النيكل، الحديد الصلب.

٢ـ البكانين :

موجودة في قصب السكر ومن هنا فعصير قصب السكر يحتوي إضافة إلى محتواه الآزوتي صبغة الانثوسيانين وعند التسخين الصبغة تنتهي.

٣ـ كلوروفيل :

هو اللون العام للخضر وللفاكهة قبل النضج ويضم كلوروفيل A الذي هو (C_{55} H_{72} O_{54} Mg)، وكلوروفيل B الذي هو (C_{55} H_{70} O_{64} Mg)، والكلوروفيل لا يذوب في الماء ولكن عند تسخينه في وسط حامض من جزئيه الكلوروفيل فيفصل (Mg) ويحل محله (H) وهذه الظاهرة ذات لون أصفر وهي تسمى فيوفاتين وأن هذا التفاعل يفسر بتغير اللون الحقيقي الأخضر عند سلق الفواكه والخضر.

٤ـ كاروتينات :

صبغة ثنائية صفراء محمرة لا تذوب في الماء بل وتذوب في الدهون.

أ ـ كاروتين :

صبغة صفراء برتقالية تتواجد في الطماطم، الجزر، وإن الكاروتين هو بروفيتامين لفيتامين A في جسم الإنسان وبوجود الدهون يتحول إلى فيتامين A والكاروتين بسهولة يؤكسد بالهواء وخصوصاً بالتسخين.

ب ـ لايكوبين :

وهو أحد أيسومرات للكاروتين وهو المسؤول عن لون الطماطم الأحمر حيث يتواجد الكاروتين في الطماطم الناضجة بحدود ٠,٤ـ٠,٧٥ ملغم % أما لايكوبين فيتواجد بحدود ١٠ مرات أكثر من ٤ـ ٧,٨ملغم.

٥ـ أكسانثوفيل :

وهو مسؤول عن اللون الأصفر في الطماطم واللون الأحمر للفلفل.

٦ـ التانين :

عصير الفاكهة يحتوي على كمية من التانين اعتماداً على نوعية وصنف الفاكهة والمواد التانينية لها صفات قابضة والتي لها تأثير على طعم ونكهة العصير وكذلك تعطي لون.

٧ـ البروتينات :

يتميز عصير الفاكهة والخضر بقلة البروتينات، وأن أحماضها الأمينية كالايسوليوسين فيل النين وفالين والميثيونين، والتريتوفان والألنين ، وكلوتامين، والسيرين، الكلايسين...الخ.

٨ـ الفيتامينات :

أن محتوى عصير الفاكهة والخضر من الفيتامينات يختلف تبعاً لنوع الفاكهة والخضر ولكنها تتميز عموماً بصفتين A (كاروتين)، فيتامين B_1، B_2 وحامض النيكوتين وفيتامين B_6 وفيتامين C.

ويتواجد فيتامين A ويتواجد بكثرة في عصير الطماطم والجزر والشليك والعنب، أما فيتامين B_2،B_1 فهي فيتامينات ذائبة في الماء وتتواجد في عصير الكرز والعنب وكمية قليلة من التفاح والكمثرى وكما هو معروف أن فيتامين B_2،B_1 ترفع الشهية وكذلك تساعد على تهدئة الأعصاب والقلب.

فيتامين C وهو من الفيتامينات المهمة لجسم الإنسان وتذوب في الماء وتكون في عصير الفاكهة على شكل حامض الاسكوربيك وكمية فيتامين C في عصير الفاكهة مختلفة من صنف إلى أخر، أما حامض النيكوتين وفيتامين B_6 وحامض النبتويك يتواجد في العصير بكميات قليلة.

٩ـ مواد الرائحة والنكهة :

وهي مواد طيارة وذات رائحة وتتواجد بكميات قليلة في عصير الفواكه وكميات تمثل زيوت عطرية لأحماض عضوية.

تصنيف وتشخيص مواد النكهة والرائحة

تصنف مواد النكهة إلى أربع مجاميع :

١ـ مواد نكهة جوهرية أو متخصصة :

وهي مواد لها خاصية لنوع الفاكهة مثلاً مثيل أيستر لتمثيل حامض البروبينوك (وكمية ١ملغم/كغم يعطي نكهة الأناناس).

٢ـ غير متخصصة :

نكهة معبرة وهي مواد تحتوي على نكهة وبدون أن تؤثر على العصير وهي صعبة التطاير وكذلك الإذابة في الماء وليست لها رائحة قوية ومن أمثلتها (استيل الديهايد).

٣ـ مواد متعادلة النكهة :

هذه تحمل صفة نكهة الفاكهة والمثال عليها أثيل الكحول.

٤ـ مواد غير مرغوبة :

وهي غير محبذة (رديئة) هذه تؤدي دور غير محبذ للعصير والمثال عليها داي أسيتيت.

ويلعب تركيز مواد النكهة دوراً في صفات الرائحة المعطاة ومن الدراسات المستمرة وجد أن مواد النكهة هي الأساسية للفواكه.

١- الكحولات، أثيل، برومانول، بيوتانول.
٢- كربونات - استيل الدهيد، بيوتل الديهيد، أستون، ميثيل أثيل كيتون...الخ.
٣- استرات - استرات الكحول، إيسترات الخليك، ماليك.
٤- أحماض عضوية - خليك، ماليك، بروبيونيك...الخ.
٥- مثلاً في نكهة التفاح هناك الكحولات ٩٢% والديهيدات ٦% والاثبرات ٢%...الخ.

الفصل الثالث

خطوات ومراحل صناعة عصير الفاكهة ومركزاتها

متطلبات إنتاج عصير الفاكهة والأشربة من المعدات :

يشتمل أي خط لإنتاج عصير الفاكهة على ثلاثة أقسام رئيسة هي :

١- قسم معالجة الثمار.
٢- قسم معالجة العصير.
٣- قسم تعبئة المنتوج.

وفي العادة يكون الصانع لمعدات العصير غير ذلك الذي يهتم بإنتاج معدات معالجة الثمار وتجهيزاتها أو ذلك الذي ينتج معدات التعبئة والتغليف. وإذا ما تمت مفاتحة أحد الصانعين لتوريد معدات العصير فإنه من المفضل في الوقت ذاته مفاوضة أطراف أخرى لتوريد معدات القسمين الآخرين والتنسيق فيما بين الأطراف الثلاثة لتجنب الوقوع في مشكلات ومتاعب فنية وإدارية ولكي لا تحمل مسؤولية عملية الإنتاج لأحد الأطراف الثالثة وفي ذلك ضمان لانسيابية العملية بدءاً من استلام الثمار وانتهائها بمرحلة شحن المنتوج النهائي بقصد توزيعه.
هناك مجالان بارزان في تقانة إنتاج عصير الفاكهة الحديثة وهما مجال الفصل الميكانيكي ومجال المعالجة الحرارية، وعادة ما يربط بينهما ومع مجالات التقانة الأخرى بما يضمن الحصول على منتوج نهائي عالي الجودة وتعرض المادة الخام لفعل الفصل الميكانيكي بغية الحول على عصير نقي، على حين أنها تعرض للمعالجة الحرارية لتركيز المنتوج النهائي أو بسترته أو تبريده.
وتوجد ثلاثة أنواع رئيسة من المعدات ذات أهمية بالغة في خطوط إنتاج عصير الفاكهة وهي:

١. أجهزة فصل عالية السرعة وتستخدم لتنقية العصير.
٢. مبادلات حرارة صفائحية تستخدم في عمليات البسترة والتبريد وفي أنواع المعالجةالحرارية الأخرى.
٣. مبخرات تستخدم لتركيز العصير.

وإضافة للأنواع الثلاثة الرئيسة المذكورة توجد وحدات تخدم أغراضاً معينة في عملية إنتاج عصير الفاكهة، تشمل هذه الوحدات ما يلي :

١. أجهزة نزع السائل من لب الفاكهة.
٢. وحدات نزع الهواء الحر أو المذاب في السائل.
٣. مبخرات صفيحية للتركيز الأولي ولاسترجاع الشذى (الأروما).
٤. مبادلات حرارة لولبية (وهي تستخدم في تسخين عصير العنب تسخيناً أولياً).
٥. مجنسات لمعالجة النكتار.
٦. وحدات التبريد.
٧. مصافي ذاتية التنظيف
٨. مضخات مخصصة (تعطي حجوماً متساوية).

وإضافة لمعدات معالجة العصير الرئيسة وللوحدات التي تخدم أغراضاً معينة في عملية الإنتاج توجد أيضاً قطع مساعدة لها أهميتها في عملية الإنتاج نظراً لأنها تربط القطع مع بعضها بعضاً فتجعلها تعمل جميعاً ضمن مجموعة إنتاج متكاملة وتشمل :

١. صهاريج الخزن والمزج.
٢. المضخات.
٣. الصمامات.
٤. معدات مراقبة الإنتاج وأدواته.

وعلى الرغم مما سيزيد من كلفة الإنتاج فإنه يفضل أن تتصف المعدات التي يقع الاختيار على اقتنائها بالسمات المشتركة التالية :

١- ضمان أسلوب عملية الانسياب أو التدفق المستمر.
٢- *التصميم الصحي* : بحيث تكون جميع أجزاء المعدات والتجهيزات الملامسة للمنتوج النهائي مصنوعة من الفولاذ غير القابل للصدأ ومن مواد أخرى خاملة كيميائياً والقاعدة المفضلة في هذا الصدد هي اتباع مبدأ الدورة المغلقة بما يمكن من أداء عمليات تنظيف المعدات بعد انتهاء العملية الإنتاجية باعتماد آلية التنظيف في المكان CLEANINIG-IN-PLACE (CIP) بوساطة الكيماويات من دون الحاجة لتفكيكها، وتستخدم في ذلك مركبات القواعد أو الحموض، كما تستخدم عند اللزوم مواد مطهرة بسيطة، وبسبب ارتفاع كفاية عملية التنظيف فإن أداءها لا يتطلب سوى وقت قصير نسبياً.
٣- *المرونة* : ويقصد بذلك إمكان تحويل المنشأة التي صممت بادئ ذي بدء لتشغيلها يدوياً إلى منشأة تشغل ذاتياً AUTOMATED عند الرغبة في ذلك في وقت لاحق من دون الحاجة لإعادة البناء المكثف، إذ قد يكون التشغيل الذاتي في بداية الأمر غير مسوغ اقتصادياً لكنه قد يصبح (فيما بعد) ذا جدوى مع استخدام المعدات القائمة.
٤- خبرة الصانع وسمعته في تنفيذ المشاريع المماثلة.
٥- *محطة التنظيف في المكان* : يتطلب إقامة مصانع الأغذية الحديثة تحقيق مستويات عالية من شروط النظافة والصحة العامة في خطوط الإنتاج وذلك كي يحصل على منتوجات ذات جودة عالية ولتفادي أي خسارة في الإنتاج.

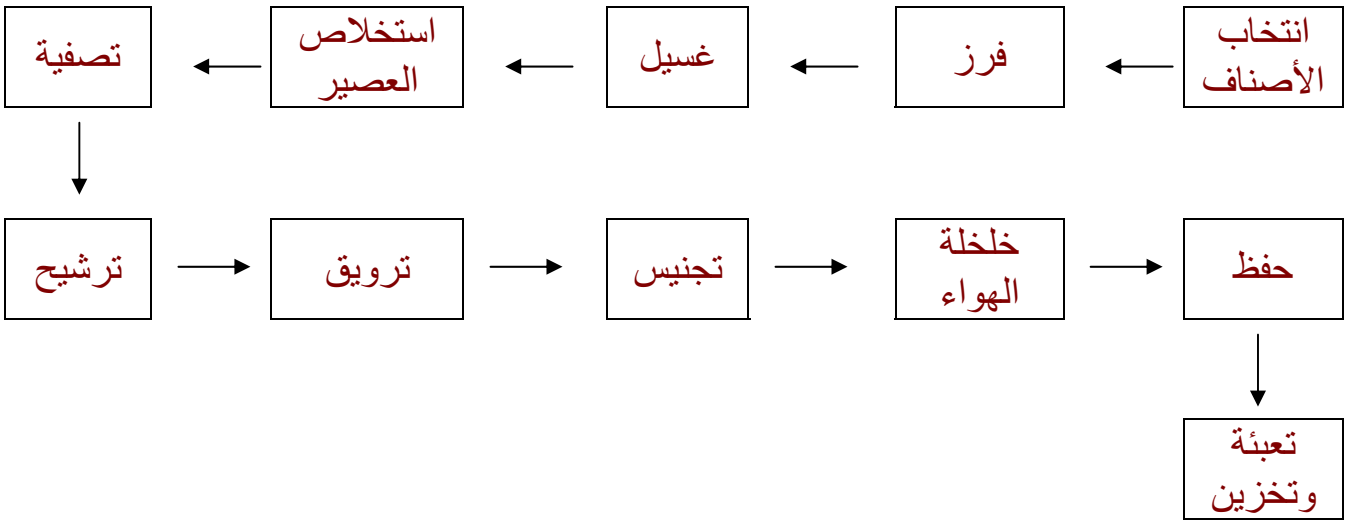
ومن أجل الحصول على مثل هذه المعايير يصبح ضرورياً تنظيف خط الإنتاج يومياً ومباشرة بعد انتهاء كل عملية من عمليات الإنتاج، ويتم ذلك بوساطة ما يسمى بالتنظيف في المكان CLEANING-IN-PLACE (CIP) يجري من محطة تنظيف مركزية فتربط الصهاريج وآلات التعبئة وشبكة الأنابيب مع بعضها بعضاً ويجري تنظيفها بالتعاقب.

الخدمات:

يتطلب تشغيل أي منشأة تعنى بإنتاج عصير الفواكه توافر خدمات معينة تشمل :

١- الكهرباء والتي تتوقف عليها كل عملية التشغيل. وفي الأماكن التي يكون فيها الإمداد المحلي بالكهرباء غير معتمد عليه ولا يوثق به فإن وجود مولد إضافي لتشغيل الآلات يكون ذا أهمية قصوى وفائدة كبيرة.
٢- المراجل البخارية ومراجل الماء الساخن اللازمة لعملية البسترة ولتنظيف المنشأة وتأمين الظروف الصحة الملائمة للقائمين بعملية التشغيل.
٣- الهواء المضغوط للتحكم بالأجهزة وبالصمامات التي يتم تشغيلها عن بعد REMOTE CONTROL في أثناء تسيير الأعمال، إضافة لأهميتها بالنسبة للآلات التي يتم تشغيلها بالهواء المضغوط.
٤- منشأة التبريد للإبقاء على درجة حرارة منخفضة وكذلك من أجل تكييف الهواء في غرف المعالجة والتعبئة بالإضافة إلى المخازن المخصصة للمواد الحساسة كالسكر الجاف والورق.
٥- المختبر المزود بجميع المعدات والتجهيزات الضرورية للفحص الذي يجري يومياً للتأكد من جودة المنتوجات وربما أيضاً البحوث الهادفة لتطويرها.
٦- الورشة التي تتوافر فيها الأدوات وقطع الغيار الضرورية لصيانة المنشأة وآلاتها ومن أجل نقل المواد الخام ومواد التعبئة والمنتوجات الجاهزة..الخ ينبغي وجود نقالات خشبية ورافعات شوكية ورافعات يدوية.

خطوات صناعة عصير فاكهة أو خضر



١ـ انتخاب المادة الخام :

أولاً: الأصناف :

ليست كل أصناف الفاكهة أو الخضر صالحة لصناعة العصير، وعلينا أن نتخير الأصناف وفيرة العصير ذات النكهة القوية والطعم والرائحة المرغوبة والقيمة الغذائية العالية، والتي تتحمل خطوات صناعة العصير دون أن تتغير إلى طعم مر مثلاً مثل بعض أصناف الليمون، ودون أن تفقد قدراً كبيراً من النكهة المميزة للفاكهة، أو الخضر، ودون أن تؤثر عمليات الصناعة على قدر كبير من قيمتها الغذائية، كما يراعى في الصنف المختار أن يسهل استخلاص عصيره بطريقة اقتصادية كما يجب أن تكون رغبة المستهلك موضع الاعتبار.

من أمثلة تأثير الصنف :

١- البرتقال أبو سرة عصيره قليل.

٢- البرتقال الفالنسيا الاسترالي يتحول طعمه إلى مر بعد عصيره مع أن لب الثمرة والعصير المستخرجين توا ليسا مرين.

٣- وكذلك عصير الجريب فروت به مادة مرة، وبعد أن اكتشف أنزيم يحلل هذه المادة المرة إلى مادة غير مرة أصبح من الممكن استخدامه في صناعة العصير.

٤- البرتقال السكري طعمه ضعيف ويزداد ضعف طعمه بعمليات التصنيع لذلك لا يصلح.

٥- الليمون الأضاليا LEMON أفضل من الليمون البنزهير LIME حيث إن الأضاليا أغنى بفيتامين C وتقل به الزيوت الطيارة نسبياً، وأن البنزهير أصغر حجماً وأصعب في استخلاص عصيره.

٦- في الشليك تنتخب الأصناف ذات اللون الأحمر الوفير والنكهة القوية.

٧- في العنب توجد أصناف حمراء وأصناف بيضاء، وعادة تخلط أصناف مختلفة لتوفير الصفات المرغوبة في الخليط الناتج مثل توفر اللون المرغوب والنكهة القوية ونسبة السكر المرتفعة.

٨- في المانجو توجد أصناف كبيرة البذور تكون تصافي العصير منها منخفضة لذلك تكون غير اقتصادية، وقد يسبب قلة التصافي وجود ألياف كثيرة في الصنف.

٩- في الطماطم تفضل الأصناف التي تكون المواد الصلبة الذائبة فيها نسبتها مرتفعة ولونها الأحمر وفيراً.

ثانياً: درجة النضج DEGREE OF MATURITY

وبعد انتخاب الصنف الأنسب يراعى أن تكون المادة الخام في درجة النضج المناسبة لهذه الصناعة فمثلاً:

١- البرتقال ناقص النضج يكون لونه غير مكتمل ويعطي عصيراً ذا لون باهت غير مرغوب، صحيح أنه يمكن تحسين اللون بألوان صناعية ولكن اللون الطبيعي أفضل، كما أن بعض القوانين الغذائية تحرم إضافة ألوان صناعية.

٢- المشمش ناقص النضج يكون لونه مخضراً غير مرغوب ونكهته ضعيفة وإذا زاد نضجه عن الحدود المرغوبة فإن المواد البكتينية فيه تصبح غير ذائبة ويفقد قوامه الذي قد يقدره المستهلك على أنه علامة من علامات الجودة.

٣- الأناناس ناقص النضج لونه باهت وطعمه ضعيف وقوامه صلب يصعب استخلاص عصير بالمقارنة بالأناناس الذي في درجة نضج مناسبة.

ثالثاً: درجة جودة المادة الخام QUALITY OF RAW MATERIAL

يجب أن تكون المادة الخام سليمة خالية من الخدوش الميكانيكية والعفن والتخمر والفطريات وأية عيوب أخرى، وكلما كانت المادة الخام ذات جودة مرتفعة كان الناتج النهائي عالي الجودة كما أن الخامات الرديئة لا يمكن أن ينتج عنها ناتج جيد، وهذه قاعدة صحيحة في كل أشكال التصنيع الغذائي.

ومصانع التعليب والتجميد تقوم أحياناً بتوجيه غير الصالح لها من الفاكهة أو الخضر لصناعة العصير، ولا مانع من ذلك بشرط أن تتوفر الشروط السابق شرحها، فما لا يصلح لصناعة ما قد يكون مناسباً لصناعة أخرى. ومن أمثلة ذلك الطماطم حيث إن التعليب للثمار الكاملة يستلزم أن تكون الثمار متماسكة لتتحمل المعاملات الحرارية والتبريد المفاجئ دون أن تفقد قوامها، ولكن التي زادت في النضج عن الدرجة المطلوبة للتعليب قد تكون أصلح لصناعة العصير وهي غالباً ما تكون ذات لون وفير وعصير وسهل الاستخلاص.

٢- الفرز SORTING

بعد استلام المادة الخام تجري عملية فرز وإذا كانت قد شملت كثيراً من بل معظم العمليات داخل المصانع، فإن عملية الفرز للخضر والفاكهة لا زالت تحتاج إلى الأشخاص المدربين. وتفرز الخامات الزراعية المعدة لعمل العصير لاستبعاد التالف والمهشم، وغير تام التلوين، وغير مكتمل النضج المناسب، والغرض من عملية الفرز استبعاد العيوب التي تؤثر على صفات الجودة في العصير النهائي.

يجري الفرز بأن تمر الخامات أمام العمال على سير متحرك بحيث تكون الخامات في طبقة واحدة وتتعرض بجوانبها المختلفة أثناء مرورها أمام القائم بالفرز، ولا يكتفى أن تمر أمام شخص واحد بل أمام أكثر من شخص لتلافي العيوب التي تكون قد أفلتت من فرز أو مرة.

وقد يجري لبعض الثمار قطع بالسكين للجزء غير المناسب من الثمرة إذا كان باقي الثمرة صالحاً لتقليل فاقد الفرز دون التأثير على الجودة. ففي بعض الأحيان تكون بعض الثمار ملونة من أحد جوانبها وأقل تلوناً من جانب آخر، أو يكون هناك خدش صغير فيقطع حوله بسكين وتستعمل باقي الثمرة.

٣ـ الغسيل WASHING

الغسيل خطوة شديدة الأهمية وتؤدي إلى ما يأتي :

أ- التخلص مما يعلق بالخامات الزراعية من رمال وأتربة وطين، وخاصة الملامس منها للأرض أثناء وجوده بالحقل مثل الجزر والفراولة والسبانخ.

ب- إزالة المبيدات الحشرية الفطرية والبكتيرية وهي مواد كيماوية قد تكون سامة، أو تؤثر على صفات العصير من طعم ولون ورائحة كما أن القوانين الغذائية تضع حدوداً لما قد يوجد منها بالمنتجات الغذائية وإهمال إزالتها قد يجعل المنتج غير مطابق للمواصفات القانونية.

جـ- تؤدي عمليات الغسيل إلى تقليل الأحياء الدقيقة الملوثة للخامات، وهذا يؤدي إلى زيادة كفاءة عملية الحفظ التي ستجري فيما بعد.

وتتم عملية الغسيل بطرق مختلفة تعتمد على نوع الثمار وتجري عملية الغسيل بواسطة الماء أو الماء وبعض المواد المطهرة كالكلورين بنسبة ١٠٠ جزء بالمليون أو البوراكس بنسبة ٦% أو ٤% بوراكس +٢% حامض البوريك... الخ من المواد المسموح بها دولياً وتتم عملية الغسيل بالطرق التالية :

أولاً : عملية النقع SOAKING
ثانياً: الرشاشات SPRAY WASHERS
ثالثاً: الغسل الحلزوني ROTARY WASHERS

حيث تتم العملية الأولية للنقع في أحواض مجهزة بناقل شبكي يحث تغمر الثمار في الماء المكلور والحزام الناقل ينقلها خارجاً وهذه الطريقة تستعمل لثمار الفاكهة كالتفاح والبرتقال والطماطم...الخ.

أما الطريقة الثانية باستخدام الرشاشات حيث تتم العملية بوضع الثمار على الحزام الناقل والمركب عليه رشاشات التي تضغط الماء على شكل رذاذي على الثمار وهذه الطريقة عملية.

أما الطريقة الثالثة بالغسل الحلزوني وتعتمد هذه الطريقة على اسطوانات ذات مساطب خشبية وبينها فراغات تسمح بخروج الماء وتتعرض الثمار عند مرورها من أحد طرفي الأسطوانة إلى الطرف الأخر لتيار ماء وتكون هذه الأسطوانات مصممة بخروج وتعتبر هذه الطريقة من الطرق القديمة.

الفصل الرابع

صناعة عصير البرتقال ومراحل تركيزه

صناعة عصير البرتقال :

يعتبر الوطن العربي بيئة صالحة لنمو أشجار الحمضيات بشكل كبير وذلك لملائمة المناخ والتربة وتوفر المياه وتنتشر زراعته في مصر والجزائر المغرب ولبنان والعراق والأردن وإن هذه الأقطار تنتج بحدود ٢١٠٩ إلى ٢٠٨٨ (١٧٧٨) ألف طن وتعتبر الأصناف المحلية من أجود الأصناف لإنتاج العصير ونكهته علماً بأن مكونات البرتقال والكريب فروت والمندرين تتعرض لتغيرات أساسية وذلك اعتماداً على وقت جني الثمار حيث الزيادة البطيئة في تراكيز المواد الصلبة الذائبة والسكروز والسكريات المختزلة والانخفاض الحاصل في الحموضة BRIX/ACID حيث تزداد بتطور النضج وعموماً فنسبة المواد الصلبة الذائبة إلى الحموضة تعطي مباشرة لنضوج البرتقال أما في الليمون والليمون الحامض فتكون العملية على العكس حيث تبقى نسبة المواد الذائبة ثابتة في الطور الأخير لنمو الثمرة في الإنضاج أما الحموضة فأنها تزداد بشكل كبير كما وتركيزاً وهي توازي الانخفاض بالسكر وتعبئة المواد الصلبة الذائبة، أما كمية وجود العصير فأنها تعتمد على العوامل التالية: الصنف، درجة النضج، المنطقة المزروع بها، طريقة الاستخلاص.

١ ـ الصنف:

حيث يعتبر البرتقال المحلي من أحسن الأصناف لما سبق ذكره.

٢ ـ درجة النضج:

حيث يعطي البرتقال غير تام النضج عصير مر ويعطي البرتقال المقطوف بعد مرحلة النضج ذو طعم خفيف ورائحته ضعيفة.

٣ ـ المنطقة المزروع بها البرتقال:

حيث يتأثر صفات العصير الناتج باختلاف العوامل الجوية ونوع التربة المزروع فيها البرتقال.

٤ ـ طريقة الاستخلاص:

حيث أنه في الطرق يتم استخلاص العصير مع جزء من ا لمواد الغير مرغوب فيها (وتعتبر طريقة الأقماع المخروطية من أفضل الطرق لمنع استخلاص المواد الغير مرغوب فيها) كالموجودة في القشور والبذور مما يكسب العصير طعماً غير مرغوب فيه، كما أن استخلاص العصير بطريقة التقشير والجرش أو العصير يعطي ١٢٠ غالون عصير لكل طن بينما تعطي طريقة الاستخلاص بطريقة الأقمار المخروطية يعطي ٩٠-١٠٠ غالون عصير لكل طن.

تركيب الثمرة:

تتركب ثمرة البرتقال من:

١ـ القشرة الخارجية التي تغلف اللب وتتكون من طبقتين :

أ- طبقة الفلافيدو FLAVEDO وتتميز هذه الطبقة بلونها الأصفر وهي تحتوي على الزيت العطري الذي يوجد في جيوب زيتية والذي يمكن استخلاصه في الصناعة ويوجد هذا الزيت بنسبة ٠,٩ -٤,٧ رطل لكل طن قشور وهذه الطبقة في البرتقال غير الناضج تكون المواد الملونة بها خضراء ولذلك تظهر باللون الأخضر ثم تتحول إلى اللون الأصفر عند اكتمال النضج.

ب- طبقة الالبيدو ALBIDO وهو النسيج الإسفنجي الغني بالبكتين (الذي يوجد بنسبة ٣,٥-٥,٥%) وهذه الطبقة تفصل القشرة الخارجية الفلافيدو عن اللب.

٢ـ طبقة اللب أو الفصوص:

وهي المنطقة الحاملة للعصير حيث توجد موزعة بانتظام حول نسيج إسفنجي أبيض اللون وتحتوي الفصوص على العصير والمواد الملونة الصفراء وحبيبات زيتية وسط الجيوب الزيتية وتوجد البذور قرب مركز الثمرة.

مكونات العصير :

يحتوي عصير البرتقال على الماء والسكريات والأحماض والزيت العطري والمواد الملونة (الكاروتينات) وتتوقف كمية السكر والحامض على درجة نضج الثمار وكلما زادت مرحلة النضج زادت قيمة السكر وقلة نسبة الحموضة ويمثل السكروز أكثر من 50% من السكريات الموجودة بالعصير كما أن حامض الستريك يمثل الجزء الأكبر من الأحماض الموجودة.كذلك يوجد بالعصير أيضاً نسبة صغيرة من البكتين وهي المسؤولة عن مظهر العصير الطازج وعليه فإن كل المكونات السابقة هي المسؤولة عن لون وطعم ورائحة ونكهة العصير.

تحليل ثمار البرتقال :

ماء	سكريات كلية	بروتين	دهون	تفل و قشور	حامض الستريك
٪ ٨٧	٪ ٨,٨	٪ ٠,٩	٪ ٠,٢	٪ ٢٨	٪ ٠,٦٨

خطوات صناعة عصير البرتقال :

١- يتم انتخاب ثمار البرتقال المحلي التام النضج في شهور كانون أول وكانون الثاني و شباط وبحيث تكون نسبة السكر إلى الحامض ١/١٢ ثم تجري فرز الثمار لاستبعاد التالف.

٢- *الغسيل :* يتم غسيل البرتقال جيداً لإزالة الأتربة والأوساخ والمبيدات الحشرية.

٣- *تقطيع الثمار :* حيث تقطع الثمار عرضياً إلى نصفين وذلك لتسهيل استخلاص العصير من الفصوص.

٤- *استخلاص العصير*: وذلك عن طريق استخدام الأقماع المخروطية (توجد عدة طرق أخرى مثل المكابس البريمية أو ذات الأقفاص، بعد تقشير البرتقال وفصل الأقماع المخروطية حيث يمكن استعمالها تجنب استخلاص المواد غير المرغوب فيها مثل النارنجين NARAGIN الموجودة في طبقة الالبيدو.

٥- *تصفية العصير*: لفصل البذور واللب وفي النطاق الضيق يستخدم أما المصافي المعدنية المثقبة أو قطعة القماش.

٦- *خلخلة الهواء*: وذلك للتخلص من الكميات الكبيرة من الهواء خاصة الأوكسجين الموجود بالعصير حتى لا يفسد أثناء عملية التسخين.

٧- *حفظ العصير*: ويتم بالطرق التالية:

أ- البسترة :

حيث تتم تعبئة العصير في زجاجات توضع في حمام مائي ساخن حتى تصل درجة الحرارة إلى ١٦٠ف لمدة 1/2 ساعة ثم تقفل الزجاجات جيداً ثم تقلب وتبرد بسرعة ثم تحفظ بالثلاجة كما يمكن استخدام البسترة السريعة حيث ترفع درجة حرارة العصير إلى ١٩٠-٢٠٥ف لمدة ٢٠-٦٠ ثانية ثم يعبأ العصير في عبوات وتقفل الزجاجات جيداً وتقلب لتعقيم الأغطية ثم تبرد بسرعة وتحفظ بالثلاجة.

ب- المواد الكيماوية :

وتستعمل بنزوات الصوديوم بتركيز ١٣,١% أو ١جم لكل لتر لمنع الفساد البكترويلوجي ويضاف ميتاسلفيت الصوديوم أي بنسبة ٠,٠٥% حيث يمنع حمض الكبريتوز وأملاحه أكسدة العصير كما يستعمل حامض السوربيك بتركيز ٠,١%.

ج- الحفظ بالتجميد :

يضاف إلى العصير ٠,٠٥% ميتاسلفيت الصوديوم.

ثم يعبأ العصير في علب أو أكواب من الكرتون أو الصفيح مع ترك مسافة ١٠% من العلبة وذلك لتتمدد العصير عند تجمده ثم توضع في جهاز التجميد وهذه أفضل طريقة لحفظ العصير إلا أن العصير المجمد يجب استهلاكه مباشرة بعد انصهاره حيث تنشط الأحياء الدقيقة على درجة حرارة الغرفة مما يعمل على فساد العصير.

ويلاحظ في حالة تعليب العصير استخدام طلاء خاص يتناسب مع عصير الموالح ويسمى CITRUS ENAMEL.

ملاحظات عملية في صناعة عصير البرتقال

في صناعة عصير البرتقال تتبع الخطوات السابق شرحها في صناعة العصير عموماً، ولكن هناك بعض الملاحظات الخاصة نوردها فيما يلي :

(١) انتخاب الثمار:

أ- تحدد قوانين البلاد المنتجة للعصير درجة النضج المناسبة للمحصول المراد تصنيعه عصيراً، ويعطى اهتمام خاص لنسبة بركس: الحموضة في العصير حيث إن هذه النسبة مرتبطة بدرجة الجودة من حيث النكهة واللون ويجري خلط ثمار من عدة مصادر بحيث إن مخلوط عصير هذه الثمار يحقق النسبة المطلوبة من السكر والحمض والنسبة تخضع للذوق العام لدى المستهلكين وهو يختلف من بلد إلى بلد.

ب- الاختبارات التي تجري عند الاستلام هي تقدير البركس، والحموضة الظاهرية بالتنقيط بالقلوي(ITRATABLE-ACIDITY) وكمية العصير الناتجة من وحدة الوزن، وذلك بالإضافة إلى الفحص الظاهري لسلامة الثمار واكتمال لونها. وقد يختبر لون العصير بمقارنته بالنموذج القياسي للون العصير النهائي المطلوب.

جـ - بعد استلام الثمار توضع في أوعية، عمق الثمار فيها لا يزيد عن ٤ أقدام منعاً لضغط الثمار على بعضها وتهشمها، كما أنه يجب عدم تأخير سحب الثمار للتصنيع، وتحفظ مبردة لحين بدء العمل بها.

(٢) استخلاص العصير:

توجد عدة ماكينات حديثة لهذا الغرض منها:

- ماكينة تسمى FMC IN LINE EXTRACTOR وهي تقوم باستخلاص العصير على مراحل (FMC اختصار لـ FOOD MACHINERY CORPORATION).

توضع الثمرة في قاع جزء يشبه الفنجان CUP LIKE ويبدأ النصف الأعلى في النزول للضغط على الثمرة، وعند نزول هذا الجزء تقوم أنبوبة موجودة أسفل البرتقالة لها حافة حادة بعمل ثقب في الثمرة من قاعها السفلي، ثم تضغط أصابع عديدة على الثمرة، فتتمزق الفصوص الحاملة للعصير وتندفع داخل الأنبوبة، والأنبوبة مثقبة، ويوجد ذارع يخترق الأنبوبة من أسفل إلى أعلى فيدفع العصير للخروج من ثقوبها، حيث يتجمع ليخرج من فتحة خاصة وحركة هذه الذراع إلى أعلى تطرد القشور إلى الخارج، وحركتها إلى أسفل تطرد التفل POMACE OR PULP إلى أسفل في نفس الوقت تعمل هذه الماكينة على الحصول على زيت القشور، فعندما تضغط الأصابع على الثمرة، يخرج زيت القشور من حويصلاته ويسيل خارج القشور فيسلط على القشور تيار من الماء ويجمع ماء الغسيل وسيتخلص منه الزيت لاستعمالات سيرد ذكرها فيها بعد.

- هناك ماكينة أخرى تسمى BROWN 400 وأخرى BROWN 700 والأساس فيهما واحد وهو أن الثمرة تقطع إلى نصفين، ويوضع كل نصف على مخروط وفوقه ضاغط على شكل فنجان مقلوب مصنوع من المطاط يضغط هذا الضاغط على أنصاف الثمار فيخرج العصير ويجمع، ثم تطرد القشور التي على المخروط.

هذا النوع من الماكينات يؤدي إلى إنتاج عصير به أقل ما يمكن من زيت القشور.

(٣) التخلص من الأجزاء الخشنة :

تسمى هذه العملية في الصناعة تصفية نهائية finishing توجد ماكينة خاصة للتخلص من الأجزاء الخشنة وهي تتكون من ذراع أفقية بريمية تتحرك داخل أسطوانة مثقبة، يخرج العصير من الثقوب ويبقى التفل ويتحرك بواسطة الذراع البريمية إلى آخر الأسطوانة حيث يخرج من ثقوب خاصة.وفي حالة العصير المستخلص بماكينة من نوع FMC السابق شرحها فإن جزءاً كبيراً من التفل يزال أثناء الاستخلاص ولا ينتج كثيراً من التفل أثناء عملية التصفية النهائية.

في بعض الأحيان يطلب جمهور المستهلكين عصيراً به بعض الأجزاء الخشنة من التفل، وفي هذه الحالة تغير فتحات الثقوب في جسم الأسطوانة إلى فتحات أوسع في ماكينة التصفية، كما أن الأنبوبة المثقبة في ماكينة FMC تتغير إلى أنبوبة ذات ثقوب أوسع. وعموماً تعمل هذه التغيرات على جزء فقط من العصير وليس على العصير كله.

(٤) زيت القشور

عند استخلاص عصير البرتقال تختلط به كمية من زيت القشور، وقد تكون الكمية كبيرة وهي غير مرغوبة إذ أن قوانين الولايات المتحدة مثلاً تحدد نسبة زيت القشور في العصير بما لا يزيد عن ٠,٣٥ % بالحجم. وقد ثبت أن معظم الناس تتقبل وجود الزيت عند تركيز ٠,٠٢٠ -٠,٠٢٥% حجم: حجم، وأن النسبة إذا وصلت ٠,٠٥% تكون غير مقبولة. وبتخزين العصير تحدث تغيرات في زيت القشور الموجود به، ويظن أن أغلب التغيرات في المركبات غير الطيارة منه. وأهم هذه التغيرات تحول مواد هيدرو كربونية إلى كحولات وفقد استرات والدهيدات وكحولات أليفاتية ومواد تربينية.تستعمل ماكينة خاصة لإزالة زيت القشور من العصر قبل التعليب وهي عبارة عن مسخنات تحت التفريغ تعمل على التبخير vacuum-evaporators كما تسمى vacuum-deoilers يسخن فيها العصير إلى 125°ف تحت تفريغ حتى يتبخر ٣-٦% من وزنه، وتكثف الأبخرة الناتجة ويفصل منها الزيت بالطرد المركزي أو بالطفو، ويضاف هذا الزيت بعد ذلك الى العصير بالنسبة المسموح بها فقط علما بان جزءا كبيرا من الزيت يتطاير أثناء التسخين ولا يتكثف فيفقد.

هذا الزيت له أيضاً استعمالات هامة وهي أنه عند صناعة العصير المركز يؤدي التركيز إلى فقد كل أو معظم الزيت الذي به، ولما كان من المرغوب وجود جزء من الزيت لتحسين النكهة فإن جزءاً من الزيت يضاف للعصير المركز قبل التعبئة.

(٥) المكونات الطيارة في العصير VOLATILE CONSTITUENTS

يوجد في عصير البرتقال مواد طيارة ORANGE ESSENCE منها ألدهيدات وكيتونات وأحماض وأكاسيد ومواد هيدرو كربونية، ومن الصعب معرفة أي منها مسؤول عن إعطاء الطعم المميز للعصير الطازج FRESH TASTE، ويظن أن مادة بيوتيرات الإيثيل ETHYL BUTYRATE لها أهمية كبيرة في إعطاء الطعم الطازج المميز للموالح، كما قد تشاركها في ذلك مركبات أخرى.

في أثناء عمليات التصنيع - وخاصة المعاملات الحرارية - تفقد بعض هذه المواد، لذلك توجد في بعض المصانع ماكينة لاستعادتها ESSENCE RECOVERY EQUIPMENT ، والمادة المستعادة تستعمل مضافة إلى زيت القشور المستخلص بالضغط على البارد COLD PRESSED OIL لتحسين النكهة في العصير المجمد، كما قد تضاف أيضاً إلى العصير المركز إلى ٥٥-60° بركس لإكساب الطعم الطازج، وفي صناعة العصير المركز أصبحت عملية استعادة الإسنس جزءاً من ماكينة التركيز بالتبخير EVAPORATOR (أحياناً تسمى عملية استعادة المواد المتطايرة RECOVERY OF AROMA).

(٦) المرارة في عصير البرتقال ORANGE JUICE BITTERNESS

بعض أصناف البرتقال مثل الفالنسيا الأسترالي يصبح عصيرها مرا بعد مدة قصيرة من استخلاصه مع أن الثمرة نفسها خالية من المرارة وكذلك عصيرها بمجرد استخلاصه. والمرارة هنا ناشئة من مادة الليمونين LIMONIN وهي تخالف المادة المرة في عصير الجريت فروت وهي النارنجين NARINGIN التي توجد في الثمرة حتى قبل عصرها. فالمادة المرة تتكون في عصير البرتقال بتحول مادة هي أحادي لاكتات الليمونين LIMONIN MONO LACTATE غير المرة إلى مادة ثنائي لاكتون الليمونين المرة LIMONIN DILACTONE ويجري التحول إلى المادة المرة في الوسط الحمضي للعصير. ومادة أحادي لاكتات الليمونين ليست مرة حتى تركيز ٥٠ جزءاً في المليون أما ثنائي لاكتون الليمونين فيمكن الشعور بالطعم المر عند وجودها بتركيز ٢,٧ جزء في المليون، وهي شديدة المرارة عند تركيز ١٥-٢٠ جزء في المليون، ويظن أنها تتكون بفعل إنزيمي.

(٧) الإنزيمات البكتينية

الترويق غير مرغوب في الموالح عموماً، لذلك فإن نشاط الإنزيمات البكتينية في عصير البرتقال غير مرغوب، وعند استخلاص العصير تنشط بعض الإنزيمات التي لم تكن نشطة في الثمرة نفسها قبل العصر ومن هذه الإنزيمات :

١ - بكتين استريز *PECTIN ESTERASE (PE)*

وقد وجد أن PE ينزع مجموعة اليمثيل DEMETHYLATES من البكتين، لذلك يجري إيقاف هذا الإنزيم في عملية البسترة أو التعقيم التجاري لمنع الترويق، وقد اقترح أيضاً لوقف الترويق التخلص من البكتين وهو المادة التي يعمل عليها إنزيم بكتين استريز PE حيث وجد أن البكتين ليس ضرورياً لإبقاء المواد المعكرة لعصير البرتقال عالقة به.

٢ - جالاكترونيز بولي ميثيل *POLY METHYL GALACTURONASE (PMG)*

وهو يحلل البكتين إلى مونو وداي حمض جالاكتر ونيك MONO AND DIGALACTURONIC ACID ولكنه لا يحلل حمض البكتيك .

٣ - إنزيم بولي جالاكترونيز *POLY GALACTURONASE (PM)*

الذي يستلزم عمله وجود مجموعة كربوكسيل فهو يحلل حمض البكتيك ولا يحلل البكتين.
وقد أمكن منع ترويق عصير البرتقال بدون معاملة حرارية تهدف إلى تثبيط الإنزيمات مثل PE، وذلك عن طريق تحلل البكتين إلى جزيئات أقل تعقيداً DEPOLYMERIZATION وكذلك تحلل حمض البكتيك إلى أحماض أوليجو جالاكترونيك OLIGO GALACRUTURONIC ACID وهي لا تكون أملاح كالسيوم راسبة.

(٨) الصبغات في عصير البرتقال

الصبغات توجد بصفة رئيسية في البلاستيدات ويوجد في عصير البرتقال وعصير اليوسفي صبغات رئيسية هي كاروتينات وزانثوفيلات وقد أمكن فصل الصبغات الآتية:

الفا وبيتا وزيتا كاروتينات وفيتوفلوين PHYTOFLUENE ليوتين أيبوكسيد LUTEINEPOXIDE وفلافوزانثين FLAVOXANTHINE كما وجد في البرتقال مجموعة كبيرة أخرى من الصبغات.

ووجد أن اللون المحمر REDDISH في عصير اليوسفي والذي يميزه عن عصير البرتقال راجع إلى وجود تركيزات أعلى من بعض الصبغات في اليوسفي وهي كريبتوزانثين CRYPTOXANTHINE، بيتاكاروتين β - CAROTENE كما وجد أيضاً ليكوبين LICOPENE.

وفي البرتقال الأحمر (أبو دمه BLOOD ORANGE) توجد صبغة الأنثوسيانين.

(٩) الأحماض في عصير البرتقال

في عصير البرتقال - كما في عصائر الموالح الأخرى - توجد أحماض تجعل رقم تركيز الهيدروجين pH بين ٣,٥-٤ (ماعدا الليمون) وهذه الأحماض لها أهميتها ليس فقط في إعطاء الطعم ولكن أيضاً لأنها تبطئ نمو الكائنات الدقيقة الحية في العصير وتجعل في الإمكان الحفظ بمعاملة حرارية ليست عالية مثل البسترة على 185° ف حيث تؤدي هذه المعاملة إلى تعقيم تجاري.

والحمض الرئيسي هو الستريك CITRIC ACID، كما أمكن التعرف على أحماض أخرى بتركيزات منخفضة وهي الطرطريك TARTARIC والبنزويك BENZOIC وسكسنيك SUCCINIC في عصير البرتقال، وأحماض أخرى بتركيزات منخفضة مثل الأسكوربيك وجالاكترونيك والأخير ناتج من انحلال البكتين، ويوجد في قشور البرتقال واليوسفي حمض مالونيك MALONIC.

(١٠) بسترة عصير البرتقال

وجد أن البسترة على 160° ف تكفي لمنع التخمر ولكنها غير كافية لتثبيط الإنزيمات البكتينية التي تعمل على فقد التعكير CLOUD LOSS OF JUICE كما لا تكفي لتثبيط بعض الإنزيمات الأخرى التي تحدث تغيرات مختلفة.
والبسترة على ١٨٥-210°ف ضرورية لثبات التعكير CLOUD STABILITY ورقم PH هام في تحديد مدة المعاملة الحرارية على درجة حرارة معينة. وعلى العموم فإن الموالح حمضية وهذا مما يسهل البسترة كما سبق ذكره. وفي المصانع تجري البسترة في مبادل حراري HEAT EXCHANGER أنبوبي TUBULAR أو صفائح PLATE TYPE.

(١١) تعبئة العصير بعد المعاملة الحرارية FILLING

يعبأ العصير بعد البسترة مباشرة في العبوات النهائية، ولا يبقى العصير أكثر من دقيقتين في الوعاء الذي يعبأ منه إلى العلب وذلك لتقليل تلف النكهة، والتعبئة بماكينات أوتوماتيكية ثم تبرد مباشرة برشاش ماء بارد COLD WATER SPRAY أثناء مرورها على سير ناقل CONVEYOR BELT إلى درجة 100° ف ومن المهم سرعة القفل والتبريد لمنع التغيرات غير المرغوبة التي تحدث بالحرارة العالية.
هناك ماكينات قفل للعلب تقفل ٥٠٠ علبة /دقيقة، وقبل القفل يخفض الهواء في الفراغ القمي HEAD SPACE بدفع بخار على سطح العلبة بعد تعبئتها فيطرد الهواء قبل القفل مباشرة.
وقد نجح التصفيح غير المطلي بالورنيش PLAIN TIN في تعبئة عصير الموالح غير المركزة SINGLE STRENGTH CITRUS JUICE لقلة تكلفتها ولعدم تأثر العصير بها أو تأثرها به .

(١٢) التغيرات التي تحدث في العصير بالتخزين

١- من أهم التغيرات التي تحدث في العصير الترويق وقد سبق الكلام عنه.

٢- أيضاً يحدث تغير في الطعم في عصائر الموالح، ومن أخطر التغيرات في الطعم تكون طعم الموالح المؤكسد (COF) CITRUS OXIDIZED FLAVOR في المنتجات المجمدة ويحدث ذلك بتراكم مركبات ألفا وبيتا ألدهيدات غير مشبعة α,β UNSATURATED ALDEHYDES هذه المركبات موجودة في العصير ويوجد إنزيم من نوع OXIDOREDUCTASE أي من إنزيمات الأكسدة والاختزال يعمل على اختزالها إلى كحولات، ولكن الإنزيم يحتاج إلى مرافق إنزيمي هو COENZYME NADH ليقوم بعمل الأكسدة ولكن هذا المرافق يتلف بحموضة العصير وبذلك لا تختزل الألدهيدات إلى كحولات فتحدث الطعم المؤكسد.

من المحاولات التي نجحت في إضعاف تكوين COF إضافة كميات كبيرة من حمض الأسكوربيك، ويفسر ذلك بأن الزيادة من هذا الحمض أو أملاحه (أسكوربات ASCORBATE) تؤدي إلى تحويل الصورة NAD المؤكسدة الموجودة في العصير إلى NADH المختزلة أي إلى تنشيطها كمرافق إنزيمي (NAD هي اختصار لاسم المرافق الإنزيمي وهو(NICOTINAMEDE ADENINE DINUCLEOTIDE)) والإنزيم المؤكسد المختزل لا يكون نشطاً في العصير لغياب مرافقه، ولكن إذا أضيف المرافق الإنزيمي فإن هذا يعتبر حلا للمشكلة لأنه يؤدي إلى قيام الإنزيم بعمله وبالتالي منع حدوث COF وعادة يضاف حمض الأسكوربيك للعصير المركز.

ومن العوامل التي تؤدي إلى ظهور COF وجود أكسجين الهواء بكثرة في العصير وهذا يعطي فكرة عن أهمية خلخلة الهواء من العصير وقد أمكن التغلب على وجود الأكسجين باستخدام إنزيم جلوكوز أكسيديز وسبق شرح ذلك في موضوع خلخلة الهواء.

٣- المرارة في عصير بعض الأنواع سبق التحدث عنها.

٤- التغير في محتوى الموالح من فيتامين ج والفيتامين الرئيسي في الموالح هو فيتامين ج أو حمض الأسكوربيك، وتختلف الكمية حسب النوع والصنف ودرجة النضج وعوامل أخرى كثيرة.

عصير البرتقال المركز المجمد

CONCENTRATED FROZEN ORANGE JUICE

بعد أن يحضر العصير بالطريقة السابق شرحها تجري عملية التركيز ثم يجمد العصير المركز، يلاحظ أنه في بعض البلاد يحرم القانون إضافة سكر لعصير البرتقال المعد لهذا الإنتاج والحكمة من ذلك دفع المنتجين إلى ترك الثمار على الأشجار حتى تصل نسبة السكر إلى مستوى مرتفع، وبالتالي فإن النكهة تكون في أحسن حالاتها ويكون المنتج عبارة عن ١٠٠% عصير.بعد أن يركز العصير يعمل له طرد مركزي لتقليل التفل الناعم FINELY DIVIDED PULP إذا لم تكن قد أجريت عملية الترشيح النهائي بكفاءة عالية.

والطرد المركزي يعمل على تقليل اللزوجة تلجأ بعض المصانع إلى غسيل التفل للحصول على ماء غسيل به ٦% مواد صلبة ولكنها ممنوعة قانوناً في بعض البلاد لأنها تقلل الجودة عندما يضاف ماء الغسيل إلى العصير.

التبخير EVAPORATION

يقصد بذلك، العملية التي تؤدي إلى التخلص من جزء من الماء على شكل بخار، والمبخرات EVAPORATORS هي صلب صناعة العصير المركز المجمد.

وأقل درجة أمكن استعمالها للتركيز هي 120° ف مع التفريغ حيث يسيل العصير على شكل غشاء (FILM) رقيق في غرف مفرغة وهو على درجة الحرارة المطلوبة ويفصل البخار الناتج بالشفط ، وقد يمر العصير على جملة ألواح PLATES وهو على شكل غشاء حتى يصل إلى التركيز المطلوب أثناء مروره على آخر لوح منها. وقد يكون المبخر على شكل أنابيب يسيل العصير على جوانبها من أعلى إلى أسفل وأثناء مروره يتعرض للحرارة تحت تفريغ.

البسترة

يبستر العصير بعد التركيز على 180° ف لمدة ٣٠ ثانية فقط وفي بعض المصانع تجري البسترة قبل التركيز وهذه الأخيرة لها ميزة تقليل عدد الأحياء الدقيقة حتى لا تتكاثر أثناء التركيز، وقد أتضح أن هذه الطريقة تؤدي إلى حمل ميكروبي أقل في المنتج النهائي والمصانع الأخرى تتبع البسترة بعد التركيز وهذا يقلل الطاقة اللازمة للبسترة حيث يكون حجم العصير قد قل ويستلزم بخاراً أقل من المطلوب لبسترة العصير قبل التركيز SINGLE STRENGTH JUICE . من الأجهزة الحديثة للتركيز جهاز يسمى TASTE EVAPORATOR وهو اختصار لعبارة TEMPERATURE ACCELERATOR SHORT TIME EVAPORATOR أي مبخر على درجة حرارة عالية لمدة قصيرة. وفي هذا الجهاز TASTE يمر العصير بسبع مراحل يليها تبريد سريع، ترفع الحرارة أولاً بالتدريج لإيقاف فعل الحرارة العالية ولكن يحدث أيضاً تركيز خلال ذلك ويبدأ العمل بعصير 12° بركس وينتهي بعصير 65° بركس حسب الجدول الآتي:

مراحل التركيز في مبخر TASTE

المرحلة	وزن العصير رطل	درجة الحرارة ْف	التركيز ْبركس
البداية	٨٠	٧٠	١٢
الأولى	٧٥	١٠٥	١٣
الثانية	٦٠	٢٠٥	١٦
الثالثة	٤٠	١٩٠	٣٣
الرابعة	٢٥	١٧٠	٤٠
الخامسة	٢٠	١٤٥	٤٨
السادسة	١٨	١١٥	٥٦
السابعة	١٥	١٠٥	٦٣
التبريد	١٥	٦٠	٦٥

والجهاز كفاءته الإنتاجية ٦٥ ألف رطل / ساعة.

استعادة المواد المتطايرة RECOVERY OF ESSENCE

تسمى في بعض المصانع RECOVERY OF AROMA في المنتجات التي تتعرض للتفريغ مثل العصير المركز، تتطاير المكونات الطيارة مما يستلزم إعادتها إلى العصير لإرجاع النكهة، ويجري تبخير ١٥% من العصير تحت تفريغ أو ضغط عادي وتكثف المواد المتطايرة وتركز حتى يصل حجمها إلى ١/١٠٠ من حجم العصير الذي تبخرت منه وهذا الإسنس يضاف إلى المنتج فيعطيه الطعم الطازج. في بعض المصانع الأخرى تكثف الأبخرة الناتجة من أولى مراحل التبخير في جهاز TASTE والأبخرة الناتجة يتكثف الماء منها بسهولة، أما المواد المتطايرة فلا تتكثف ويرسل بخارها حيث تضاف إلى الشوط الأخير من التركيز ثم تخلط بالعصير المركز بعد أن تكثف بالتبريد، والإسنس- أو المواد المتطايرة - يجب حفظه في أوعية مملوءة لآخرها لضمان عدم وجود هواء معه، ولا يحفظ مدة طويلة حتى لا تتلف النكهة، وهي تتلف حتى لو كانت في حالة مجمدة.

عصير البرتقال فوري الاسترجاع

INSTANT ORANGE JUICE

يعمل منتج خاص من عصير البرتقال يجفف إلى مسحوق سريع الاسترجاع بالماء RECONSTITUTION في هذا الإنتاج يستعمل العصير المركز ويجفف تحت تفريغ.

والمسحوق والمجفف الناتج هش القوام لوجود ثقوب في حبيباته، ويحتوي على ٣% فقط رطوبة، وهو مادة هيجروسكوبية، لذلك يعبأ في عبوات بها مواد مجففة تؤدي إلى خفض رطوبته إلى ١%.يلاحظ أنه أثناء عملية التجفيف بالتفريغ PUFF DRYING تفقد معظم المواد الطيارة المسؤولة عن النكهة، لذلك يضاف زيت القشور المستخلص بالضغط على البارد COLD PRESSED PEEL OIL مذاباً في سوربيتول .

وقد ظهرت في سنة ١٩٥٩ طريقة جديدة للتجفيف بالرغوة والعصير مفروش على حصيرة مثقبة FOAM MAT DRYING حيث تضاف للعصير مادة مثبتة للرغوة مثل جليسريد أحادي لحمض دهني صالح للأكل، كما توجد مواد أخرى مساعدة على ثبات الرغوة FOAM STABILIZERS مثل سليلوز الميثيل METHYL CELLULOSE وهو عديم الطعم ويضاف بنسبة ٠,٥%، ويخفق العصير بمضرب يؤدي إلى تحويل العصير إلى رغوة، أي أن العصير يتحول إلى فقاعات يحيط بها أغشية رقيقة من العصير تفرش الرغوة على حصيرة MAT في طبقة رقيقة، ويجفف على الضغط الجوي العادي بالهواء الساخن ويدفع الهاء خلال ثقوب الحصيرة من أسفل إلى أعلى كما يمر تيار من الهواء فوق العصير موازلسير الحصيرة المتحركة. ووجود العصير على شكل غشاء رقيق في الرغوة يسرع من التجفيف لدرجة كبيرة، ولا يحدث تغير واضح في نكهة العصير بهذه العملية.

يستغرق التجفيف بهذه الطريقة ١٠-١٢ دقيقة فقط، وتكون نسبة الرطوبة في المنتج النهائي ١%، وبعد التجفيف يضغط العصير بين أسطوانتين لتحويله إلى رقائق flakes تطحن فتتحول إلى حبيبات خشنة قابلة للذوبان في الماء بسهولة وسرعة، يدعم العصير الناتج بنكهة زيت القشور وكذلك بإسنس (المواد الطيارة) لعصير البرتقال.

مراحل تركيز عصير البرتقال :

يحتوي عصير البرتقال الطبيعي حوالي ١٠,٥% مواد صلبة، فإذا كان يرغب بالحصول على مركز بنسبة ٤:١ فإن ذلك يتطلب رفع تركيز المواد الصلبة أربع مرات بحيث تصبح نسبتها بعد التركيز ٤٢%، ويتم ذلك بتبخير الماء الفائض في درجات حرارة منخفضة وفي جو مفرغ. غير أن عملية تركيز عصير البرتقال تترافق مع فقد لبعض مكونات النكهة، ولذلك فإنه من الإجراءات المألوفة للتعويض عن النكهة المفقودة أن يتم التركيز حتى ٥٥% مواد صلبة، ثم يضاف بعدئذ عصير برتقال طازج لخفض نسبة التركيز حتى ٤٢%، وقد يلجأ أيضاً لإضافة بعض زيت قشر البرتقال بقصد تحقيق الغرض نفسه. وعند المرحلة الأخيرة يصبح مركز عصير البرتقال جاهزاً للحفظ، وغالباً ما يتم ذلك بالتجميد وتجرى عملية التجميد من خلال مرحلتين اثنتين: (١) مرحلة سبق التجميد SLUSH FREEZING ، و(٢) مرحلة التجميد الشديد.

تتم المرحلة الأولى بتمرير مركز عصير البرتقال في مبادل حراري أنبوبي TUBULAR TYPE HEAT EXCHANGER ، والثانية بتمرير المنتوج في مجمد نفقي TUNNEL FREEZER بعد التعبئة في عبوات معدنية صغيرة (١٨٠غ) لغرض الاستهلاك المباشر (بعد تمديد المحتويات بالماء بمقدار ثلاثة أمثال حجمها) أو في عبوات كبيرة (براميل بسعة ٢٠٠ليتراً) تخصص لأغراض إعادة التصنيع فيما بعد بالتحويل إلى أي من منتوجات المركزات كما سبق أن أشير لذلك. وتنقل عبوات المنتوج النهائي - بعد استكمال تجميدها في المجمد النفقي - في سيارات شاحنة مجهزة بوسائل تبريد تمكن من الحفاظ على درجة حرارة منخفضة (-١٥مْ فأقل) حتى وصولها إلى مراكز البيع، مع ضرورة الإبقاء عليها مجمدة حتى تصبح في حوزة المستهلك، أو حتى تصل لمركز إعادة التصنيع هذا وقد يتم حفظ المركزات بفعل الكيمياويات أو بموجب تقانات المعالجة بالحرارة المرتفعة (UHT) وعند تخزين العصير المجمد فإن ذلك يجب أن يتم من خلال ظروف تخزين حرارية لا ترتفع فيها درجة الحرارة عن -١٧,٧مْ (درجة الصفر فهرنهايت) فقد وجد أن التخزين في -١٥ حتى -١٢,٢مْ (٥-١٠فْ) لمدة طويلة أو التخزين في درجات أعلى من ذلك لمدد قصيرة يؤدي لتلف النكهة وفقد للعكر مع احتمال تشكل قوام هلامي.

صناعة عصير الليمون

إن هذا النوع من الفاكهة أيضاً تنتشر زراعته في أكثر بقاع الوطن العربي لملائمة البيئة لنموه وتكاثره ويقدر الإنتاج في الوطن العربي من الليمون لـ ٣٣١ ألف طن (الندوة العربية للمجمعات - الرباط) ويتميز عصير الليمون بنسبة الحموضة العالية وكثرة العصير وخاصة في الأنواع المحلية ولكن حفظ عصير الليمون يعتبر من الأشياء الصعبة وذلك بسبب الأنزيمات المؤكسدة وذلك من خلال العوامل التالية:

١- تأثير الأحياء الدقيقة والهواء والأنزيمات المؤكسدة.

٢- التحلل المائي لليمونين ومادة الـ ISOLIMONIN فبالبسترة أو التعقيم لا يحافظ على الطعم وقد لوحظت فائدة واضحة بعد إضافة ١,٥جم كربونات كالسيوم على كل لتر عصير وذلك لمعادلتها لجزء من حمض الستريك وتصاعد غاز CO_2 الذي يعمل على طرد جزء كبير من الهواء المختلط بالعصير.

٣- تغير لون عصير الليمون عند تعرضه للضوء مدة طويلة ويمكن إيقاف هذا التغير بالتعبئة في زجاجات خضراء اللون كما أن إضافة أحد أملاح الميتابيسلفيت (البوتاسيوم) يبطئ هذا التغير علاوة على تأثيره كعامل حفظ.

خطوات تحضير عصير الليمون :

١- انتخاب الثمار التامة النضج الكبيرة الصفراء (في شهري أيلول وتشرين الأول).

٢- الفرز ثم الغسيل بالماء العادي ثم التقطيع إلى أنصاف عرضية باستعمال سكين صلب غير قابل للصدأ.

٣- عصر الثمار بالقماع المخروطية ويستحسن بشر البشرة الخارجية للتخلص من الخلايا الزيتية.

٤- تصفية العصير الناتج خلال شاش مزدوج.

٥- تجري عملية ترويق في حالة الرغبة في إنتاج عصير رائق خصوصاً في حالة تعبئة العصير في زجاجات حيث يضاف ٥ رطل بكتينول لكل ١٠٠ لتر عصير على ١٠٠ف لمدة ١٠دقائق .

٦- إضافة ٠,١٥% كربونات كالسيوم.

٧- إضافة ٠,٠٥% إلى ١% ميتاسلفيت البوتاسيوم.

٨- خلخلة الهواء.

٩- بسترة العصير بسترة سريعة على ١٩٥ف لمدة دقيقة.

١٠- التعبئة في زجاجات نظيفة جافة ثم القفل والتبريد الفجائي.

وقد يحفظ العصير بالتجميد على صورته العادية أو مبسترا أو مضافاً له ميتابيسلفيت البوتاسيوم أو الصوديوم وقد لوحظ أن أحسن طريقه لحفظ عصر الليمون كانت بحفظه بالتجميد.

الفصل الخامس

مركزات الفاكهة

رحيق (نكتار) الفواكه والعصير المحتوي على اللب

يستعمل في الصناعة اسم رحيق (نكتار) الفواكه FRUIT NECTAR للدلالة على عصير فاكهة لبية PULP FRUIT JUICE مخلوطاً بمحلول سكري وحمض عضوي لتحضير مشروب مقبول جاهز للشرب READY TO DRINK ولا يمكن تسميتها عصير فاكهة بسبب ما أضيف إليها من ماء وسكر وحمض . فبعض أنواع الفواكه يكون عصيرها إما شديد الحموضة ، أو النكهة شديدة بحيث لا يصلح كمشروب مقبول إلا بعد أن يخفف هذا العصير، أو بخلطه بعصير آخر، أو بالتخفيف والخلط بعصر آخر معاً، وغالباً ما تصبح هذه العصائر الحادة الطعم لذيذة بعد التخفيف بشراب به نسبة منخفضة من السكر THIN SYRUP أو بعصير خفيف النكهة ومن أمثلة هذه العصائر عصير المشمش APRICOT ، عصير الجوافة GUAVA وعصير البرقوق (الدراق أو البخارى).

والرحيق الناتج يختلف من سائل رائق تقريباً إلى سائل به مواد صلبة معلقة بنسبة كبيرة، ويوجد منها في الأسواق رحيق المشمش، رحيق الخوخ ورحيق المانجو ورحيق الجوافة، وبنسبة أقل رحيق كل من الكمثرى والبرقوق والموز والباباظ.

كثير من هذه المنتجات تحتوي على الأقل على ٥٠ % من العصير النقي ، وقد يضاف لها المواد المتطايرة ESSENCES وبكتين وسكر وحمض وفيتامينات ، وقد يكون العصير المستعمل في صناعة هذه المنتجات طازجاً غير مركز SINGLE FRESH STRENGTH أو مركزاً أو مجمداً، أو معلباً، أو على شكل عجينة فاكهة PUREE وتسمح القوانين بأن يضاف له مواد صناعية مكسبة للنكهة ARTIFICIAL FLAVOR وألوان صناعية من المسموح بها قانوناً، ومواد إضافية أخرى ، ومواد التحلية SWEETENERS قد تكون سكروز، أو شراب سكر محلول INVERT SUGAR SYRUP ، أو شراب جلوكوز الذرة المجفف DRIED CORN SYRUP اما الاحماض فقد تكون عصير الليمون او حمض السيتريك او حمض الماليك أو حمض الفيوماريك FUMARIC ACID، كما قد يضاف حمض الأسكوربيك كمضاد للأكسدة. يعامل هذا المنتج - حسب التشريعات الغذائية - بالحرارة لمنع فساده والفواكه الطازجة أو المجمدة أفضل من الفواكه المعلبة في إنتاج نكتار ذي نكهة ولون أحسن.

مركزات الفاكهة:

تنتج مركزات ثمار الفاكهة بصورة رئيسة في المناطق من العالم التي تجود فيها زراعة أشجار الفاكهة وذلك قصد خفض الحجم وإنقاص الوزن قبل نقل المنتوج الوسيط إلى مواقع إعادة التصنيع والتحويل إلى أي من منتوجات عصير الفاكهة أنفة الذكر. وتنتج المركزات من دون أي إضافة، وقد تحضر بعد إضافة السكر والمنكهات والألوان والمستحلبات...الخ...ويأتي في مقدمة نكهات مركزات الفاكهة المرغوبة في الوطن العربي نكهتا البرتقال والأناناس، ويليهما الغريفون (غريب فروت) والتفاح.

العصير المركز CONCENTRATED JUICE

يقصد بالعصير المركز العصير المنزوع منه جزء كبير من مائه وبالتالي زيادة نسبة المواد الصلبة الموجودة به ويستخدم العصير المركز في مصانع المياه الغازية أو صناعة الجيلي ومنتجات المخابز أو قد يخفف إلى حالته الأولية ويستعمل كعصير طازج ومن فوائد تركيز العصير ما يلي :

١- توفير تكاليف التخزين والنقل حيث يقل حجم العصير ويسهل تخزين ونقل ١/٤-١/٧ حجم العصير الأصلي عن تخزين ونقل العصير الكلي.
٢- تساعد عملية التركيز على حفظ العصير لمدد طويلة وذلك لارتفاع تركيز المواد الصلبة الذائبة.

وأهم طرق تركيز العصير ما يلي :

١ـ التركيز باستخدام الحرارة تحت الضغط الجوي العادي:

وهي أبسط طرق التركيز حيث يتم تسخين العصير بواسطة لهب مباشر أو أواني مزدوجة الجدار DOUBLE LAYER CJATET في أواني مفتوحة حيث يتم تبخير جزء من الماء وتركيز العصير إلى الدرجة المطلوبة وتستعمل هذه الطريقة في صناعة العسل الأسود وذلك بتركيز عصير القصب حيث يكتسب لون داكن مطبوخ ومن عيوب هذه الطريقة هو تلف جزء كبير من الفيتامينات الموجودة بالعصير وتغير صفات العصير المركز.

(مثال ذلك عصير التفاح الذي يركز في أواني مفتوحة) وبهذه الطريقة يمكن الوصول إلى أكثر من ٦٠% مواد صلبة ذائبة ويلاحظ أن العصير المركز بهذه الطريقة لا يصلح إلا للصناعات التي لا يلزم لها توفر طعم ورائحة ونكهة العصير الطازج ـ كما لا تتأثر باللون المعروف للعصير.

٢ـ التركيز تحت تفريغ CONCENTRATION IN VACUUM

وتتميز هذه الطريقة بالمحافظة على خواص (صفات العصير الطازج) حث يعمل التفريغ على خفض درجة الغليان وبالتالي عدم حدوث كرملة للسكريات الموجودة وكذلك فقد في القيمة الغذائية واللون والطعم ويرجع ذلك إلى انخفاض الحرارة المستخدمة كما أن التفريغ يساعد على طرد الأوكسجين الموجود بالتالي وقف عمليات الأكسدة. ويستخدم تفريغ قدره ٢٥ـ٢٨ أنش حتى يمكن تركيز العصير على درجة حرارة منخفضة لا تؤثر على صفاته أو خواصه حيث تحت هذه الظروف يغلي الماء على درجة ١٣٥ـ١٤٠ف إذا كان التفريغ ٢٤ـ٢٦ أنش وعلى تفريغ قدره ٢٩ أنش يغلي الماء على درجة حرارة أقل من ٨٠ف عن درجة حرارة غليان الماء المذكورة سابقاً وعلى نفس درجات التفريغ وذلك لوجود مواد صلبة ذائبة بالعصير تعمل على رفع درجة حرارة غليانه وتستخدم لذلك أنواع كثيرة من الأجهزة في الصناعة (قدور تحت تفريغ).

ومن عيوب هذه الطريقة فقد جزء كبير من مكونات الطعم في العصير الطازج، وحديثاً يفضل إجراء التركيز تحت تفريغ حتى تصل المواد الصلبة إلى أكثر من ٥٨% ثم يضاف عصير طبيعي طازج للعصير المركز حيث تصل نسبة المواد الصلبة الذائبة في المخلوط إلى ٤٢% وهذه العملية تساعد على تعويض أي فقد يكون قد حدث في مكونات النكهة.

٣ـ التركيز بالتجميد CONCENTRATION BY FREEZING

وذلك بإزالة الماء على شكل بلورات ثلجية عن طريق تجميد العصير، ثم فصل هذه البلورات عن طريق تعريض العصير إلى الطرد المركزي الشديد.

وبهذه الطريقة يمكن إنتاج عصير يمتاز باحتفاظه بصفات العصير الطازج من طعم ورائحة عن الطرق الأخرى التي تسمح بتبخير مكونات الطعم والنكهة وذلك بسبب عدم تعرضها للحرارة وكذلك لإيقاف فعل الإنزيمات وبطء التغيرات الكيماوية للعصير باستعمال درجات حرارة منخفضة، غير أن من عيوب هذه الطريقة ارتفاع تكاليف الإنتاج عنه في حالة التركيز بالطرق الأخرى، كذلك صعوبة التركيز بهذه الطريقة إلى أكثر من ٥٠% مواد صلبة، حيث يؤدي التركيز بالتجميد أكثر من ذلك إلى انفصال نسبة من المواد الصلبة الذائبة (سكريات) مع البلورات الثلجية، كذلك نظراً لزيادة اللزوجة وصعوبة الاستمرار في عملية التركيز، كما أن من عيوب هذه الطريقة تركيز أنواع العصير المحتوي على نسبة عالية من المواد الغروية العالقة واللب حيث تنفصل أجزاء كبيرة من هذه المواد في البلورات الثلجية أثناء عملية التجميد وبالتالي يفقد العصير جزء من مكوناته ويصبح متغيراً في رائحته وطعمه. وبشكل عام يتم تركيز العصير بالتجميد على مراحل وذلك بسبب ارتفاع نسبة المواد الصلبة الذائبة بعد كل عملية طرد مركزي حيث تتم المرحلة الأولى بتجميد العصير على ١٠ـ٢٠ ف ثم يفصل المحلول المركز عن البلورات الثلجية بالطرد المركزي يفصل العصير المركز عن البلورات الثلجية وفي المرحلة الثالثة يجمد العصير على درجة ٥ف وتجري عملية الطرد المركزي فنحصل على عصير تركيزه ٥٠%.

وعامة، يفضل بعد تركيز العصير إضافة مادة حافظة مناسبة حيث أن نسبة المواد الصلبة الذائبة وهي ٥٠% على الأكثر غير كافية كعامل حفظ وذلك في حالة عدم حفظ العصير المركز بالتجميد، يجمد على ٤٠ف ويخزن على ١٠ف أو بتعليبه ومعاملته بالحرارة لحفظه، ويخزن على ١٠ف أو بتعليبه ومعاملته بالحرارة لحفظه، وتضاف المواد الحافظة، بنزوات الصوديوم بتركيز ١% أو أحد أملاح الكبريتوز بحث يصل تركيزه إلى ٧٥٠ـ١٥٠٠.

إنتاج عصير الفاكهة بدءاً من المركزات

شهدت السنوات الأخيرة حجم مبيعات متزايد من أنواع عصير الفاكهة المحضرة من المركزات، وتشتمل المواد الأولية أيضاً على الماء والسكر والمنكهات، ونوعية الماء المستعمل في تحضير منتوجات عصير الفاكهة أهمية خاصة يجب مراعاتها بكل عناية إذ يجب أن يكون الماء مستوفياً للمواصفات والمقاييس المحددة لاستعمالاته في الصناعة وإلا وجبت معالجته للتخلص من الملوثات الميكروبية والروائح والنكهات غير المرغوب فيها، وكذلك خفض مقدار التلوث بالمعادن والأملاح حتى الحدود المسموح بها.ويستعمل سكر القصب أو الشمندر (البنجر) لضبط درجة الحلاوة. ويجب أن يكون السكر المستعمل نقياً وذا لون أبيض ناصع.

يمكن لعمليات التصنيع أن تتم إما من خلال نظام الدفعة تلو الأخرى، وإما من خلال النظام المستمر، وتشتمل عمليات التصنيع في كلتا الحالتين على ثلاث مراحل رئيسة هي :

- إعادة التكوين RECONSTITUTION
- الحفظ PRESERVATION
- التعبئة PACKING

إعادة التكوين:

يتألف خط إنتاج العصير - بدءاً من المركز - من أربع محطات عمل رئيسة هي :

إذابة السكر وتفريغ مركز العصير والمزج ثم البسترة، ويلحق بمراكز خط الإنتاج العصير الرئيسة المذكورة محطة للتنظيف في المكان CLEANING -IN- PLACE (CIP) ومراكز للخدمات .

- تتم إذابة السكر في صهريج خاص يحتوي كمية ذات حجم معروف من الماء المعالج. وتضاف كميات معروفة من السكر ويحرك المزيج حتى تمام الإذابة، ويضخ المحلول الناتج عبر مصفاة اسطوانية للتخلص من المواد العالقة، ثم إلى أحد صهريجي تخزين (يخصص أحدهما لاستقبال مكونات العصير بقصد مزجها والآخر لتغذية آلات التعبئة)، بما يمكن من استمرار عملية الإنتاج.

- أما محطة تفريغ مركزات العصير فهي في العادة قياسية وتصمم لاستقبال مركزات العصير التي يتم توريدها في علب معدنية ويفتح عدد معين من هذه العلب أو البراميل وتفرغ محتوياتها في قمع خاص، ومنه تضخ إلى أحد صهريجي تخزين العصير الذي يخصص لاستقبال المكونات ومزجها.

- تضاف كمية محددة من الماء المعالج إلى صهريج تخزين العصير الذي سبق أن ضخت إليه كميات محددة من كل من محلول السكر ومركزات العصير، ثم تمزج المكونات الثلاثة آنفة الذكر حتى تمام التجانس، ويختبر تركيز المحلول الناتج للتأكد من كمية ما يحتويه من سكر (مقياس بركس)، وقد تجرى التعديلات اللازمة للوصول إلى التركيز المطلوب.

- يعالج الناتج بعد التعبئة بقصد الحفظ ، ويتم ذلك بالتسخين (بسترة) في مبادل حراري ذي صفائح PLATE HEAT EXCHANGER (PHE) في درجة ٩٠-٩٥مْ (١٩٤-٢٠٣فْ) لمدة ٥-٢٠ ثانية.

أسلوب الدفعة الواحدة:

يتضمن أسلوب الدفعة الواحدة اعتماد صهريجين اثنين يتم استخدامهما بالتناوب، إذ أن ذلك يضمن استمرار انسياب العصير إلى المرحلة التالية من العملية التصنيعية (مرحلة الحفظ)، ويثبت في كل من هذين الصهريجين مقلب ذو كفاءة تقليب أو تحريك عالية.الماء هو أو ما يوضع في الصهريج وذلك لتجنب التصاق المركز بالجدران ويضخ المركز من البراميل التي تحتويه إلى الصهريج باستخدام مضخة إزاحة إيجابية POSITIVE DISPLACEMENT PUMP ويمزج العصير بتقليبه جيداً، ويختبر للتأكد من محتوى المواد الصلبة الذوابة لتكون في المنتوج (عصير البرتقال) عند حد أدنى لا يقل عن ١١,٨°برکس.

ويشار هنا إلى أن كلفة تجهيزات أسلوب الدفعة منخفضة نسبياً إذا ما قورنت بالأسلوب المستمر، إلا أنها تحتاج تنفيذ عمليات يدوية، هذا إضافة لمشكلة احتجاز كمية من الهواء في العصير نتيجة لعملية التقليب أو التحريك، وما ينطوي عليه ذلك من أكسدة لفيتامين C وتدهور جودة المنتوج النهائي.

الأسلوب المستمر:

نظام مغلق يصمم لأداء العملية الإنتاجية باستمرار من دون انقطاع تدفق العصير مع ضمان للجودة المثلى ويتضمن هذا الأسلوب استخدام مضخات معيارية تضخ حجوماً محددة من كل من الماء والمركز. وينقل المركز من البراميل التي تحتويه إلى صهريج توازن BALANCE TANK ويتم ذلك بوساطة مضخة إزاحة إيجابية وتضخ من صهريج التوازن المذكور كميات محددة من المركز، كما تضخ في الحين ذاته كميات مكافئة من الماء بما يتحقق معه النسبة المحددة مسبقاً من المواد الصلبة الذوابة. يجتمع السائلان (الماء والمركز) في خلاط يقوم بمزجها بكفاءة لتحضير العصير.

وحيث أن دخول الهواء (الأوكسجين) إلى خلطة العصير تؤدي لأكسدة فيتامين C وتدهور الجودة فإن وضع جهاز لنزع الهواء DEAERATOR من الخلطة يفيد في تحسين خصائص الجودة، إذ أنه مهما اتبعت وسائل حذر وحيطة لمنع دخول الهواء إلى الخلطة فإن هناك مجال للخطأ ويضخ العصير إلى جهاز انتزاع الهواء حيث يرش داخل غرفة مفرغة تم توصيلها بمضخة تفريغ VACUUM PUMP ويسحب الهواء المنزوع من الغرفة المفرغة بطريق مضخة التفريغ، أما العصير، المنزوع منه الهواء، فيضخ من قعر الغرفة ليغذى به جهاز البسترة PASTEURIZER.

طرق حفظ العصير

دراسة حفظ العصير تعتبر تطبيقاً شاملاً بالتقريب لطرق حفظ الأغذية فالعصير يمكن حفظه بشتى الطرق المعروفة وهي الحرارة المرتفعة (بسترة أو تعقيم تجاري)، بالحرارة المنخفضة (تبريد وتجميد)، بالتجفيف إلى مسحوق أو لفائف (مثل لفائف قمر الدين)، بالمواد الحافظة الكيماوية، (مثل ثاني أكسيد الكبريت وحمض البنزويك وأملاحه)، وبالتجفيد.

وعصير الفواكه والخضر بيئة صالحة لنمو وتكاثر كثير من الأحياء الدقيقة المسببة للفساد بسبب ارتفاع نسبة الرطوبة الحرة، ووجود كثير من المواد التي تحتاجها هذه الأحياء الدقيقة وكذلك بفعل الإنزيمات، لذلك فهو عرضة للفساد السريع مما يؤثر على صفاته الحسية ORGANOLEPTIC PROPERTIES وقيمته الغذائية والطرق المتبعة في حفظ العصير والتي ذكرناها إجمالاً نفصلها فيما يلي:

١- الحفظ بالحرارة المرتفعة:

أ- البسترة PASTEURIZATION :

يتعرض العصير للبسترة على درجة حرارة أقل من درجة غليان الماء بإحدى طريقتين:

* *بسترة بطيئة* على 160° ف لمدة ١/٢ ساعة وهذه أصبحت غير شائعة.
* *بسترة سريعة* على 190° ف ولمدة ثوان قليلة وتسمى FLASH PASTEURIZATION ويتبعها تبريد مفاجئ سريع وتسمى أيضاً HTST أي البسترة على درجة حرارة عالية لمدة قليلة HIGH TEMPERATURE SHORT TIME.
* *بسترة خاطفة* : حيث يتم فيها بسترة العصير إلى درجة (١٩٠-٢١٠°ف) لمدة ثواني.

وقد تحدث البسترة قبل التعبئة ثم تعبأ العبوات بالعصير وتقفل وتؤدي حرارة العصير إلى تعقيم الأوعية، وفي هذه الحالة تقلب الأوعية على أغطيتها قبل التبريد لتعقيم الأغطية.

وقد تعبأ الأوعية ثم تعامل المعاملة الحرارية المطلوبة والعبوات قد تكون علب صفيح CANS أو زجاجات BOTTLES أو عبوات ورقية مبطنة من الداخل بغشاء من البولي إيثيلين POLYETHYLENE أو غيره من المواد التي استحدثت في السنوات الأخيرة، وقد يكون التبطين بورق قصدير أو لفائف الألمنيوم ALUMINUM FOIL أو سبائك مشابهة في الخواص.

هذا وتتوقف عملية البسترة على عدة عوامل منها:

١- حموضة العصير.
٢- درجة التلوث.
٣- نوع الأحياء الملونة.
٤- لزوجة العصير.

بـ التعقيم التجاري :

إذا رغب في حفظ العصير لمدد طويلة أطول من مدة حفظه بالبسترة فإنه يلجأ إلى التعقيم التجاري أي على 212˚ف لمدة تختلف باختلاف حجم العبوات والعوامل الأخرى التي تؤثر في اختيار درجة الحرارة مثل رقم الحموضة (رقم PH) ولزوجة العصير ودرجة التلوث الابتدائي...الخ. وارتفاع درجة الحرارة في هذه الطريقة وطول مدة المعاملة الحرارية يؤثر على نكهة العصير وربما على لونه وقيمته الغذائية مثل فقد فيتامين C أكثر مما تؤثر البسترة إلا أنها تقتل عدداً من الأحياء الدقيقة أكبر مما تقتله البسترة، وعملياً يعتبر العصير شبه معقم لأن الأحياء الدقيقة الباقية به عددها قليل جداً وغير قادرة في ظروف التخزين العادية على النشاط وإحداث فساد في العصير ودرجة الحرارة اللازمة لتعقيم العصير الحمضي مثل عصير الفاكهة هي 212˚ف أما العصير غير الحمضي مثل عصير السبانخ وكذلك عصير أي خضر ما عدا الطماطم فإنها تعقم على 240˚ف.

٢ـ الحفظ بالحرارة المنخفضة :

أ- الحرارة المنخفضة إما أن تكون تبريداً REFRIGERATION OR CHILLING أي على درجة حرارة منخفضة لا تصل إلى درجة تجمد العصير، وهي قد تحفظ العصير لمدة قصيرة قد تكون عدة أيام، وقد تكون مصحوبة بطريقة حفظ أخرى مثل البسترة، ثم الحفظ بالتبريد، وهذه الطريقة تصلح للحفظ لمدة قصيرة يستهلك بعدها العصير، ومدة الحفظ تتوقف على التلوث الابتدائي ودرجة الحرارة في ثلاجة التبريد، وما إذا كان العصير قد حدثت له بسترة سابقة.

ب- وقد يكون الحفظ بدرجة حرارة منخفضة تصل إلى درجة تجمد العصير أو أقل FREEZING PRESERVATION والتجمد لا يتلف الإنزيمات ولا يقتل كل الأحياء الدقيقة الملوثة للعصير لذلك فلا يعتبر العصير المجمد معقماً ويحسن إجراء بسترة للعصير المراد تجميده، ثم يبرد ويعبأ في الأوعية المناسبة كالصفيح أو الكرتون المشمع ويجب أن نضع في اعتبارنا أن المادة عندما تتجمد يزيد حجمها لذلك فلا تملأ الأوعية إلى أخرها وألا انفجرت عندما تتجمد.

والحفظ بالتجميد يحصل على خطوتين :

أ- تجميد على درجة -40˚ف.

ب- تخزين العصير المجمد على صفر ˚ف.

ودرجة صفر ˚ف لا تناسب نشاط الإنزيمات، أما إذا حفظ العصير المجمد على درجة أعلى منها فإن بعض الإنزيمات ينشط ويسبب حدوث تغيرات إلا إذا كان العصير قد حدثت له بسترة قبل التجميد.

والعصير المجمد يستلزم ثلاجات حفظ بالتجميد لحفظه أثناء تخزينه ويستلزم سيارات شحن بها ثلاجات تجميد على صفر˚ ف، كما أن محلات البيع بالقطاعي يجب أن يكون بها ثلاجات على نفس الدرجة، وعلى المستهلك أن ينقلها بسرعة إلى منزله بعد الشراء، وإما أن يستهلكها بعد ذلك مباشرة أو يخزنها في ثلاجات على صفر ˚ف. لذلك لا تصلح إلا للبلاد التي بها استعدادات تخزين مناسبة في المصانع والمخازن ومحلات العرض والمنازل أي البلاد ذات المستوى المرتفع من المعيشة.وطريقة الحفظ بالتجميد طريقة مستديمة أي تحفظ العصير لمدة طويلة ربما لعدة شهور وهي أحسن الطرق من حيث المحافظة على الصفات الحسية من طعم ورائحة ونكهة ولون وقيمة غذائية إذا قورنت بأية طريقة أخرى، وقد يقف معها على نفس المستوى من الجودة من طرق الحفظ التجفيد.

٣ـ الحفظ بالمواد الحافظة الكيماوية PRESERVATION BY CHEMICAL PRESERVATIVES

تستعمل بعض المواد الحافظة الكيماوية لحفظ العصير ويشترط في المواد التي تستعمل ألا تؤثر في الطعم أو الرائحة، أو النكهة، أو اللون، وأن تكون نسبة إضافتها حسب النسب المحددة وبعض البلاد تحرم استعمال هذه المواد، وبعضها يبيحها بشرط الإعلان عنها على بطاقة المادة الغذائية وليس من اليسير وجود مادة تجتمع فيها كل الشروط المطلوبة كما يتضح ذلك مما يأتي:

أ ـ حمض الكبريتوز وأملاحه:

يضاف هذا الحمض إما بإمرار غاز ثاني أكسيد الكبريت الذي يتفاعل مع الماء بالعصير ويكون الحمض، أو تضاف أملاحه مثل سلفيت أو ميتابيسلفيت الصوديوم أو البوتاسيوم.هذا الحمض أو أملاحه يحفظ اللون من الأكسدة لأنه مثبط للإنزيمات المؤكسدة لذلك فإن العصائر المحفوظة به تكون أحسن لوناً بدرجة ملحوظة، كما أنه يعمل كمادة مضادة لأكسدة حمض الأسكوربيك لأن له فعلاً مضاداً لإنزيم أسكوربيز المؤكسد.

ومن عيوب هذا الحمض وأملاحه أن لها طعماً ورائحة كبريتية واضحة، كما أنه يتطاير بطول مدة التخزين لذلك فالعصير المحفوظ به يتغير لونه بعد مدة.

وإذا استعمل الغاز سميت العملية كبرتة SULFURING وإذا استعملت الأملاح سميت العملية SULFATING (باللغة العربية تسمى أيضاً كبرتة).ومن حيث تأثير هذا الغاز على الأحياء الدقيقة وجد أن تأثيره على الفطر أكثر من تأثيره على الخميرة.وفعالية الحمض وأملاحه تتحقق إذا كان تركيزه لا يقل عن ٠,٠٣% على أن يكون رقم pH هو ٢,٤ فإذا ارتفع رقم الحموضة استلزم العصير تركيز أعلى من ثاني أكسيد الكبريت.وتتراوح الكمية الباقية من ثاني أكسيد الكبريت في العصير بعد المعاملة بين ٣٠٠-٦٠٠ جزء في المليون، وإذا تعرض العصير لحرارة عالية فإنه يفقد جزءاً كبيراً منه.

ب ـ حمض البنزويك وأملاحه:

تستعمل البنزوات غالباً، وهي فعالة فقط في الوسط الحمضي، لذلك فهي تصلح لعصير الفواكه. والمستعمل هو بنزوات الصوديوم وأحياناً بنزوات الأمونيوم ويمكن استعمال الحمض نفسه، وتزداد فعالية البنزوات كلما انخفض رقم pH للعصير.والنسبة الفعالة هي ٠,١% وهذه النسبة لا تؤدي إلى تغير في الصفات الحسية للعصير، إلا أن بعض الأشخاص عندهم حساسية خاصة ضد حمض البنزويك وأملاحه.

وأحياناً تستعمل البنزوات مع ميتابيسلفيت الصوديوم وذلك بهدف أن تقوم البنزوات بفعلها المضاد للفساد الميكرو بيولوجي بينما الميتابيسلفيت تقوم بمنع تفاعلات الأكسدة.

٤- الحفظ بالغازات الخاملة PRESERVATION BY INERT GASES

الغاز الخامل المستعمل غالباً هو ثاني أكسيد الكربون، ويستعمل تحت ضغط مرتفع وخطوات الحفظ بغاز ثاني أكسيد الكربون كما يلي:

أ- ملء الأحواض بالماء حيث يطرد الهواء.

ب- يمرر الغاز في الحوض حتى يطرد الهواء.

جـ- يصب العصير في الأحواض.

د- يبرد العصير إلى ١٠-12°م.

أي أن هذه الطريقة تجمع بين الحفظ بالغاز والحفظ بالتبريد. وقد يستعمل غاز النيتروجين لهذا الغرض.

وغالباً تستعمل هذه الطريقة عندما يكون هناك فائض من العصير عن سعة المصنع الإنتاجية فتتبع هذه الطريقة حتى تتاح الفرصة لسحب العصير للخطوات التالية أي أنها لا تصلح للتوزيع على المستهلك.

٥- الحفظ بالتجفيف PRESERVATION BY DEHYDRATION

أحسن مثال لذلك هو تجفيف عصير المشمش إلى لفائف SHEETS تسمى قمر الدين وهو إنتاج شائع في البلاد العربية وغير معروف في العالم الغربي، كما نجحت الطريقة نفسها في إنتاج لفائف من عصير المانجو.وتتلخص الطريقة في وضع العصير على صوان خشبية في طبقات بسمك معين وتجفيفها في أفران حتى يصبح قوامها لدنا، أو حتى تصل نسبة الرطوبة إلى حد معين. ولمنع التصاق اللفائف بالصواني تدهن بزيت برافين خال من الرائحة والطعم ولما كان العصير يتغير لونه فإنه يكبرت قبل التجفيف ليصبح لونه ذهبياً. بعد التجفيف يغلف بأغلفة من السلوفان أو البولي إيثيلين وتعبأ في صناديق خشب أو كرتون. واللفائف الناتجة تحتاج عند استعمالها لاستعادتها على شكل عصير بالنقع في الماء RECONSTITUTION.

يترتب على التجفيف في الهواء الجوي - وتحت الضغط العادي - فقد كثير من مكونات الطعم والرائحة المتطايرة، كما أنه بطول مدة التخزين يتغير لون قمر الدين إلى اللون البني عندما يتطاير غاز ثاني أكسيد الكبريت، وإذا خزن هذا المنتج في جو رطب فإنه يمتص رطوبة ويتلف، وهو عرضة كذلك لفعل الحشرات إذا لم يعبأ في عبوات محكمة. وهناك تجفيف إلى مسحوق أو مسحوق حبيبي كما في عصير البرتقال تجده بالتفصيل في موضوع عصير البرتقال .

٦- الحفظ بالتجفيد:

تعتبر هذه الطريقة من أحسن الطرق لحفظ العصير من حيث احتفاظه بخواصه الحسية وقيمته الغذائية، وإذا قورن بالتجفيف العادي فإنه يفوقه من حيث سهولة استرجاعه بالماء وجهاز التجفيد يسمى FREEZE DRYER وفيه يجفد العصير على خطوات كالآتي:

تجميد على -40°ف ← تفريغ الحيز الذي به العصير المجمد من الهواء حتى يصل الضغط ٠,١ ملليمتر زئبق ← استخدام حرارة للتخلص من الرطوبة والحرارة هنا غير شديدة الارتفاع نظراً لأن التفريغ الشديد يساعد على تسامي الماء بسرعة دون ارتفاع الحرارة إلى حد كبير والمادة المجمدة يخرج الماء منها في حالة التفريغ على شكل بخار مباشرة أي يتسامى الماء وتنخفض نسبة الرطوبة إلى ٢- ٣ % فقط.يعبأ العصير في عبوات مفرغة من الهواء ويحكم قفلها، وأحياناً تعبأ تحت ضغط غاز النتروجين.

التعبئة

عند الرغبة في تسويق العصير مبرداً فإنه يوضع عادة في عبوات كرتون يكون الجزء العلوي فيها على شكل جمالون (مثلاً بيورباك PURE PAK أو تتراركس TETRA REX، ويحتفظ بالعصير المنتج مبرداً، وتدعى الطريقة بالتعبئة الباردة غير المانعة للتلوث COLD - FILL NON - ASEPTIC وتستمر صلاحية المنتوج المعبأ بهذه الطريقة مدة ثلاثة حتى أربعة أسابيع إذا وضع في حرارة لا تزيد على ٤ حتى ٥مْ.

وعند الرغبة في إطالة مدة صلاحية المنتوج حتى أربعة أشهر أو أكثر فيمكن عندئذ ابتاع إحدى الطريقتين التاليتين :

ـ طريقة التعبئة الباردة المانعة للتلوث COLD - FILL ASEPTIC :

وتتضمن التسخين الأولي ثم البسترة (٨٠-98ْم) ثم التبريد فالتعبئة في عبوات كرتون (مثل TETRA ASEPTIC) وتكون درجة حرارة المنتوج عند التعبئة ٢٠-25ْم.

ـ طريقة التعبئة الساخنة :

وتنطوي على تعبئة المنتوج ساخناً (٨٥مْ) في قوارير زجاجية ترش بعد إغلاقها بماء حتى تنخفض حرارتها إلى 35ْم.ولا بد هنا من تأكيد أن درجة حرارة المعالجة ومدتها الزمنية تتوقفان على نوعية المنتوج من حيث الحموضة ودرجة التلوث بالأحياء الدقيقة، وأن استعمال المبادل الحراري يمكن من أداء البسترة باعتدال مع استرداد الجزء الأكبر من الحرارة المنبعثة (حوالي ٨٠-٩٠%) مما يقلل كثيراً من استهلاك الطاقة المستخدمة في توليد البخار (أو تسخين الماء) المستعمل وسطاً للتسخين، وكذلك الوفر في كميات الماء البارد التي تستعمل وسطاً للتبريد.

ويتم الإشراف على عملية البسترة والتحكم بها من خلال لوحة التحكم CONTROL PANEL والتي تمكن من أن تجري العملية في حرارة ثابتة وفي حالة حدوث خطأ ما فإن لوحة التحكم تحول دون دخول المنتوج (آلياً) إلى آلات التعبئة وتعيده ثانية ليعرض للبسترة الصحيحة.

نكتار الفاكهة وعصير الفاكهة اللبي وأمشاج العصير

إن لإنتاج نكتار الفاكهة وعصير الفاكهة اللبي أهمية اقتصادية كبرى، فهناك أنواع من عصير الفاكهة إما أن تكون شديدة الحموضة وإما أن تكون قوية النكهة بما لا يمكن معه تقبلها من دون تمديد أو مزج أو من دون الإجراءين الاثنين في آن واحد، وغالباً ما تصبح أنواع العصير شديدة الحموضة لذيذة الطعم بعد تمديدها بمحلول سكر خفيف التركيز أو بعصير فاكهة معتدل الطعم كعصير المشمش وعصير الخوخ (البرقوق) ومن جانب آخر فهناك أنواع عصير لا تحتوي على نكهة كافية وتصبح نكهتها محسنة فيما لو حولت الثمار بكاملها (باستثناء القشور والبذور) إلى مشروب لبي ناعم.

يدل تعبير نكتار الفاكهة في الصناعة على أنواع عصير الفاكهة اللبية الممزوجة مع محلول سكر وحمض الليمون لإنتاج مشروب جاهز للتناول على الرغم من أنها تشابه في نكهتها عصير الفاكهة بسبب إضافة الماء والسكر والحمض، وتتفاوت هذه المشروبات في مظهرها بدءاً من سوائل تكاد تكون رائقة حتى تلك المثقلة بما تحتويه من مواد صلبة معلقة. وتشمل عبوات النكتار التي تعبأ لأغراض تجارية نكتار المشمش والدراق (الخوخ) بصورة رئيسة، كما تشمل كميات قليلة من نكتار الإجاص والخوخ (البرقوق).

يحتوي عدد من نكتار الفاكهة العصير النقي بما لا يقل عن ٥٠% سواء أكان العصير المستخدم عصير فاكهة صرف أم عصير فاكهة مركز، مع إمكان إضافة المنكهات الصناعية والفيتامينات والبكتين والسكر والحمض. أما أشربة عصير الفاكهة فتحتوي عادة العصير الصرف أو العصير المركز (سواء أكان مجمداً أم معلباً) بما لا يقل عن ٢٠% من تركيبها النهائي، ويمكن أيضاً إضافة النكهات الصناعية واللون والحمض والبكتين ومواد الإضافة الأخرى المسموح بها، وعلى المصنع أن يلتزم بالتشريعات المحلية الناظمة للاتجار بالأغذية، كما عليه أيضاً عند التصدير أن يتأكد من وضع اسم المنتوج على العبوة، وكذلك اسم الموزع والحجم الصافي للسائل، ذلك إضافة إلى وجوب تعداد كل من المحتويات (بما في ذلك الماء) وأن يرد ذكرها بالتسلسل تبعاً لنسب التركيب المئوية.

ويفضل في إنتاج النكتار استخدام الثمار الطازجة أو المجمدة، ويمكن أيضاً استخدام الثمار المعلبة إلا أن جودة المنتوج في هذه الحالة لا ترقى إلى تلك المستمدة من الثمار الطازجة أو المجمدة، ويعتبر إنتاج النكتار مخرجاً لاستخدام الثمار متقدمة النضج التي لا تحتمل التعليب بصورة مرضية. وعند الاعتماد على الثمار الطازجة في إنتاج معظم أنواع النكتار فإنه يفضل استخدام تلك التي تنضج طبيعياً على الشجرة. ويمكن الإفادة من عصير الفاكهة الناجم عن عمليتي نزع النوى والتقطيع إلى شرائح بتحويله إلى خط صنع النكتار، ويمكن في بعض الأحيان اللجوء إلى بوريه الفاكهة المحفوظة في علب بسعة ١٩ ليتراً أو علب الصفيح نمرة ١٠ لإنتاج النكتار في غير مواسم إنتاجه.

خط إنتاج نكتار الفاكهة

يتكون الخط من محطات العمل التالية :

استقبال الثمار:

تستقبل الثمار في حوض ماء كبير مزود بآلية خاصة تمكن من تقليب الثمار فيه قبل نقلها على سير مائل وتعريضها لرشاش مائي ملون علوي وفي نهاية السير تنتقل الثمار آلياً إلى سير آخر أفقي كجزء من منضدة الفحص وتقلب الثمار آلياً فوق منذدة الفحص لتتعرض جميع أجزائها لمشاهدة الفاحصين.

معالجة الثمار:

وفيها تزال نوى الثمار ثم تهرس فتطهى وتتم عملية الطبخ باستمرار، أي أنها لا تنفذ نظام الدفعات. ويوجه الهريس المطبوخ بعدئذ لجهاز استخلاص العصير.

خط محلول السكر:

ويتكون من خزان المزج ومصفاة صفيحية PLATE FILTER ثم خزان آخر ومضخة، وقد يزود الخط بمعدات للسيطرة الآلية على تركيز المحلول (تقريباً حوالي ٦٣%).

محطة خزانات المزج وضبط التركيز:

وفيها يمزج العصير الناتج من جهاز استخلاص العصير، مع محلول السكر، ثم يخضع المزيج الناتج لأية تصحيحات ضرورية تجري لضبط التركيز.

التسخين الأولي:

يسخن المزيج حتى ˚50م (˚22ف) في مبادل حراري ذي صفائح.

يتم التخلص من الهواء DEAERATION في وعاء مفرغ يزود عادة بمكثف علوي لاسترجاع المواد الطيارة، ثم تجري عملية التجنيس HOMOGENIZATION.

البسترة:

وتجري في مبادل حراري في ٨٥-˚105م (١٨٥-˚220ف) مع إمساك لمدة ٣٠ثانية حتى ٣ دقائق ويبرد النكتار بعدئذ حتى ˚85م (˚185ف) قبل أن يصبح جاهزاً للتعليب أو تتابع عملية التبريد حتى ˚2م (˚36ف) ثم التعبئة.

وتشمل المعدات الرئيسة الموجودة في خط إنتاج النكتار ما يلي:

وحدة غسيل، وحدة فحص وتفتيش، وحدة نزع النوى، وحدة تجزئة وهرس، وحدة استخلاص آخر الأجزاء الثمرية من النوى، مبادل حراري كاشط للسطوح SCRAPED SURFACE جهاز استخلاص العصير، صهاريج إذابة السكر مصافي لتصفية محلول السكر، صهاريج، مضخات، جهاز لانتزاع الهواء DEAERATOR، مجنس، مبادل حرارة ذو صفائح.

أمشاج عصير الفاكهة:

هناك العديد من أنواع عصير الفاكهة قوية النكهة لدرجة أن ذلك يجعلها مستحبة من دون تمديد أو مزج مع أنواع أخرى أقل حموضة وأكثر اعتدالاً من حيث النكهة، ومن أمثلة ذلك عصير كل من الكرز والخوخ (البرقوق) وبعض أصناف العنب ومعظم عصير الثمار التوتية المختلفة. ويصبح العصير المستمد من هذه الثمار مرغوباً، بعد التمديد أو المزج، إلا أنه لا يمكن والحالة كهذه أن نطلق عليه (عصيراً) بل يجب أن يسمى (نكتاراً) أو (مشيجاً) أو (شراباً) أو (شراب الفاكهة) تمييزاً له من عصير الفاكهة الصرف وتتحدد التسمية البديلة حسب مستوى المنتج من العصير الصرف كنسبة مئوية.

ويتصف عصير الإجاص (وكذلك عصير بضعة أنواع أخرى من الفاكهة) بانه ذو طعم قليل الحموضة وتتحسن النكهة كثيرا بمزجه مع عصير انواع اخرى أكثر حموضة وبسبب اعتدال نكهة عصير التفاح فإنه قابل للمزج مع عدد من أنواع العصير ذات الحموضة العالية كالكرز كما يمكن إدخال عصير كل من الفريز والخوخ (البرقوق) وبعض أصناف العنب في العديد من الأمشاج.

وصفات تحضير بعض أنواع نكتار الفاكهة

مشيج عصير الفاكهة	الوصفـــــة	نسبة البركس الى الحمض	الحموضة كحمض ليمون لامائي (%)	المواد الصلبة المنحلة (%)
تفاح مشمش	عصير تفاح صاف لامع ١٧٩,٨٠ ليتر (١١,٩% المواد الصلبة المنحلة) بوريه مشمش ٩٩,٣٦ ليتراً (١٢% المواد الصلبة المنحلة) محلول السكر ٣٧٨,٥٢ ليتراً (٢٢% المواد الصلبة المنحلة)	٢٩	١٤,٥	٠,٥١
تفاح عنب	عصر تفاح منقى ١٨٩,٧٩ ليتراً (١٢,٦% المواد الصلبة المنحلة) مركز عصير عنب أحمر أو أسود ٣٧,٨٠ليتراً (٥٠% نسبة المواد الصلبة المنحلة سكر ١١,٣٤كغ نكهة عنب صنف كونكورد ١,٨٩ ليتر ماء لجعل الحجم ٣٧٨,٥٤ ليتراً	٢٥	١٥	٠,٦٤
تفاح برتقال	عصير برتقال ٧٥,٧١ ليتراً (١٢% المواد الصلبة المنحلة) عصير تفاح لامع ١٧٠,٣٤ ليتراً (١١,٩% نسبة المواد الصلبة المنحلة) محلول السكر ١٣٢,٤٩ليتراً (٢٢% المواد الصلبة المنحلة) زيت البرتقال ٤٧,٣٢ مل ماء لجعل الحكم ٣٧٨,٥٤ ليتراً	٢٣	١٦,٢	٠,٧٢
برتقال	مركز برتقال نمط برازيلي ٣٨,١٩كغ (٦٣% المواد الصلبة المنحة) مركز برتقال فالنسيا ٢٠,٥٥ كغ (٥٩% المواد الصلبة المنحلة) سكر ٢٦,٢٢كغ زيت البرتقال ٤٧,٣٢ مل ماء لجعل الحجم ٣٧٨,٥٤ليتراً	١٨	١٢,٥ -١٢	٠,٦٨
أناناس غريفون	مركز الأناناس ٤٦,٢٧كغ (٦١% مواد صلبة حجماً) مركز الغريفون ٥١,٢٦كغ (٣٩% مواد صلبة منحلة) سكر ٢٥,٦٣كغ حمض ليمون ٢٥٥١,٥٠ غراماً سترات الصوديوم ١٠٢٠,٦٠ غراماً - ماء لجعل الحجم ٣٧٨,٥٤ ليتراً	١٢	١٥	١,٢٤

وصفات تحضير بعض أنواع شراب الفاكهة

الشراب	الوصفـــــة	المواد الصلبة المنحلة (%)	الحموضة حمض طرطيك (%)	نسبة البركس إلى الحمض
١- التفاح	مركز التفاح ١٦,٥١ كغ (٧٠% مواد صلبة منحلة) سكر ٤١,٢٨ كغ حمض ليمون ١,٢٢ كغ - سترات الصوديوم ٢٠١,١٢ غراماً ماء لجعل الحجم ٣٧٨,٥٤ ليتراً.	١٢-١١,٥	٠,٤٤-٠,٤١	٢٨
٢- مشمش مع غريفون	مركز المشمش ٢١,٤٩ ليتر (٢٤% مواد صلبة منحلة) مركز غريفون ١٢,٣٠ ليتر (٣٩% مواد صلبة منحلة) سكر ٥٩,٤٢كغ حمض ليمون ٠,٨٢كغ بكتين ٠,٨٢كغ (درجة ١٥٠ سريع التهلم) ماء لجعل الحجم ٣٧٨,٥٤ ليتراً.	١٥-١٤,٥	٠,٤٧	٣١
٣- كرز حلو	عصير كرز حلو ١٨٩,٢٧ ليتراً ماء ١٨٩,٢٧ ليتراً سكر لجعل المواد الصلبة المنحلة ١٤% حمض ليمون لجعل الحموضة الكلية ٠,٤٣% منكه فاكهة ٣٧٨,٥٤مل.	١٤	٠,٤٣	٣٣
٤- عنب	مركز عصير العنب ٢٠,٨٢ ليتراً (٥٠% مواد صلبة منحلة) سكر حمض ليمون - نكهة صنف عنب الكونكورد - لون صنف عنب الكونكورد - ماء لجعل الحجم ٣٧٨,٥٤ ليتراً.	١٢,٥-١٢	٠,٤٥	٢٨
٥- برتقال مع مشمش	مركز عصير البرتقال ٦,٨١ ليتراً ٦٣% مواد صلبة منحلة) مركز عصير المشمش ١٩,٨٧ ليتراً (٣٢% مواد صلبة منحلة) سكر ٤٠,٨٢ كغ بكتين ١,٢٥كغ درجة ١٠٠ سريع التهلم - ماء لجعل الحجم ٣٧٨,٥٤ ليتراً.	١٢,٨	٠,٦٥	١٩,٣

يمكن أيضاً مزج عصير البرتقال مع عصير كل من التفاح والمشمش والعنب والغريفون والليمون الأضاليا والليمون البنزهير (لايم LIME) والأناناس والخوخ (البرقوق) والتانجرين، كما يمكن الحصول على مشروب مرغوب بمزج عصير التفاح مع عصير كل من العنب والغريفون واللايم LIME والبرتقال والخوخ (البرقوق) والتانجرين.

أمشاج عصير الحمضيات

يعد مشيج البرتقال مع الغريفون نموذجاً جيداً لمزج عصير الفاكهة، كما تسوق عالمياً كميات كبيرة من مشيج التانجرين مع الغريفون وتتحدد نسبة المزج المعتمدة في تحضير مشيج البرتقال مع الغريفون من خلال عدة عوامل أهمها اللون المطلوب توافره في المنتوج النهائي ودرجة حموضته ودرجة بركس كل من نوعي العصير الممزوجين وسعر كل منهما وقاعدة عامة: لا يدخل عصير البرتقال بأقل من ٥٠% من تركيب المنتوج النهائي، وقد تصل النسبة إلى ٧٥% إذا كان لون عصير البرتقال فاتحاً.

مراقبة جودة إنتاج :

تتضمن أعمال مراقبة جودة المنتوجات مراعاة الانتباه الدقيق لكل مرحلة من مراحل الإنتاج شاملاً ذلك لكل من المواد الأولية المتسلمة ولمعالجة المياه المستخدمة وللعبوات النظيفة والمعقمة ومراحل التصنيع السوية ولاختبارات مراقبة الجودة التي تجري داخل المصنع ويجب أن يكون هاجس المسؤول عن جودة المنتوج بذل قصارى جهده للحصول على منتوج عالي الجودة، وتتضح مزايا تبني برنامج جيد لمراقبة الجودة في النقاط التالية:

(١) حماية تكاليف الإنتاج عن طريق الكشف على العيوب ومنع وقوعها.

(٢) حماية المستهلك والتأكد من حصوله على منتوج شهي ذي نوعية جيدة.

(٣) الالتزام بالتشريعات المحلية والحفاظ على جودة تضمن دخول المنتوج لأسواق المنافسة العالمية.

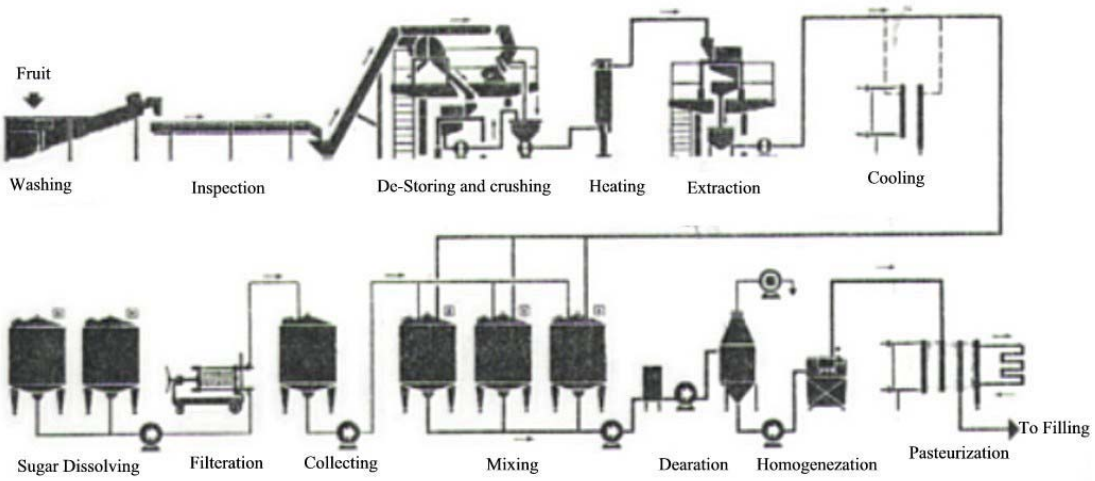
(٤) مراقبة استخدام مواد أولية عالية الجودة لضمان الحصول على منتوجات عالية الجودة.

(٥) فخر العاملين واعتزازهم بإنتاجهم.

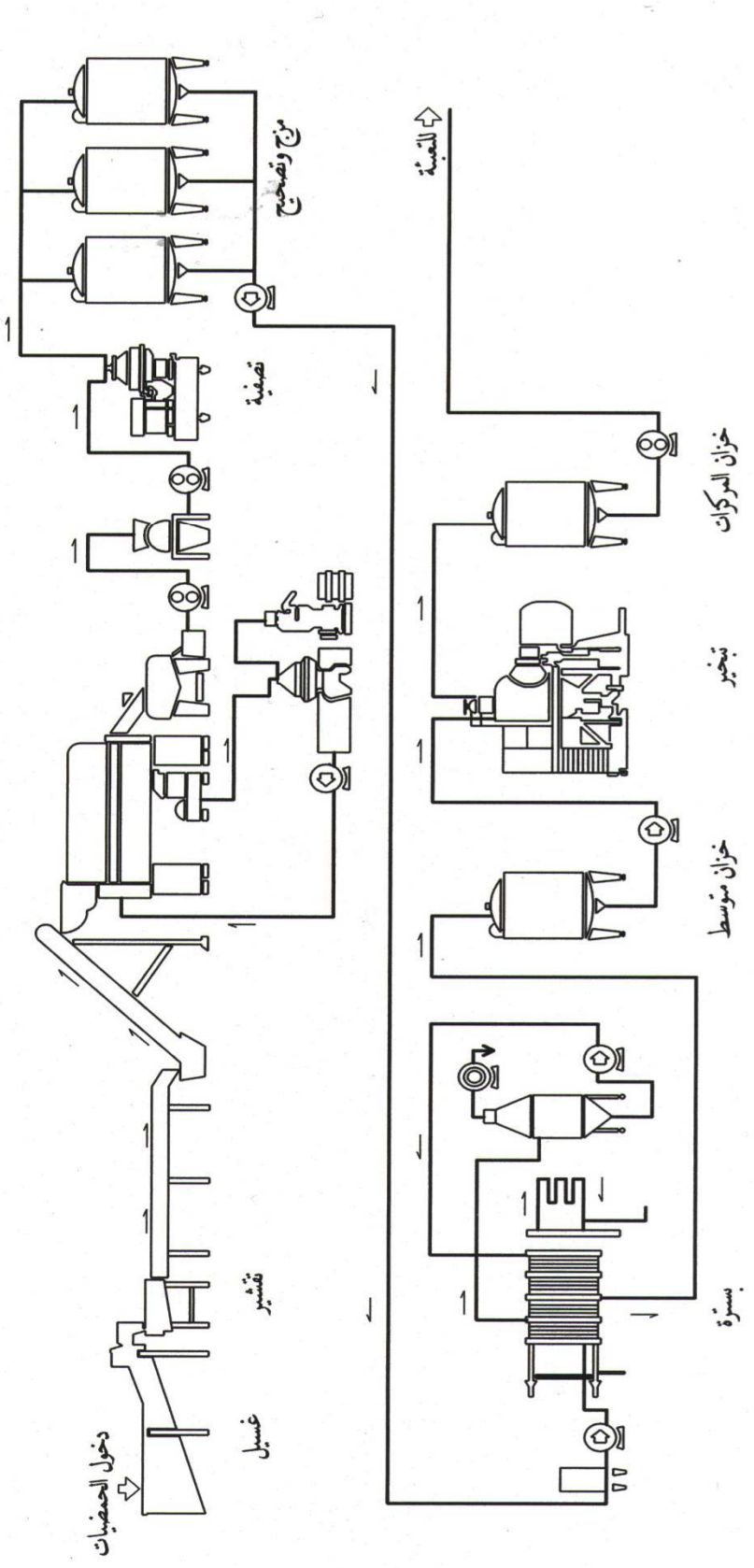
(٦) تحسين الكفاية الإنتاجية.

(٧) مراقبة المخلفات والنفايات وتحسين الإفادة منها.

يجب ألا تقل المساحة المخصصة للمختبر عن ٣٠ متراً مربعاً، ويكلف أحد الفنيين بالعمل على تحقيق الأهداف المذكورة وإجراء الاختبارات والفحوص اللازمة على كل من بنود المواد الأولية والمنتوجات وهذا يحتاج تزويد المختبر من التجهيزات والمعدات الشاملة لاختبار المنتوجات المعبأة في علب معدنية أو قوارير زجاجية واختبار المياه والسكر والاختبار القلوي.



خط انتاج نكتار الفاكهة


مزج وتصحيح
تصفية
تقشير
غسيل
دخول الحمضيات
للعبئة
خزان المركزات
تبخير
خزان متوسط
بسترة

الباب الثالث

الفصل الأول

حساب المساحة الإنشائية للبراد

المخطط الإنشائي للبراد:

الخطوات الواجب اتخاذها عند التخطيط الهندسي للبراد:

١- أن يكون عرض المبنى من مضاعفات العدد (٦) لاعتبارات إنشائية.

٢- يجب أن يسمح طول البراد لأتساع أربع أو خمس سيارات شحن متوسطة على الأقل، وذلك على طول الامتداد التبريدي

٣- الارتفاع الإنشائي للبراد هو (٦) أمتار.

٤- لا بد من وجود ممر وسطي مطل على جميع غرف التخزين لتسهل عمليات الشحن والتفريغ وبعرض يكفي لتنقل وسائط التبريد فيه بشكل مريح.

٥- يجب أن تتوفر أمام المداخل الرئيسية للبراد مساحة كافية لإقامة رصيف للسيارات بحيث يسمح أن يكون عرضه $(6 \div 7,5)\ (m)$

٦- للحد من الضياعات الحرارية الناتجة عن فرق درجة الحرارة بين الغرف يجب أن تكون غرف الحفظ ذات درجات الحرارة المتقاربة أو المتساوية متجاورة.

٧- يجب أن يظهر التخطيط المساحة المخصصة لغرفة الآلات والتحكم وغرفة العدد والصيانة وغرفة الإدارة والخدمة ويشترط أن يكون حجم غرفة الآلات (ضواغط + أجهزة) مساوية إلى (1/10 ÷ 1/5) من الحجم الإنشائي لغرفة البراد العاملة.

٨- يحتوي مخطط البراد أيضاً على غرفة ذات نظام حراري عام هي غرفة التهيئة والتوزيع ويتم فيها فرز الفواكه وتعبئتها.

٩- يجب أن لا تكون غرف البراد مفتوحة للجو الخارجي.

١٠-تقليل مداخل ومخارج البراد قدر الإمكان.

١١-أن تكون غرف الآلات والإدارة والخدمة خارجية.

ونختار توجيه البراد بحيث يسمح موقع البراد بأقل تبادل حراري ممكن مع الجو الخارجي.

تخطيط البناء وتوزيع الغرف:

يقصد بتخطيط البناء تنظيم جميع غرف التبريد والتحضير والتسليم والملحقات مع الأخذ بعين الاعتبار وظائف وعدد وأبعاد هذه الغرف. فتخطيط البناء وتوزيع الغرف يأخذ بعين الاعتبار ما يلي:

١- تقليل مداخل البناء قدر الإمكان الوضع المثالي أن يكون للبناء مدخل رئيسي واحد.

٢- يجب أن تكون غرف الإدارة والآلات خارجية ومهواة وبوضع يحقق توازناً حرارياً مرضياً قدر الإمكان بحيث تبعد احتمال تدفئة أو تبريد أو تكييف.

٣- أن تكون غرف الحفظ المتقاربة في درجة الحرارة متجاورة إذ يوفر ذلك توازناً حرارياً ويقلل من الضياع الحراري بفعل فرق درجات الحرارة.

٤- مساحة غرف آلات التبريد يجب أن تساوي (5÷10%) من مساحة البراد الكلية.

٥- يجب أن يوافق التخطيط نظام الأمن الصناعي شروطه.

٦- يفضل أن تكون حركة السلع في اتجاه واحد وبدون اتجاهات متقاطعة.

اختيار درجات الحرارة الداخلية والخارجية:

أولا : اختيار درجة الحرارة الخارجية :

حيث نعتمد درجة الحرارة التصميمية للجو الخارجي في مدينة دمشق : $t_o = 39\ C^o$

حيث أنه يتم اختيار درجة الحرارة الخارجية بعدة طرق منها:

طريقة IHVE:

وتتم باختيار درجة الحرارة العظمى خلال أشهر الصيف وهي (حزيران - تموز - أب - أيلول) ولعدة سنوات ثم يؤخذ متوسط درجات الحرارة العظمى الشهرية لكل شهر ثم يؤخذ أعلى متوسط لدرجات الحرارة على أنه يمثل درجة الحرارة التصميمية الخارجية وحساب هذه الطريقة تكون درجة الحرارة التصميمية لمدة دمشق ($41\ C^o$).

طريقة ASHRAE:

وفيها تسجل درجات الحرارة الخارجية خلال أشهر الصيف الأربعة وفي كل ساعة فيكون مجموع القراءات:

$$24 \times (30 + 31 + 31 + 30) = 2928$$

وانطلاقاً من عدد القراءات يوجد عدة أساليب لتحديد درجة الحرارة الخارجية التصميمية ومنها:

أسلوب 1% : حيث $0{,}01 \times 2928 = 29{,}28$

نحذف أعلى 30 قراءة من القراءة السابقة فيبقى لدينا

$$2928 - 30 = 2898$$

نختار أعلى تسجيل لدرجة الحرارة من هذه القراءة الباقية ولعدة سنوات فتكون درجة الحرارة التصميمية الخارجية المعتمدة ويعطي ASHRAE لمدينة دمشق بهذا الأسلوب درجة حرارة $39\ C^o$ في فصل الصيف.

وسنعتمد في مشروعنا درجة حرارة خارجية تصميمية $39\ C^o$.

ثانيا : درجة حرارة الأرض: $19\ C^o$.

ثالثا : اختيار درجة الحرارة الداخلية حسب المادة المراد حفظها وهي ($+4\ C^o$)

حيث تعد هذه الدرجة الأنسب لحفظ الحمضيات .

اعتبارات حساب المساحة الإنشائية للبراد

I ـ بالنسبة لغرف حفظ الحمضيات سوف نعتبر ما يلي:

- الفاكهة معبأة في صناديق بلاستيكية خاصة ذات أبعاد قياسية هي (cm) 34 × 31 × 52 ويبلغ وزن الصندوق فارغاً (Kg) 1,7 .
- الصندوق يتسع لـ (Kg) 25 من الحمضيات .
- عدد الصناديق الكلية :

$$= (1575 \times 10^3) \div 25 = 63000$$

- تجمع الصناديق فوق طبليات خشبية أبعادها (m) 1,1 × 1,1 وارتفاعها عن الأرض (cm)20 ، ووزن الطبلية الواحدة (Kg) 22 .
- ويتم وضع الصناديق على الطبلية ، بحيث يتم وضع ٦ صناديق على الطبلية الواحدة ، بارتفاع ٣ صناديق فوق بعضها ، فيصبح عدد الطبليات الكلي :

$$= 63000 \div 18 = 3500$$

- يتم ترتيب الطبليات في الغرفة على شكل صفوف بحيث تبعد عن الجدار مسافة (0,5 ÷ 0,4) متر وتبعد عن السقف حوالي (cm) 100 ÷ 50 .
- يتم ترك ممرات وسطية في الغرف من أجل مكننة عملية التحميل والتفريغ ويمكن ملء الممر بالصناديق إذا لزم الأمر.

ويلزم الأخذ بالاعتبار أن تكون الممرات مقابلة للمبخرات قدر الإمكان وذلك من أجل تسهيل وضمان توزع الهواء داخل الغرفة على أكبر قدر من الصناديق.

حساب السعة الاصطلاحية للبراد :

السعة الاصطلاحية هي وزن المواد المراد حفظها + وزن ملحقاتها .

وزن الحمضيات 1575 Ton

وزن الصناديق البلاستيكية : $63000 \times 1,7 = 107100\ Kg = 107,1\ Ton$

وزن الطبليات الخشبية : $3500 \times 22 = 77000\ Kg = 77\ Ton$

بالتالي تصبح السعة الاصطلاحية تساوي :

$$E = 1575 + 107,1 + 77 = 1759,1\ Ton$$

ملاحظة : تعطي المراجع المختصة جداولاً تبين فيها كثافة المواد المختلفة المطلوب تخزينها مع أبعاد العبوات اللازمة ونوعها وهي موجودة في مرجع ASHRAE.

حسابات غرف التجميد

١ـ حساب الحجم السلعي لغرف الحفظ (m^3) :

E : السعة الاصطلاحية بالطن للبراد وهو وزن المواد مع ملحقاتها.

$$V = \frac{E}{q_v}$$

q_v : معدل التخزين هو يساوي هنا (0,3).

$$V = \frac{1759,1}{0,3} = 5863,67(m^3)$$

٢ـ حساب المساحة السلعية للغرف (m^2) :

$$F = \frac{V}{h}$$

h : هو الارتفاع السلعي أو منسوب السلع وهو يرتبط بالارتفاع الإنشائي لغرف البراد أو الأجزاء الباردة من السقوف أو الجسور أو الفراغات عند العوارض وعند أجهزة التبريد ومجاري التهوية المتوضعة في السقف أحياناً وكذلك بطرق ترتيب وضع السلع وتعبئتها.

$$h = H - 1 = 6 - 1 = 5\ (m)$$

H : ارتفاع البراد.

٣ـ نحدد المساحة الإنشائية للغرف (F_b):

$$F = \frac{5863,67}{5} = 1172,73(m^2)$$

$$F_b = \frac{F}{B} = \frac{1172,73}{0,79} = 1484,47(m^2)$$

$$F_b = 1484,5\ (m^2)$$

٤ ـ نحدد عدد المستطيلات الإنشائية من العلاقة:

$$n = \frac{F_b}{f} = \frac{1484,5}{216} = 6,87$$

$$f = 216\ (m^2)$$

$$n_d = 7\ rooms$$

٥ ـ حساب السعة الحقيقة:

$$E_d = \frac{n_d}{n} \times E = \frac{7}{6,87} \times 1847,458 = 1791,7(Ton)$$

ولما كان الحساب للبرتقال وا لليمون والكريفون فسيكون التقسيم هو ثلاث غرف للبرتقال و غرفتان لليمون وغرفتان للكريفون.

II- بالنسبة لغرفة تبريد المكثفات سوف نعتبر ما يلي:

- يتم حفظ المكثفات في براميل بلاستيكية صحية لحفظ المواد الغذائية وأبعادها :

الطول $90\ cm$ والقطر $60\ cm$ فيكون حجمها $0,257\ (m^3)$

وزن البرميل فارغاً $18(Kg)$

وزن المكثف في البرميل الواحد حوالي $250\ (Kg)$

- يتم ترتيب البراميل على طبليات خشبية أبعادها $(1,25 \times 1,25)\ (m)$

وارتفاعها $20(cm)$ بحيث يوضع أربع براميل على كل طبلية .

- عدد البراميل الكلي : $= (800 \times 10^3) \div 250 = 3200$
- عدد الطبليات الكلي : $3200 \div 4 = 800$
- الوزن الكلي للبراميل : $3200 \times 18 = 57600\ (Kg) = 57,6\ (Ton)$
- وزن الطبلية الواحدة حوالي $35(Kg)$ فيكون وزن الطبليات الإجمالي :

$$35 \times 800 = 28000\ (\text{Kg}) = 28\ (\text{Ton})$$

فتكون بذلك السعة الاصطلاحية للبراد بالطن :

$$800 + 28 + 57,6 = 885,6\ (Ton)$$

حسابات غرف المركزات

١ ـ حساب الحجم السلعي لغرف الحفظ (m^3) :

$$V = \frac{E}{q_v} = \frac{885,6}{1,05} = 843,43(m^3)$$

$$V = 843,43\ (m^3)$$

حيث أن كل $1\ (m^3)$ يشغله وزن $1,05\ (Ton)$

أي أن $q_v = 1,05\ (\ Ton / m^3\ )$

٢ـ حساب المساحة السلعية للغرف (m^2) :

$$F = \frac{V}{h} = \frac{843,43}{5} = 168,69(m^2)$$

$$F = 168,7\ (m^2)$$

٣ـ نحدد المساحة الإنشائية للغرفة (F_b):

$$F_b = \frac{F}{B} = \frac{168,7}{0,78} = 216,26(m^2)$$

$$F_b = 216\ (m^2)$$

٤ ـ نحدد عدد المستطيلات الإنشائية من العلاقة:

$$f = 24 \times 12 = 288(m^2)$$

$$n = \frac{F_b}{f} = \frac{216}{288} = 0,75$$

$$n_d = 1\ room$$

٥ ـ حساب السعة الحقيقة:

$$E_d = \frac{n_d}{n} \times E = \frac{1}{0,75} \times 885,6 = 1180,8(Ton)$$

حساب مساحة غرفة الآلات :

مساحة البراد الكاملة

$$F_{tot} = 7 \times 12 \times 18 \ + \ 24 \times 12 \ = 1800 \ (m^2)$$

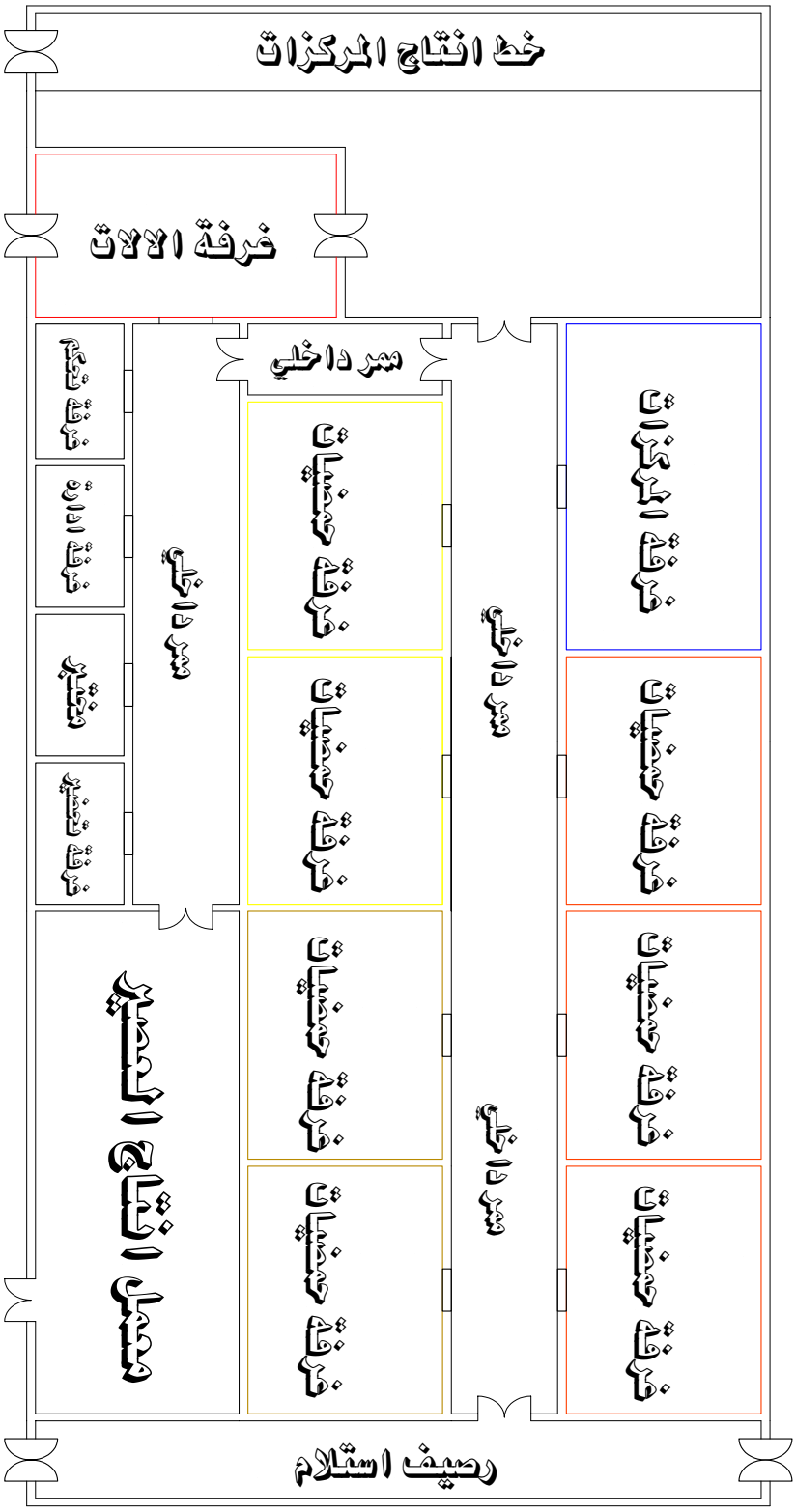
مساحة غرفة الآلات

$$F' = (0,1 \div 0,2) \ F_{tot} = (180 \div 360) \ (m^2)$$

نختار غرفة الآلات بالابعاد التالية :

$$18 \times 12 = 216 \ m^2$$

	$F_b \ (m^2)$	$F \ (m^2)$	$E \ (T)$	$E_d \ (T)$	عدد الغرف
غرفة البرتقال	636,21	18×12	753,9	767,7	3
غرفة الليمون	424,14	18×12	502,6	511,8	2
غرفة الكريفون	424,14	18×12	502,6	511,8	2
غرفة المكثفات	216	24×12	885,6	1180,8	1


خط انتاج المركزات
غرفة الالات
ممر داخلي
مرفق تعقيم
مرفق ادارة
مختبر
مرفق تخمير
مرفق حضانات
مرفق حضانات
مرفق حضانات
مرفق حضانات
ممر داخلي
ممر داخلي
مرفق المركزات
مرفق حضانات
مرفق حضانات
مرفق حضانات
مصل انتاج المصل
رصيف استلام

الفصل الثاني

العازل الحراري

أهم ما يميز البناء هو العازل الذي يؤلف طبقة ضرورية من غلاف البراد، كما لهذه الطبقة من دور كبير في عزل البراد حراري عن الجو المحيط لتقليل التسرب الحراري إلى داخل البراد قدر الإمكان وهذا يعني تخفيض الحمل التبريدي لآلات التبريد، حيث أن العازل الحراري هو كل مادة تتمتع بمعامل توصيل حراري منخفض وبشكل عام يمكن اعتبار جميع المواد التي يكون معامل توصيل الحراري لها أقل من القيمة $0,25\ (W/m.K^o)$ مواد عازلة.

كما يوجد بالإضافة إلى العازل الحراري عازل للرطوبة يمنع تسرب الرطوبة إلى العازل الحراري الذي تسوء مقاومته للناقلية الحرارية عند تعرضه للرطوبة.

يحدث التسرب لأن البرادات تعمل عند درجات حرارة داخلية منخفضة، بينما تكون درجة حرارة الوسط الخارجي أعلى من ذلك بكثير وهذا يؤدي إلى حدوث تبادل حراري مستمر من الوسط الخارجي والبراد بالتالي تدفق كميات حرارة كبيرة إلى داخل البراد وهذا يؤدي إلى زيادة الحمل الحراري الكلي المطبق على آلات التبريد المستخدمة وبالتالي تزداد قيمة التكاليف التأسيسية الاستثمارية لمنشأة التبريد.

ولتفادي حدوث التبادل الحراري بين البراد والوسط الخارجي ما يسببه هذا التبادل من ارتفاع الأحمال الحرارية وارتفاع قيمة تكاليف التبريد نلجأ إلى استخدام العوازل الحرارية. جميع المواد العازلة تكون ذات بنية مسامية فعندما تكون هذه المسامات مملوءه بالهواء أو الغاز فإنها توفر عازلية الحرارية جيدة.

الشروط الواجب توفرها في العوازل المستخدمة في التبريد

١- يجب أن تكون المواد العازلة ذات معامل توصيل حراري منخفض.
٢- أن تكون المواد العازلة قليلة التأثير بالرطوبة وذات قابلية قليلة لامتصاص الرطوبة.
٣- أن تكون ذات حجم نوعي صغير.
٤- أن تكون ملائمة لدرجات الحرارة المنخفضة.
٥- أن تكون كلفتها منخفضة.
٦- أن تكون غير قابلة للتعفن ولا تنتج رائحة.
٧- أن تكون متينة بحيث تتحمل الصدمات.
٨- أن تكون غير قابلة للاشتعال.

لا يمكن إيجاد مواد عازلة تتمتع بجميع هذه المواصفات لذلك تستخدم عادة المواد الأجود والأكثر اقتراباً من الشروط السابقة.

تصنيف المواد العازلة

أ- حسب تركيبها:

يتم تصنيف المواد العازلة حسب تركيبها إلى نوعين هما:

١- مواد عازلة ذات منشأ عضوي.

٢- مواد عازلة ذات منشأ معدني.

ب- حسب درجة العازلية:

يتم تصنيف المواد العازلة حسب درجة العازلية إلى أربعة أنواع :

١- مواد ذات فعالية مرتفعة جداً:

معامل التوصيل الحراري : $\lambda = 0,047(Watt/m.C^o)$

الكثافة : $\rho = (1,5 \div 100)(Kg/m^3)$

٢- مواد ذات عازلية مرتفعة:

معامل التوصيل الحراري : $\lambda = (0,047 \div 0,08)(Watt/m.C^o)$

الكثافة : $\rho = (100 \div 300)(Kg/m^3)$

٣- مواد ذات عازلية متوسطة:

معامل التوصيل الحراري : $\lambda = (0,087 \div 0,17)(Watt/m.C^o)$

الكثافة : $\rho = (300 \div 400)(Kg/m^3)$

٤- مواد ذات عازلية رديئة:

معامل التوصيل الحراري : $\lambda \le 0,17(Watt/m.C^o)$

الكثافة : $\rho = (600 \div 1000)(Kg/m^3)$

أهم المواد العازلة المستخدمة في مختلف الأغراض ومعامل التوصيل الحراري لها

المادة العازلة	الاستعمال	الكثافة في الحالة الجافة [Kg/m^3]	معامل التوصيل الحراري [W/m.C]
ألواح بولسترول	عوازل حرارية	25 - 40	0,047
ألواح قياسية من الليف المعدني أو القطن الطبيعي المضغوط أو المطلي بالزيت		250 - 350	0,08 - 0,093
ألواح من الفيبروليت		300 - 400	0,15 - 0,19
الستريوبور		- - - -	0,04
الفلين		85	0,04
إسفلت	عوازل بخارية	1800 - 200	0,75 - 0,85
زيت زفت بترولي		1050	0,18
هيدر دايزول		700 - 900	0,29 - 0,35
ألواح من الأسمنت		300 - 500	0,13 - 0,093
بيتون عادي		2000 - 2200	1 - 10,4
بيتون مسلح	مواد إنشائية	2300 - 2400	1,4 - 1,6
بلوك		1800	0,76
أسمنت ناعم		1600	0,88 - 0,93
رمل		1700 - 1800	0,326
بلاط		- - - -	1,05

أشهر المواد العازلة

- **الصوف الزجاجي :**

يعتبر الصوف الزجاجي عازل حراري جيد ومعامل التوصيل له :

$$\lambda = 0,035\ (Watt / m\ .C^o)$$

وهو يتمتع بفعالية جيدة في تحمله لدرجات الحرارة العالية والمنخفضة ولكنه يفقد خواصه العازلة لدى تسرب الماء إليه.

- **الستيروبور:**

عازل حراري جيد، معامل التوصيل الحراري له يتراوح بين :

$$0,027 \div 0,04\ (Watt / m\ .C^o)$$

وهو ذو وزن خفيف، وقساوة عالية.

- **الفلين:**

عازل حراري جيد يتمتع بقساوة ومتانة عاليتين معامل التوصيل الحراري له :

$$\lambda = 0,04\ (Watt / m\ .C^o)$$

- **البولي أوريتان:**

عازل حراري ممتاز له استخدامات كثيرة، معامل التوصيل الحراري له :

$$\lambda = 0,041\ (Watt / m\ .C^o)$$

كما أنه لا يتأثر بتسرب الماء إليه لكنه لا يتحمل درجات حرارة أكثر من $100\ C^o$.

ويصنع منه أكثر من ثمانين صنفاً بحسب الكثافة وطريقة التصنيع والاستخدام حيث يستخدم في صناعة المحامل - التروس - طلاء الملابس – الأحذية .

إيجاد سماكة الطبقة العازلة

في أغلب الأحيان يتم اختيار المادة العازلة بالاعتماد على قيمة عامل الانتقال الحرارة كما يراعى أثناء الاختيار تكاثف البخار على سطح المواد الحرارية.

وفي الجدول التالي نبين قيم **معامل انتقال الحرارة الأعظمية لكل من الأسقف والجدران الخارجية** حيث ترتبط هذه القيم بموقع البراد ودرجة حرارة الهواء داخل الغرفة.

درجة الحرارة الوسطى السنوية للهواء الخارجي في منطقة البناء [C]	معامل الانتقال الحراري [$W/m^2.K^o$] عند درجة الحرارة الداخلية للغرفة						
	-40 ÷ -30	-25 ÷ -20	-15 ÷ -10	-4	0	4	12
0 أو ما فوق	0,21/0,2	0,26/0,24	0,33/0,3	0,47/0,4	0,52/0,44	0,58/0,47	0,7/0,52
1÷ 8	0,2/0,19	0,23/0,22	0,28/0,27	0,33/0,35	0,40/0,37	0,44/0,42	0,64/0,52
تسعة وما فوق	**0,19/0,17**	**0,21/0,2**	**0,23/0,23**	**0,28/0,26**	**0,30/0,29**	**0,35/0,33**	**0,52/0,47**

حيث : *البسط يعطي قيمة معامل الانتقال الحراري الخارجية.*
المقام يعطي قيمة معامل الانتقال الحراري من أجل أسقف الغرف.

وباعتبار ان البراد موجود في دمشق حيث ان درجة الحرارة الوسطى السنوية للهواء الخارجي اكبر من $9\ C^o$
لذا نستخدم السطر الاخير من الجدول في حساباتنا .

قيم معاملات الانتقال الحراري لمختلف أنواع السطوح

نوع السطح	عامل الانتقال الحراري [$W/m^2.K$]	المقاومة التيرمو حرارية
السطوح الداخلية للجدران بدون توزيع قسري للهواء	8	0,125
السطوح الداخلية للغرف ذات التوزيع الضعيف للهواء	9	0,111
السطوح الداخلية للغرف ذات التوزيع القسري للهواء	10,5	0,095
السطوح الخارجية	23,3	0,043
الأراضي والسقوف	6÷7	0,143 ÷ 0,167

الانتقال الحراري لأرضية الغرفة بالاعتماد على درجة حرارة الهواء في الغرفة التبريدية.

درجة حرارة الهواء في الغرفة التبريدية	-4 ÷ 4	-10	-20 ÷ -30
معامل الانتقال الحراري [$W/m^2.k$]	0,41	0,29	0,21

معامل الانتقال الحراري للجدران ما بين غرف التبريد

الفواصل الجدارية	معامل الانتقال الحراري الكلي الشرطي
ما بين غرف التجميد وغرف التبريد	0,23
ما بين غرفة التجميد وغرف حفظ المواد المبردة	0,26
ما بين غرف التجميد وغرف حفظ المواد المثلجة	0,47
ما بين غرف الحفظ المواد المبردة وغرف المواد المثلجة	0,28
ما بين غرف التبريد وغرف حفظ المواد المثلجة	0,33
ما بين غرف التبريد وغرف حفظ المواد المبردة	0,52
ما بين الغرف ذات نفس درجات	0,58

بالنسبة للجدران الداخلية المشتركة بين غرفة التبريد والممرات

درجة حرارة الهواء في الغرفة المبردة [C^o]	-30	-20	-10	-4	4	12
معامل الانتقال الحراري k [$W/m^2.K$]	0,27	0,28	0,33	0,35	0,52	0,64

حساب سماكة الطبقة العازلة

$$\delta_u = \lambda_u \left\{ \frac{1}{k_o} - \left(\frac{1}{\alpha_o} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_i} \right) \right\}$$

حيث :

λ_u , λ_i : معاملات الناقلية الجدارية للطبقة العازلة والمواد المؤلفة للجدران [W/m.K].

k_o: معامل الانتقال الحراري الكلي للجدار.

δ_u ، δ_i : سماكة الطبقات المكونة للجدار وسماكة الطبقة العازلة.

بعد حساب δ_u نختار السماكة ذات القياسات الدولية ثم نحسب معامل الانتقال الحراري الحقيقي k_d من العلاقة :

$$k_d = \frac{1}{\left(\frac{1}{\alpha_o} + \sum_{i=1}^{n} \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_i} + \frac{\delta_u}{\lambda_u} \right)}$$

عند اختيار نوع العازل يجب الأخذ بعين الاعتبار أن يحقق العازل أكبر قدر ممكن من العزل وبأقل تكلفة ممكنة.

يعطي الجدول التالي عامل انتقال الحرارة k لغرف التبريد والتجميد

k ($W/m^2.K^o$)	درجة حرارة غرف التجميد	k ($W/m^2.K^o$)	درجة حرارة غرف التبريد
0,38	-4	0,67	12
0,39	-10	0,53	4
0,26	-20	0,42	0

ويتضح منه أن عامل انتقال الحرارة الكلي يجب خفضه بانخفاض درجة حرارة الهواء داخل غرف مستودعات التبريد، بحيث يكون معدل انتقال الحرارة لا يتجاوز ($13\ W/m^2$) هذا يمكن تحقيقه بزيادة سمك العزل الحراري.

ويمكن أيضاً خفض عامل انتقال الحرارة الكلي باستخدام مادة عازلة أخرى لها عامل توصيل حراري أقل مع الاحتفاظ بسماكة العازل الشكل التالي يبين العلاقة بين سماكة المادة العازلة وفرق درجات الحرارة بين الهواء داخل غرف التبريد والهواء الخارجي للمواد العازلة مثل الفلين و البوليسترين والبولي اريتان.

لنفس فرق درجات الحرارة تكون سماكة المادة العازلة للبولي اريتان أصغر، وبالتالي يفضل استخدامه، لكن سعره أغلى.

تتعلق قيمة عامل الحمل الحراري للأسطح على سرعة الهواء الملاصق للسطح .

عامل الحمل الحراري للأسطح

نوعية السطح	α ($W/m^2.K^o$)
سطح خارجي معرض للرياح	25
سطح خارجي غير معرض للرياح	15
سطح داخلي مع جريان طبيعي	9

درجات الحرارة التصميمية للهواء DESIGN AIR TEMPERATURES

تتعلق درجة حرارة الهواء الخارجي على الموقع الجغرافي تؤخذ هذه الدرجة $32\ C^o$ للمدن الساحلية في سورية لدى تصميم مستودعات التبريد وتضاف (3 ÷ 6) للمدن الداخلية والجدول التالي يعطي درجة حرارة الأرض في المدن السورية.

اسم المدينة	درجة حرارة الأرض (C^o)	اسم المدينة	درجة حرارة الأرض (C^o)
دمشق	19	اللاذقية	18
حمص	19	الرقة	21
حماة	19	دير الزور	21
حلب	20	البوكمال	22
طرطوس	18	الحسكة	20

إن درجة حرارة التصميم الداخلية في غرف التبريد هي درجة الحرارة التي نرغب في المحافظة عليها ثابتة داخل مستودع التبريد، ويتوقف اختيار درجة الحرارة على:

* نوعية المواد الغذائية.
* فترة التخزين

يفضل التقيد بالمعطيات المذكورة ولاسيما بدرجات الحرارة والرطوبة النسبية لمختلف المواد الغذائية:

نوعية مستودعات التبريد	$t_i\ (C^o)$
أماكن تجهيز وإنتاج	**10 ÷12**
أماكن تبريد وحفظ مواد مبردة	**-1 ÷ 4**
أماكن حفظ مواد مجمدة	**-24 ÷ -18**

يعطي الجدول التالي درجة حرارة الهواء المفضلة داخل غرف مستودعات التبريد، في حالة عدم إعطاء درجة حرارة الغرف المجاورة، يمكن حسابها كوسط متناسب بين درجة الحرارة الداخلية للغرفة المبردة ودرجة حرارة الهواء الخارجي، أما درجة حرارة السطح الخارجي للسقف المعرض للإشعاع الشمسي المباشر ستكون أعلى من درجة حرارة الهواء الذي يلامس هذا السطح، لذا نلجأ إلى تصحيح فرق درجات الحرارة بعين الاعتبار لكي ندخل تأثير الأشعاع الشمسي في الحساب، والجدول التالي يعطي قيم عام التصحيح.

عامل التصحيح C^o الذي يجب إضافته إلى فرق درجات الحرارة

نوع السطح	جدار شرقي	جدار جنوبي	جدار غربي	سقف أفقي
أسطح غامقة (زفت، طلاء أسود)	4,5	2,8	4,5	11
أسطح متوسطة اللون (بلاط أسمنتي دهان رمادي)	3,5	2	3,5	8,5
أسطح بلون أبيض (حجر أبيض أسمنت أبيض دهان أبيض)	2	1	2	5

من الجدول نجد أن تأثير الإشعاع الشمسي المباشر كبير على الجدران الشرقية والغربية، لذا لخفض تأثير الإشعاع الشمسي يجب تصميم مستودعات التبريد على شكل مستطيل بحيث يكون الجانب الأصغر في الاتجاه الشرقي والجانب الأكبر في الاتجاه الشمالي.

حسابات العازل الحراري

أولاً : حساب غرف الحمضيات:

١ ـ الجدران الخارجية:

تتألف الجدران الخارجية من الطبقات التالية:

الطبقة	سماكتها (m)	معامل التوصيل الحراري ($W/m^2.C^o$)
١- مونة أسمنتية	0,02	0,9
٢- بلوك أسمنتي	0,2	0,76
٣- مونة أسمنتية	0,02	0,9
٤- أسفلت + ورق الومنيوم لمنع الرطوبة	0,002	0,18
٥- المادة العازلة (ستيروبور)	δ_u	0,04
٦- أسفلت + ورق الومنيوم لمنع الرطوبة	0,002	0,18
٧- بلوك أسمنتي	0,15	0,76
٨- مونة إسمنتية	0,02	0,9

ونأخذ بعين الاعتبار ما يلي :

من أجل سطح داخلي لغرفة ذات توزيع ضعيف للهواء فإن :

$$\alpha_i = 9\ (W/m^2.K^o)$$

من أجل سطح خارجي :

$$\alpha_o = 23,3\ (W/m^2.K^o)$$

عند درجة الحرارة الداخلية للغرفة $4(C^o)$ ولأن درجة الحرارة الوسطى السنوية للهواء الخارجي في منطقة البناء هو فوق $9(C^o)$ فان :

$$k_o = 0,35\ (W/m^2.K^o)$$

نعوض بالعلاقة :

$$\delta_u = 0,04 \times \left\{ \frac{1}{0,35} - \left(\frac{1}{23,3} + 3 \times \frac{0,02}{0,9} + 2 \times \frac{0,002}{0,18} + \frac{0,35}{0,76} + \frac{1}{9} \right) \right\}$$

$$\delta_u = 0,086\ (m) = 8,6\ (cm)$$

سوف نعتمد :

$$\delta_u = 9\ (cm)$$

٢ ـ إيجاد سماكة الطبقة العازلة للجدار بين غرف تبريد الحمضيات:

يتألف الجدار من الطبقات التالية:

الطبقة	سماكتها (m)	معامل التوصيل الحراري ($W/m^2.C^o$)
١- مونة أسمنتية	0,2	0,9
٢- بلوك أسمنتي	0,15	0,76
٣- زفت + ورق الومنيوم	0,002	0,18
٤- المادة العازلة (ستيروبور)	δ_u	0,04
٥- زفت + ورق الومنيوم	0,002	0,18
٦- مونة أسمنتية + شبك معدني	0,02	0,9

ونأخذ بعين الاعتبار ما يلي :

من أجل توزع هواء داخلي ضعيف فإن :

$$\alpha_i = 9\ (W/m^2.K^o)$$

$$\alpha_o = 9\ (W/m^2.K^o)$$

معامل الانتقال الحراري الكلي الشرطي بين غرف ذات نفس درجة الحرارة :

$$k_o = 0,58\ (W/m^2.K^o)$$

نعوض بالعلاقة :

$$\delta_u = 0,04 \times \left\{ \frac{1}{0,58} - \left(\frac{1}{9} + 2 \times \frac{0,02}{0,9} + 2 \times \frac{0,002}{0,18} + \frac{0,15}{0,76} + \frac{1}{9} \right) \right\}$$

$$\delta_u = 0,049\ (m) = 4,9\ (cm)$$

سوف نعتمد :

$$\delta_u = 5\ (cm)$$

٣ ـ إيجاد سماكة الطبقة العازلة للجدران المطلة على الممرات وغرف الآلات والإدارة والصالات:

تتألف الجدران من الطبقات التالية :

الطبقة	سماكتها (m)	معامل التوصيل الحراري ($W/m^2.C^o$)
١- طينة	0,02	0,9
٢- بلوك	0,15	0,76
٣- طينة	0,02	0,9
٤- زفت + ورق الومنيوم	0,002	0,18
٥- عازل (ستيروبور)	δ_u	0,04
٦- زفت + ورق الومنيوم	0,002	0,18
٧- طينة + شبك معدني	0,02	0,9

ونأخذ بعين الاعتبار ما يلي :

من أجل توزع هواء داخلي ضعيف فإن :

$$\alpha_i = 9\ (W/m^2.K^o)$$

دون توزيع قسري للهواء :

$$\alpha_o = 8\ (W/m^2.K^o)$$

درجة الحرارة الداخلية ($+4\ C^o$) والجدار مطل على الممر :

$$k_o = 0,52\ (W/m^2.K^o)$$

نعوض بالعلاقة :

$$\delta_u = 0,04 \times \left\{ \frac{1}{0,52} - \left(\frac{1}{8} + 3 \times \frac{0,02}{0,9} + 2 \times \frac{0,002}{0,18} + \frac{0,15}{0,76} + \frac{1}{9} \right) \right\}$$

$$\delta_u = 0,056\ (m) = 5,6\ (cm)$$

سوف نعتمد :

$$\delta_u = 6\ (cm)$$

٤ ـ حساب العازل للسقف:

يتألف السقف من الطبقات التالية :

الطبقة	سماكتها (m)	معامل التوصيل الحراري ($W/m^2.C^o$)
١- طبقة أسمنتية مسلحة	0,15	1,5
٢- زفت + ورق الومنيوم	0,002	0,18
٣- عازل (ستيروبور)	δ_u	0,04
٤- زفت + ورق الومنيوم	0,002	0,18
٥- مونة أسمنتية + شبك معدني	0,02	0,9

ونأخذ بعين الاعتبار ما يلي :

من أجل توزع هواء داخلي ضعيف فإن :

$$\alpha_i = 9\ (W/m^2.K^o)$$

السطوح الخارجية للجدران :

$$\alpha_o = 23,3\ (W/m^2.K^o)$$

غرفة تبريد وحفظ المواد المثلجة :

$$k_o = 0,33\ (W/m^2.K^o)$$

نعوض بالعلاقة :

$$\delta_u = 0,04 \times \left\{ \frac{1}{0,33} - \left(\frac{1}{23,3} + \frac{0,15}{1,5} + 2 \times \frac{0,02}{0,18} + \frac{0,02}{0,9} + \frac{1}{9} \right) \right\}$$

$$\delta_u = 0,108\ (m) = 10,8\ (cm)$$

سوف نعتمد :

$$\delta_u = 12\ (cm)$$

٥ ـ حسابات الأرضية:

تتألف الأرضية من الطبقات التالية:

الطبقة	سماكتها (*m*)	معامل التوصيل الحراري ($W/m^2.C^o$)
١- طبقة أسمنتية عادية	0,10	1,2
٢- زفت + ورق الومنيوم	0,002	0,18
٣- عازل (ستيروبور)	δ_u	0,04
٤- زفت + ورق الومنيوم	0,002	0,18
٥- طبقة أسمنتية مسلحة	0,20	1,5

ونأخذ بعين الاعتبار ما يلي :

أرضية غرفة :

$$\alpha_i = 6,5\ (W/m^2.K^o)$$

لعدم وجود أي تبادل حراري :

$$\alpha_o = 0\ (W/m^2.K^o)$$

درجة حرارة الغرفة الداخلية ($+4\ C^o$)

$$k_o = 0,41\ (W/m^2.K^o)$$

نعوض بالعلاقة :

$$\delta_u = 0,04 \times \left\{ \frac{1}{0,41} - \left(0 + \frac{0,1}{1,2} + 2 \times \frac{0,002}{0,18} + \frac{0,2}{1,5} + \frac{1}{6,5} \right) \right\}$$

$$\delta_u = 0,082\ (m) = 8,2\ (cm)$$

سوف نعتمد :

$$\delta_u = 9\ (cm)$$

إيجاد معاملات الانتقال الحرارية الحقيقية

1ـ للجدار الخارجي:

$$k_d = \frac{1}{\left(\frac{1}{23,3} + 3\times\frac{0,02}{0,9} + 2\times\frac{0,002}{0,18} + \frac{0,2}{0,76} + \frac{0,15}{0,76} + \frac{0,09}{0,04} + \frac{1}{9}\right)}$$

$$k_d = 0,339\ (W/m^2 . K^o)$$

2ـ للجدران بين غرف الحمضيات:

$$k_d = \frac{1}{\left(\frac{1}{9} + 2\times\frac{0,02}{0,9} + 2\times\frac{0,002}{0,18} + \frac{0,15}{0,76} + \frac{0,05}{0,04} + \frac{1}{9}\right)}$$

$$k_d = 0,576\ (W/m^2 . K^o)$$

3ـ الجدران المطلة على الممرات والصالات وغرف الآلات والإدارة والتحكم :

$$k_d = \frac{1}{\left(\frac{1}{8} + 2\times\frac{0,002}{0,18} + 3\times\frac{0,02}{0,9} + \frac{0,15}{0,76} + \frac{0,06}{0,04} + \frac{1}{9}\right)}$$

$$k_d = 0,494\ (W/m^2 . K^o)$$

4ـ للسقف :

$$k_d = \frac{1}{\left(\frac{1}{23,3} + \frac{0,15}{1,5} + 2\times\frac{0,002}{0,18} + \frac{0,02}{0,9} + \frac{0,12}{0,04} + \frac{1}{9}\right)}$$

$$k_d = 0,301\ (W/m^2 . K^o)$$

5ـ الأرضية :

$$k_d = \frac{1}{\left(0 + \frac{0,1}{1,2} + 2\times\frac{0,002}{0,18} + \frac{0,2}{1,5} + \frac{0,09}{0,04} + \frac{1}{6,5}\right)}$$

$$k_d = 0,378\ (W/m^2 . K^o)$$

ترتب النتائج السابقة في جدول :

الجدار	δ_u (cm)	k_d $W/m^2.K^o$
الجدران الخارجية	9	0,339
الجدران بين البرادات	5	0,576
الجدران المطلة على الغرف والممرات والصالات	6	0,494
السقف	12	0,301
الأرضية	9	0,378

ثانياً: حساب غرفة المركزات

آ- حساب الجدار الخارجي:

يتألف الجدار من الطبقات التالية :

الطبقة	سماكتها (m)	معامل التوصيل الحراري ($W/m^2.C^o$)
١- مونة أسمنتية	0,02	0,9
٢- بلوك أسمنتي	0,2	0,76
٣- مونة أسمنتية	0,02	0,9
٤- أسفلت + ورق الومنيوم لمنع الرطوبة	0,002	0,18
٥- المادة العازلة (ستيروبور)	δ_u	0,04
٦- أسفلت + ورق الومنيوم لمنع الرطوبة	0,002	0,18
٧- بلوك أسمنتي	0,15	0,76
٨- مونة إسمنتية	0,02	0,9

ونأخذ بعين الاعتبار ما يلي :

من أجل توزيع قسري للهواء فإن :

$$\alpha_i = 10,5\ (W/m^2.K^o)$$

من أجل سطح خارجي :

$$\alpha_o = 23,3\ (W/m^2.K^o)$$

عند درجة الحرارة الداخلية للغرفة (C^o) -20 فان :

$$k_o = 0,21\ (W/m^2.K^o)$$

نعوض بالعلاقة :

$$\delta_u = 0,04 \times \left\{ \frac{1}{0,21} - \left(\frac{1}{23,3} + 3 \times \frac{0,02}{0,9} + 2 \times \frac{0,002}{0,18} + \frac{0,35}{0,76} + \frac{1}{10,5} \right) \right\}$$

$$\delta_u = 0,163\ (m) = 16,3\ (cm)$$

سوف نعتمد :

$$\delta_u = 18\ (cm)$$

2ـ حساب الجدار بين غرفة البرتقال وغرفة المركزات:

يتألف الجدار من الطبقات :

الطبقة	سماكتها (m)	معامل التوصيل الحراري ($W/m^2.C^o$)
١- طينة	0,02	0,9
٢- بلوك	0,2	0,76
٣- طينة	0,02	0,9
٤- زفت + ورق الومنيوم	0,002	0,18
٥- عازل (ستيروبور)	δ_u	0,04
٦- زفت + ورق الومنيوم	0,002	0,18
٧- طينة + شبك معدني	0,02	0,9

ونأخذ بعين الاعتبار ما يلي :

من أجل توزيع قسري للهواء في غرفة المركزات فإن :

$$\alpha_i = 10,5\ (W/m^2.K^o)$$

من أجل توزيع ضعيف للهواء في غرفة البرتقال :

$$\alpha_o = 23,3\ (W/m^2.K^o)$$

معامل الانتقال بين غرفة تبريد و غرفة حفظ :

$$k_o = 0,21\ (W/m^2.K^o)$$

نعوض بالعلاقة :

$$\delta_u = 0,04 \times \left\{ \frac{1}{0,26} - \left(\frac{1}{9} + 3 \times \frac{0,02}{0,9} + 2 \times \frac{0,002}{0,18} + \frac{0,7}{0,76} + \frac{1}{10,5} \right) \right\}$$

$$\delta_u = 0,132\ (m) = 13,2\ (cm)$$

سوف نعتمد :

$$\delta_u = 14\ (cm)$$

3ـ الجدران المطلة على الممرات والصالة:

يتألف الجدار من الطبقات التالية :

الطبقة	سماكتها (m)	معامل التوصيل الحراري ($W/m^2.C^o$)
١- طينة	0,02	0,9
٢- بلوك	0,15	0,76
٣- طينة	0,02	0,9
٤- زفت + ورق الومنيوم	0,002	0,18
٥- عازل (ستيروبور)	δ_u	0,04
٦- زفت + ورق الومنيوم	0,002	0,18
٧- طينة + شبك معدني	0,02	0,9

ونأخذ بعين الاعتبار ما يلي :

من أجل توزيع قسري للهواء فإن :

$$\alpha_i = 10,5\ (W/m^2.K^o)$$

من أجل توزيع ضعيف للهواء :

$$\alpha_o = 9\ (W/m^2.K^o)$$

معامل الانتقال بين غرفة تبريد و ممر عند $-20\ C^o$:

$$k_o = 0,28\ (W/m^2.K^o)$$

نعوض بالعلاقة :

$$\delta_u = 0,04 \times \left\{ \frac{1}{0,28} - \left(\frac{1}{9} + 3 \times \frac{0,02}{0,9} + 2 \times \frac{0,002}{0,18} + \frac{0,15}{0,76} + \frac{1}{10,5} \right) \right\}$$

$$\delta_u = 0,123\ (m) = 12,3\ (cm)$$

سوف نعتمد :

$$\delta_u = 13\ (cm)$$

4ـ سقف غرفة المركزات:

يتألف الجدار من الطبقات :

الطبقة	سماكتها (*m*)	معامل التوصيل الحراري ($W/m^2.C^o$)
١- طبقة أسمنتية مسلحة	0,15	1,5
٢- زفت + ورق الومنيوم	0,002	0,18
٣- عازل (ستيروبور)	δ_u	0,04
٤- زفت + ورق الومنيوم	0,002	0,18
٥- طينة + شبك معدني	0,02	0,9

ونأخذ بعين الاعتبار ما يلي :

للسقف :

$$\alpha_i = 6,5\ (W/m^2.K^o)$$

معرض للجو الخارجي :

$$\alpha_o = 23,3\ (W/m^2.K^o)$$

عند درجة حرارة داخلية $-20\ C^o$:

$$k_o = 0,20\ (W/m^2.K^o)$$

نعوض بالعلاقة :

$$\delta_u = 0,04 \times \left\{ \frac{1}{0,20} - \left(\frac{1}{23,3} + 3 \times \frac{0,02}{0,9} + 2 \times \frac{0,002}{0,18} + \frac{0,15}{1,5} + \frac{1}{6,5} \right) \right\}$$

$$\delta_u = 0,186\ (m) = 18,6\ (cm)$$

سوف نعتمد :

$$\delta_u = 19\ (cm)$$

5ـ حساب أرضية غرفة المركزات :

تتألف الأرضية من الطبقات التالية :

الطبقة	سماكتها (m)	معامل التوصيل الحراري ($W/m^2.C^o$)
١- طبقة أسمنتية عادية	0,1	1,2
٢- زفت + ورق الومنيوم	0,002	0,18
٣- عازل (ستيروبور)	δ_u	0,04
٤- زفت + ورق الومنيوم	0,002	0,18
٥- طبقة أسمنتية مسلحة	0,02	1,5

ونأخذ بعين الاعتبار ما يلي :

للأرضية :

$$\alpha_i = 6,5\ (W/m^2.K^o)$$

لعدم وجود أي تبادل حراري :

$$\alpha_o = 0\ (W/m^2.K^o)$$

عند درجة حرارة داخلية $-20\ C^o$:

$$k_o = 0,21\ (W/m^2.K^o)$$

نعوض بالعلاقة :

$$\delta_u = 0,04 \times \left\{ \frac{1}{0,21} - \left(0 + \frac{0,1}{1,2} + 2 \times \frac{0,002}{0,18} + \frac{0,2}{1,5} + \frac{1}{6,5} \right) \right\}$$

$$\delta_u = 0,175\ (m) = 17,5\ (cm)$$

سوف نعتمد :

$$\delta_u = 18\ (cm)$$

إيجاد معاملات الانتقال الحرارية الحقيقية :

1ـ **الجدار الخارجي:**

$$k_d = \frac{1}{\frac{1}{23,3} + 3\times\frac{0,02}{0,9} + 2\times\frac{0,002}{0,18} + \frac{0,35}{0,76} + \frac{0,18}{0,04} + \frac{1}{10,5}}$$

$$k_d = 0,193\ (W/m^2 . K^o)$$

2ـ **الجدار المطل على غرفة البرتقال:**

$$k_d = \frac{1}{\frac{1}{9} + 3\times\frac{0,02}{0,9} + 2\times\frac{0,002}{0,18} + \frac{0,2}{0,76} + \frac{0,14}{0,04} + \frac{1}{10,5}}$$

$$k_d = 0,246\ (W/m^2 . K^o)$$

3ـ **الجدارين المطلان على الممرات والصالة:**

$$k_d = \frac{1}{\frac{1}{9} + 3\times\frac{0,02}{0,9} + 2\times\frac{0,002}{0,18} + \frac{0,15}{0,76} + \frac{0,13}{0,04} + \frac{1}{10,5}}$$

$$k_d = 0,267\ (W/m^2 . K^o)$$

4ـ **سقف غرفة المركزات:**

$$k_d = \frac{1}{\frac{1}{23,3} + \frac{0,02}{0,9} + 2\times\frac{0,002}{0,18} + \frac{0,15}{1,5} + \frac{1}{6,5} + \frac{0,19}{0,04}}$$

$$k_d = 0,196\ (W/m^2 . K^o)$$

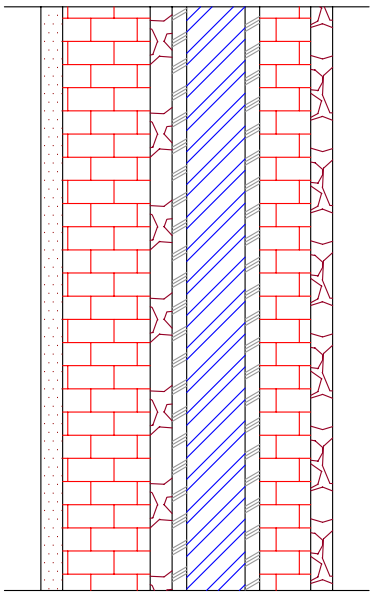
5ـ **حساب أرضية غرفة المركزات:**

$$k_d = \frac{1}{0 + \frac{0,1}{1,2} + 2\times\frac{0,002}{0,18} + \frac{0,2}{1,5} + \frac{1}{6,5} + \frac{0,18}{0,04}}$$

$$k_d = 0,204\ (W/m^2 . K^o)$$

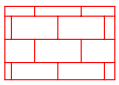
والآن ترتب النتائج السابقة في جدول:

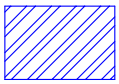
الجدار	δ_u (cm)	k_d $W/m^2.K^o$
الجدار الخارجي	18	0,193
الجدار المطل على غرفة البرتقال	14	0,246
الجداران المطلان على الممر والصالة	13	0,267
السقف	19	0,196
الأرضية	18	0,204



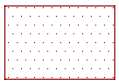
تصميم جدار خارجي

مونة اسمنتية + شبك معدني

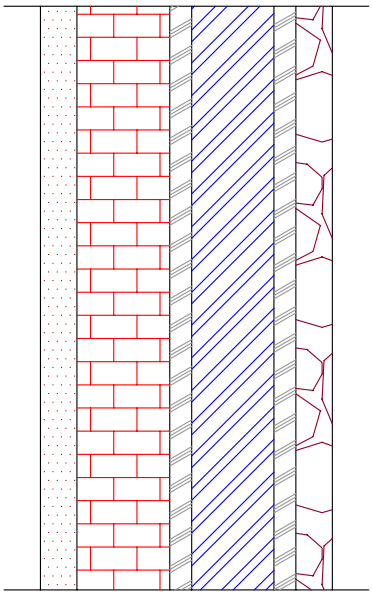

بلوك


عازل حراري

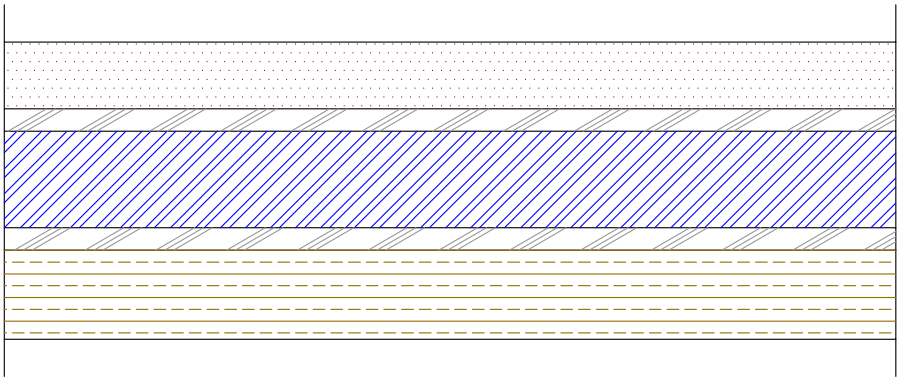
اسفلت + ورق ألمنيوم


طبقة اسمنت عادية

طبقة اسمنت مسلحة



تصميم جدار داخلي



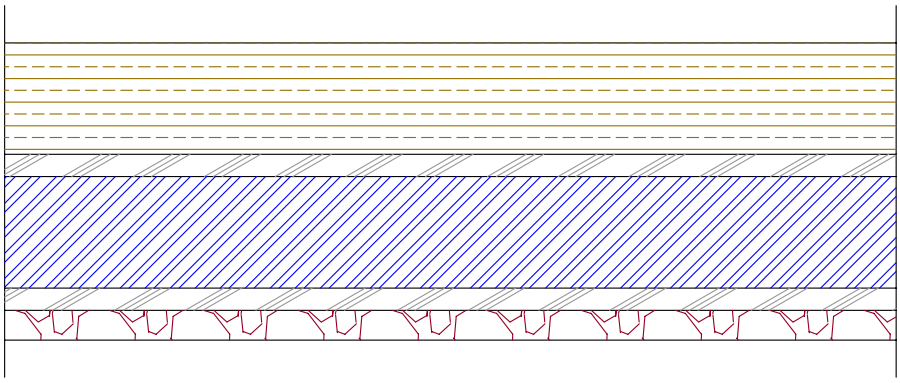
مونة اسمنتية + شبك معدني

بلوك

تصميم الأرضية

عازل حراري

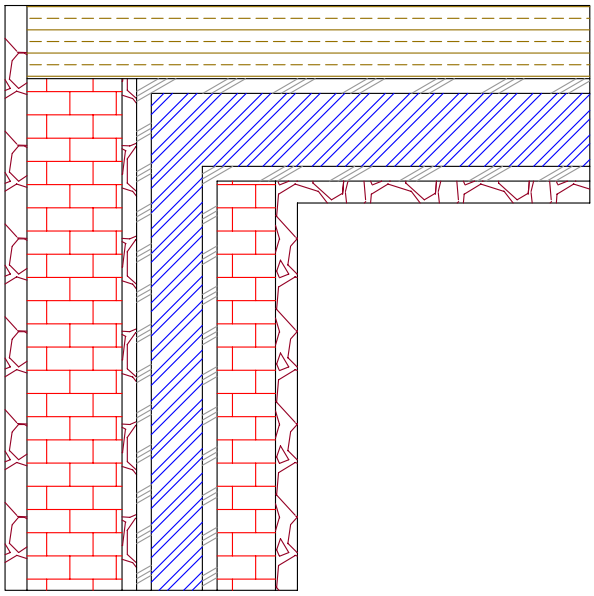
اسفلت + ورق ألمنيوم



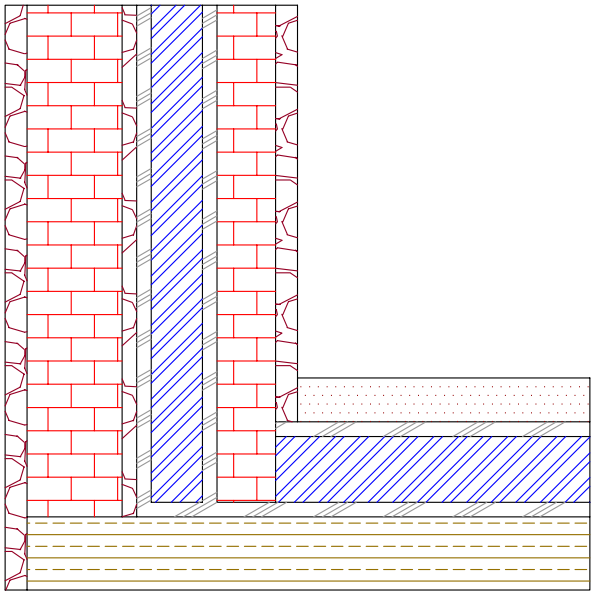
طبقة اسمنت عادية

طبقة اسمنت مسلحة

تصميم السقف

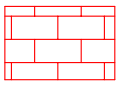


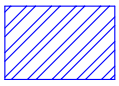
تصميم عزل السقف مع جدار خارجي



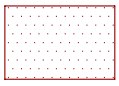
تصميم عزل الأرضية مع جدار خارجي

مونة اسمنتية + شبك معدني

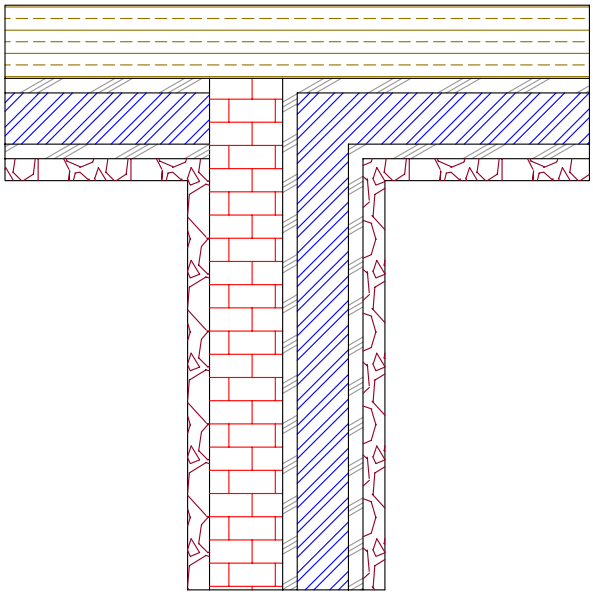

بلوك


عازل حراري

اسفلت + ورق ألمنيوم

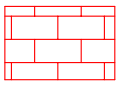

طبقة اسمنت عادية

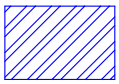
طبقة اسمنت مسلحة



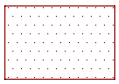
تصميم عزل السقف مع جدار داخلي

مونة اسمنتية + شبك معدني

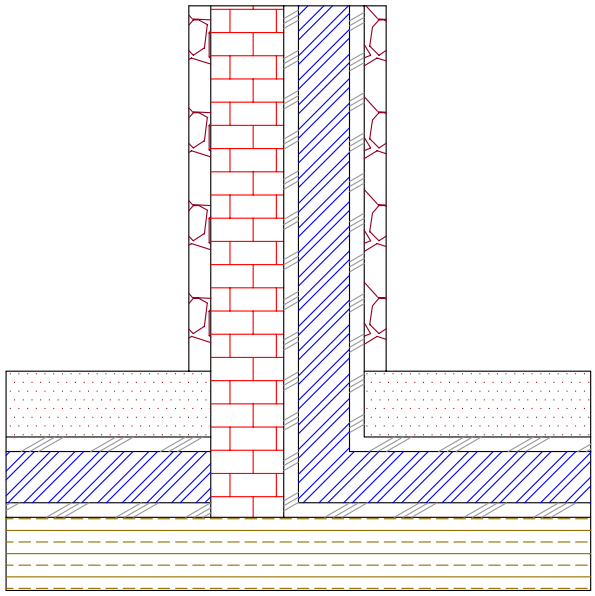

بلوك


عازل حراري

اسفلت + ورق ألمنيوم


طبقة اسمنت عادية

طبقة اسمنت مسلحة



تصميم عزل الأرضية مع جدار داخلي

الفصل الثالث

الحمل الحراري

يعرف الحمل الحراري بأنه كمية من الحرارة التي يجب أن يعطيها وسيط التبريد للحفاظ على درجة حرارة ثابتة داخل الغرفة المبردة ومركبات هذا الحمل الحراري ناتجة عن عدة مصادر هي :

- حمل التسرب خلال الجدران والسقوف والأرض .
- الحمل الحراري الناتج عن الإشعاع الشمسي .
- الحمل الحراري الناتج عن التهوية .
- الحمل الحراري الناتج عن المواد المبردة .
- الأحمال الحرارية الثانوية وهي :

١. الحمل الحراري الناتج عن الإنارة .
٢. الحمل الحراري الناتج عن الأشخاص .
٣. الحمل الحراري الناتج عن آليات النقل .
٤. الحمل الحراري الناتج عن فتح الأبواب .
٥. الحمل الحراري الناتج عن تنفس المواد .
٦. الحمل الحراري الناتج عن المحركات الكهربائية .

ان معرفة القيمة الحقيقية للحمل الحراري تفيدنا في اختيار وتحديد استطاعة الأجهزة اللازمة للتبريد.

وتتغير قيمة الحمل الحراري تبعاً لفصول السنة وتبعاً لكمية المواد الواردة إلى البراد لذلك يجب اختيار أجهزة التبريد بشكل يضمن عمل البراد بشكل جيد وكفاءة عالية حتى في أصعب ظروف العمل التي توافق درجات حرارة عالية للهواء الخارجي وكميات كبيرة من المواد المخزنة لذلك نراعي عند حساب الأحمال الحرارية أن يتم الحساب خلال أشهر الصيف (حزيران ـ تموز ـ آب ـ أيلول) وذلك للحصول على أكبر حمل حراري يمكن أن يقع على البراد .

أولاً : الحمل الحراري الناتج عن تسرب الحرارة عبر الجدران والسقف والأرض :

بسبب فروق درجات الحرارة الداخلية والخارجية يؤدي لنشوء تيار حراري عبر سطوح البراد بما يتناسب مع هذا الفرق حسب العلاقة التالية:

$$Q = K_d \times F \times \Delta T$$

حيث :

Q : كمية الحرارة المتسربة $(Watt)$.

K_d : معامل الانتقال الحراري الكلي للسطوح $(Watt / m^2 . K^o)$

F : مساحة السطح (m^2)

ΔT : الفرق بين درجتي الحرارة الداخلية والخارجية.

اعتبارات الحساب

درجة حرارة الممر تؤخذ حوالي 60 % من درجة حرارة الوسط الخارجي وهذا لأنه يمر بين غرف التبريد وغير معرض لأشعة الشمس مباشرة أي حوالي $23\ C^o$

- في الممر بين غرف التبريد وغرف الإدارة نأخذ درجة الحرارة $30\ C^o$
- درجة الحرارة في غرفة التحضير والتهيئة تؤخذ $30\ C^o$
- درجة الحرارة في غرفة الآلات تؤخذ $33\ C^o$ وذلك لوجود مصادر حرارية إضافية.
- درجة حرارة الأرض في مدينة دمشق هي $19\ C^o$
- درجة حرارة الهواء الخارجي حسب ASHRAE بنظام 1% هي $39\ C^o$

حساب الاحمال الحرارية الناتجة عن التسرب

الغرفة رقم ١ (ليمون)

الجدار	الابعاد (m)	المساحة (m^2)	K_d ($W/m^2.K^o$)	t_{in} (C^o)	t_{out} (C^o)	Δt	Q (W)
الشرقي	12 × 6	72	0,494	4	30	26	924,8
الشمالي	18 × 6	108	0,494	4	30	26	1387,2
الغربي	12 × 6	72	0,576	4	4	0	0
الجنوبي	18 × 6	108	0,494	4	23	19	1013,7
السقف	18 × 12	216	0,301	4	39	35	2275,6
الارض	18 × 12	216	0,378	4	19	15	1224,7
المجموع							6826

الغرفة رقم ٢ (ليمون)

الجدار	الابعاد (m)	المساحة (m^2)	K_d ($W/m^2.K^o$)	t_{in} (C^o)	t_{out} (C^o)	Δt	Q (W)
الشرقي	12 × 6	72	0,576	4	4	0	0
الشمالي	18 × 6	108	0,494	4	30	26	1387,2
الغربي	12 × 6	72	0,576	4	4	0	0
الجنوبي	18 × 6	108	0,494	4	23	19	1013,7
السقف	18 × 12	216	0,301	4	39	35	2275,6
الارض	18 × 12	216	0,378	4	19	15	1224,7
المجموع							5901,2

الغرفة رقم ٣ (غريفون)

الجدار	الابعاد (m)	المساحة (m^2)	K_d ($W/m^2.K^o$)	t_{in} (C^o)	t_{out} (C^o)	Δt	Q (W)
الشرقي	12 × 6	72	0,576	4	4	0	0
الشمالي	18 × 6	108	0,494	4	33	29	1547,2
الغربي	12 × 6	72	0,576	4	4	0	0
الجنوبي	18 × 6	108	0,494	4	23	19	1013,7
السقف	18 × 12	216	0,301	4	39	35	2275,6
الارض	18 × 12	216	0,378	4	19	15	1224,7
المجموع							6061,2

الغرفة رقم ٤ (غريفون)

الجدار	الابعاد (m)	المساحة (m^2)	K_d ($W/m^2.K^o$)	t_{in} (C^o)	t_{out} (C^o)	Δt	Q (W)
الشرقي	12 × 6	72	0,576	4	4	0	0
الشمالي	18 × 6	108	0,494	4	33	29	1547,2
الغربي	12 × 6	72	0,494	4	30	26	924,8
الجنوبي	18 × 6	108	0,494	4	23	19	1013,7
السقف	18 × 12	216	0,301	4	39	35	2275,6
الارض	18 × 12	216	0,376	4	19	15	1224,7
المجموع							6986

الغرفة رقم ٥ (برتقال)

الجدار	الابعاد (m)	المساحة (m^2)	K_d ($W/m^2.K^o$)	t_{in} (C^o)	t_{out} (C^o)	Δt	Q (W)
الشرقي	12 × 6	72	0,576	4	4	0	0
الشمالي	18 × 6	108	0,494	4	23	19	1013,7
الغربي	12 × 6	72	0,494	4	30	26	924,8
الجنوبي	18 × 6	108	0,339	4	39	35	1281,4
السقف	18 × 12	216	0,301	4	39	35	2275,6
الارض	18 × 12	216	0,378	4	19	15	1224,7
المجموع							6720,2

الغرفة رقم ٦ (برتقال)

الجدار	الابعاد (m)	المساحة (m^2)	K_d ($W/m^2.K^o$)	t_{in} (C^o)	t_{out} (C^o)	Δt	Q (W)
الشرقي	12 × 6	72	0,576	4	4	0	0
الشمالي	18 × 6	108	0,494	4	23	19	1013,7
الغربي	12 × 6	72	0,576	4	30	0	0
الجنوبي	18 × 6	108	0,339	4	39	35	1281,4
السقف	18 × 12	216	0,301	4	39	35	2275,6
الارض	18 × 12	216	0,378	4	19	15	1224,7
المجموع							5795,4

الغرفة رقم V (برتقال)

الجدار	الابعاد (m)	المساحة (m^2)	K_d ($W/m^2.K^o$)	t_{in} (C^o)	t_{out} (C^o)	Δt	Q (W)
الشرقي	12 × 6	72	0,576	4	-20	-24	-425,1
الشمالي	18 × 6	108	0,494	4	23	19	1013,7
الغربي	12 × 6	72	0,576	4	4	0	0
الجنوبي	18 × 6	108	0,339	4	39	35	1281,4
السقف	18 × 12	216	0,301	4	39	35	2275,6
الارض	18 × 12	216	0,378	4	19	15	1224,7
المجموع							5370,3

الغرفة رقم Λ (مركزات)

الجدار	الابعاد (m)	المساحة (m^2)	K_d ($W/m^2.K^o$)	t_{in} (C^o)	t_{out} (C^o)	Δt	Q (W)
الشرقي	12 × 6	72	0,267	-20	30	50	961,2
الشمالي	24 × 6	144	0,267	-20	23	43	1653,3
الغربي	12 × 6	72	0,246	-20	4	24	425,1
الجنوبي	24 × 6	144	0,193	-20	39	59	1637,8
السقف	24 × 12	288	0,196	-20	39	59	3330,4
الارض	24 × 12	288	0,204	-20	19	39	2291,3
المجموع							10299,1

ثانياً: حساب الحمل الحراري الناتج عن الإشعاع الشمسي :

ينتج هذا الحمل نتيجة لسقوط أشعة الشمس على السطوح الخارجي للبراد مما يؤدي إلى زيادة تسخين هذه السطوح عند درجة حرارة الجو المحيط.

يتم حساب هذا الحمل من العلاقة:

$$Q = K_d \times F \times \Delta t_s$$

Q : كمية الحرارة المتسربة $(Watt)$.

K_d : معامل الانتقال الحراري الكلي للسطح $(Watt / m^2 . K^o)$

F : مساحة السطح (m^2)

Δt_s : فرق درجات الحرارة الناتج عن الإشعاع الشمسي ويؤخذ من الجدول التالي:

فرق درجات الحرارة الشمسي حسب توجيه السطح C^o									
ج	ج شرق	ج غ	شرق	غ	ش شرق	ش غ	ش		
40	50	60	من 40 حتى 60					خـــط العرض	
5,9	8	9,8	8,8	10	9,8	11,7	5,1	5,6	0	جدار بيتوني
6,6	9,1	11	9,9	11,3	11	13,2	5,8	6,3	0	جدار آجري
3,6	4,9	6	4,5	6,1	6	7,2	3,2	3,5	0	جدار مبيض بالكلس أو بطينة ملونة
5,1	7,1	8,5	7,7	8,8	8,5	10,2	4,5	4,9	0	جدار بطينة من رمل داكن اللون
2,3	3,2	3,9	3,5	4	3,9	4,7	2	2,2	0	جدار مليس بسيراميك أبيض
لايتعلق بخط العرض والتوجيه										غطاء مسطح (السطح) :
18,5										سطح مع ورق قطراني أو اسفلت
17,5										سطح مع روبيرويد داكن اللون
14,9										سطح مع روبيرويد فاتح اللون
16,5										سطح مع ردم ترابي

بالنسبة للسقف:

للسقف بدون دهان (لون قاتم) : $t_s = 17,9\ C^o$

دهان فاتح: $t_s = 14,9\ C^o$

مع أسفلت: $t_s = 18,5\ C^o$

نختار سقف مدهون بدهان أبيض فاتح ومنه يكون $t_s = 14,9\ C^o$

كذلك نختار الجدران مبيضة بالكلس أو بطينة ملونة

تحديد : $Q_I = Q_I' + \sum Q_I''$

حيث :

Q_I' : الحمل الحراري الناتج عن التسرب عبر الجدران والسقف والارض .

Q_I'' : الحمل الحراري الناتج عن الاشعاع الشمسي .

رقم الغرفة	السطح	المساحة (m^2)	K_d ($W/m^2.K^o$)	Δt_s (C^o)	Q_I'' (W)	$\sum Q_I''$ (W)	Q_I' (W)	Q_I (W)
1	سقف	216	0,301	14,9	968,7	968,7	6826	7794,7
2	سقف	216	0,301	14,9	968,7	968,7	5901,2	6869,9
3	سقف	216	0,301	14,9	968,7	968,7	6061,2	7029,9
4	سقف	216	0,301	14,9	968,7	968,7	6986	7954,7
5	سقف	216	0,301	14,9	968,7	1100,5	6720,2	7820,7
	جدار جنوبي	108	0,339	3,6	131,8			
6	سقف	216	0,301	14,9	968,7	1100,5	5795,4	6895,9
	جدار جنوبي	108	0,339	3,6	131,8			
7	سقف	216	0,301	14,9	968,7	1100,5	5370,3	6470,8
	جدار جنوبي	108	0,339	3,6	131,8			
8	سقف	288	0,196	14,9	841,1	941,2	10299,1	11240,3
	جدار جنوبي	144	0,193	3,6	100,5			

ثالثاً: الحمل الحراري من جراء تهوية غرفة التبريد:

يحسب من العلاقة:

$$Q = M_o\,(i_1 - i_2)$$

حيث:

M_o : كمية الهواء الخارجي النقية اللازمة (Kg/s)

i_1 : الإنتالبي النوعي للهواء الخارجي (j/Kg)

i_2 : الإنتالبي النوعي للهواء الداخلي (j/Kg)

نحسب كمية الهواء المصروفة من أجل التهوية من العلاقة:

$$M_o = \frac{v \times a \times \rho}{24 \times 3600}$$

v : حجم الغرفة (m^3).

a : عدد مرات تبديل الهواء باليوم.

ρ : كثافة الهواء عند درجة الحرارة الداخلية والرطوبة النسبية الداخلية.

نعتبر عدد مرات تهوية $a = 4$

من المخطط السايكومتري للهواء وبمعرفة درجة الحرارة الداخلية والرطوبة النسبية الداخلية نحصل على كثافة الهواء الداخلية والإنتالبي:

$$t_2 = 4\ C^o \quad , \quad \varphi_2 = 90\ \%$$
$$\rho = 1{,}263\ (Kg/m^3) \quad , \quad i_2 = 15{,}35\ (Kj/Kg)$$

ونحسب إنتالبي الهواء الخارجي بنفس الطريقة:

$$t_{1d} = 39\ C^o \quad , \quad t_{1w} = 26\ C^o$$
$$i_1 = 80\ (Kj/Kg)$$

وبالتالي نحسب الحمل الحراري الناتج عن التهوية لكل غرفة:

$$Q = \frac{1296 \times 4 \times 1{,}263}{24 \times 3600} \times (80 - 15{,}35)$$

$$Q = 4{,}899\ (KW)$$

ملاحظة : الحمل الحراري الناتج عن تهوية غرفة تجميد المركزات معدوم لعدم الحاجة لتهوية الغرفة.

رابعاً: الأحمال الحرارية الناتجة عن المعالجة التبريدية للمواد :

I ـ من أجل غرف الحمضيات:

أ- إن كمية الحرارة المطروحة أثناء التبريد تعطى بالعلاقة:

$$Q = \frac{M_k \times \Delta i \times 1000}{\tau \times 3600}$$

حيث:

M_k : الإدخالات اليومية من المواد للبراد وهي تساوي حوالي 10% من سعة البراد الكلية:

$$M_k = \frac{10}{100} \times 1575 = 157{,}5(Ton)$$

Δi : فرق الإنتالبي بين الدخول والخروج.

τ : الفترة اللازمة لتبريد الحمضيات مقدرة بالساعة وتعتبر 20 ساعة للحمضيات.

نحسب فرق الإنتالبي بين الدخول والخروج وذلك بمعرفة درجة حرارة الحمضيات داخل وخارج البراد.

درجة حرارة الحمضيات خارج البراد: $t_{out} = 15\ C^o$

درجة حرارة الحمضيات داخل البراد: $t_{in} = 4\ C^o$

$$t = 4\ C^o \rightarrow i = 286{,}7\ (Kj/Kg)$$
$$t = 15\ C^o \rightarrow i = 328\ (Kj/Kg)$$

$$Q = \frac{157{,}5 \times (328 - 286{,}7) \times 1000}{20 \times 3600} = 90{,}34(KW)$$

لكل غرف الحمضيات.

ومن أجل غرفة واحدة من غرف الحمضيات :

$$Q = \frac{90{,}34}{7} = 12{,}9(KW)$$

ب- الحمل الحراري الناتج عن المعالجة التبريدية للصناديق البلاستيكية:

من العلاقة:

$$Q = \frac{M_t \times C_t (t_1 - t_2) \times 1000}{\tau \times 3600}$$

حيث:

M_t : وزن الصناديق البلاستيكية المدخلة يوميا وتحسب كالتالي :

الادخالات اليومية للبراد من الحمضيات $157,5\ Ton$

عدد الصناديق اللازمة : $(157,5 \times 10^3) \div 25 = 6300$

وزن الصناديق : $M_t = 6300 \times 1,7 = 10710\ Kg = 10,71\ Ton$

C_t : السعة الحرارية النوعية لمادة الصناديق ويعطى من الجدول اللاحق .

من أجل صناديق بلاستيكية فإن :

$$C_t = 835\ (j/Kg.C^o)$$

السعة الحرارية النوعية لبعض المواد المستخدمة في التخزين

نوع المادة	السعة الحرارية النوعية $(j / Kg.C^o)$
خشب	2386
كرتون	1460
معدن رقيق	460
بلاستيك	835

بالتعويض :

$$Q = \frac{10,71 \times 835 \times (15-4) \times 1000}{20 \times 3600} = 1366,3(Watt) = 1,3663(KW)$$

جـ ـ الحمل الحرارى الناتج عن المعالجة التبريدية للطبليات الخشبية:

من أجل غرف الحمضيات عدد الصناديق المدخلة يوميا : 6300 صندوق .

عدد الطبليات اللازمة : $6300 \div 18 = 350$

بالتالي وزن الطبليات الخشبية المدخلة يوميا لكل غرف البراد :

$$M_t = 350 \times 22 = 7700\ (Kg)$$

نحسب الحمل الحراري :

لكل الغرف

$$Q = \frac{7700 \times 2386 \times (15-4)}{20 \times 3600} = 2806{,}86(Watt)$$

للغرفة الواحدة

$$Q = 400{,}98\ (Watt)$$

II- من أجل غرفة المركزات:

أ - إن كمية الحرارة المطروحة أثناء التبريد تعطى بالعلاقة:

$$Q = \frac{M_k \times \Delta i \times 1000}{\tau \times 3600} = \frac{M_k \times C_t \times \Delta t \times 1000}{\tau \times 3600}$$

الإدخالات اليومية من المواد للبراد وهي تساوي 10 % من سعة البراد الكلية :

$$M_k = \frac{10}{100} \times 800 = 80(Ton)$$

ومن مرجع ASHRAE للتبريد نجد أن الحرارة النوعية لمركزات الفواكه ذات البركس (60 ÷ 65) هي :

$$C_t = 2{,}85\ (Kj / Kg\ .\ C^o)$$

بالتعويض :

$$Q = \frac{80 \times 2{,}85 \times [15 - (-20)] \times 1000}{48 \times 3600} = 46{,}18(KW)$$

ب- الحمل الحرارى الناتج عن المعالجة التبريدية للبراميل البلاستيكية:

$$Q = \frac{M_t \times C_t (t_1 - t_2) \times 1000}{\tau \times 3600}$$

M_t: تحسب كالتالي :

وزن المكثفات المدخلة يوميا : $80\ Ton$

عدد البراميل اللازمة : $= 80 \times 10^3 \div 250 = 320$

$$M_t = 320 \times 18 = 5760\ (Kg) = 5{,}76\ (Ton)$$

وللبلاستيك يكون $C_t = 835\ (j/Kg.C^o)$ نعوض فنجد:

$$Q = \frac{5{,}76 \times 835 \times [15 - (-20)] \times 1000}{48 \times 3600} = 974{,}167(Watt)$$

جـ ـ الحمل الحرارى الناتج عن المعالجة التبريدية للطبليات الخشبية من أجل غرفة المركزات

عدد الطبليات اللازمة من أجل 320 برميل مدخلة الى البراد يوميا هي : $320 \div 4 = 80$

وزن الطبلية الواحدة $35\ (Kg)$.

بالتالي :

$$M_t = 35 \times 80 = 2800\ (Kg) = 2{,}8\ (Ton)$$

وللخشب :

$$C_t = 2386\ (j/Kg.C^o)$$

فيكون :

$$Q = \frac{2{,}8 \times 2383 \times [15 - (-20)] \times 1000}{48 \times 3600} = 1351{,}47(Watt) = 1{,}352(KW)$$

خامساً: حساب الأحمال الحرارية الثانوية :

وتشتمل على :

- حمل الإنارة. Q_a
- حمل الأشخاص. Q_b
- حمل آليات النقل. Q_c
- الحمل الناتج عن فتح الأبواب. Q_d
- الحمل الناتج عن تنفس المواد. Q_e
- الحمل الناتج عن المحركات الكهربائية . Q_f

١ ـ حمل الإنارة:

يحسب من العلاقة :

$$Q_a = A \times F$$

A : كمية الحرارة المطروحة من قبل الإنارة في واحدة الزمن على $1m^2$ من مساحة الأرض وتعتبر

$$A = 1,2 \ (Watt / m^2)$$

F : مساحة الأرض .

$$F = 12 \times 18 = 216 \ (m^2)$$

بالتعويض :

$$Q_a = 1,2 \times 216 = 259,2 \ (Watt)$$

للغرفة الواحدة من غرف الحمضيات.

من أجل غرفة المركزات وباعتبار أن درجة حرارة غرفة المركزات هي $-20\ C^o$ (غرفة تجميد) فان :

$$A = 4,5 \ (Watt/m^2)$$

بالتعويض :

$$Q_a = 4,5 \times 288 = 1296 \ (Watt)$$

٢ـ حمل الأشخاص:

$$Q_b = 350 \times n$$

حيث $350\ (Watt)$ هي الحمل الذي يطلقه العامل أثناء العمل الشديد .

وباعتبار أن مساحة جميع الغرف هي أكبر من $200(m^2)$ فإننا يمكن أن نعتبر عدد العاملين في كل غرفة أربعة أشخاص.

بالتالي لكل غرفة :

$$Q_b = 350 \times 4 = 1400\ (Watt)$$

٣ـ حمل آليات النقل:

إن الهدف من وجود الآليات ضمن البراد هي تسهيل العمل من حيث إدخال وإخراج المواد المحفوظة.

الآليات المستخدمة ضمن البراد هي رافعة شوكية لها استطاعة تقدر بحوالي $5(HP)$.

ومن جداول دنهام بوش نجد أن الرافعة الشوكية الواحدة تعطي $3100(Btu/HP)$.

والرافعة تعمل مدة أربع ساعات خلال الأربع وعشرين ساعة بالتالي :

$$Q_c = 5 \times 3100 \times 4 \times 0{,}2931 = 757{,}175\ (Watt)$$

٤ـ الحمل الناتج عن فتح الأبواب:

$$Q_d = B \times F$$

B : التسرب الحراري النوعي خلال الأبواب $(Watt/m^2)$

F : مساحة التبريد (المساحة الكلية للبراد) (m^2)

نعين قيمة الحمل الحراري النوعي المتسرب خلال الأبواب أثناء فتحها من الجدول لغرف الحمضيات

نعتبر : $B = 10\ (Watt/m^2)$

$$Q_d = 10 \times 216 = 2160\ (Watt)$$

لغرفة المركزات نعتبر : $B = 8\ (Watt/m^2)$

$$Q_d = 8 \times 288 = 2304\ (Watt)$$

٥ـ الحمل الناتج عن تنفس المواد:

خلال فترة التخزين تتابع الفواكه حياتها الفيزيولوجية وتقوم بعمليات التنفس الطبيعي مما يؤدي إلى نشر كمية من الحرارة في غرفة التبريد وتحسب كمية الحرارة هذه من العلاقة التالية :

$$Q_e = E_k \, (\, 0{,}1 \times q_1 + 0{,}9 \times q_2 \,)$$

حيث:

Ek : سعة غرفة التبريد.

q_1 : كمية الحرارة التي تطرحها المواد عند دخولها $(Watt / Ton)$

q_2 : كمية الحرارة التي تطرحها المواد عند تبريدها $(Watt / Ton)$

ويتم الحصول على قيم $(q_1 \, , \, q_2)$ من الجدول حسب نوع المادة ودرجة حرارتها حيث نجد أنه :

للبرتقال والكريفون :

$$t_1 = 15 \, C^o \rightarrow \; q_1 = 56 \; (Watt / Ton \,)$$

$$t_2 = 4 \, C^o \rightarrow \; q_2 = 17 \; (Watt / Ton \,)$$

لليمون:

$$t_1 = 15 \, C^o \rightarrow \; q_1 = 46 \; (Watt / Ton \,)$$

$$t_2 = 4 \, C^o \rightarrow \; q_2 = 17{,}67 \; (Watt / Ton \,)$$

للبرتقال والكريفون:

$$Q_e = 225 \, (\, 0{,}1 \times 56 + 0{,}9 \times 17 \,) = 4702{,}5 \; (Watt \,)$$

لليمون:

$$Q_e = 225 \, (\, 0{,}1 \times 46 + 0{,}9 \times 17{,}67 \,) = 4613{,}175 \; (Watt \,)$$

كمية الحرارة المطروحة الناتجة عن تنفس المواد ($Watt/Ton$) عند درجات حرارة مختلفة

المادة	درجة الحرارة C^{O}				
	0	***2***	***5***	***15***	***20***
مشمش	18	27	50	154	199
ليمون	9	13	20	46	58
برتقال	11	13	19	56	69
اجاص	11	22	41	126	218
تفاح	11	14	21	58	73
عنب	9	17	24	49	78
خيار	20	24	34	121	175
خضار	83	119	199	524	900

٦ ـ حمل المحركات الكهربائية:

ويحسب من العلاقة:

$$Q_f = 1000 \times N_e$$

حيث :

N_e : استطاعة المحركات العاملة في الغرفة وتحدد بشكل تقريبي من الجدول:

	N_e (KW)
غرف حفظ المواد المبردة مسبقاً	1 ÷ 4
غرف التبريد	3 ÷ 8
غرف التجميد	8 ÷ 16

نختار لغرف تبريد الحمضيات :

$$N_e = 8 \ (KW)$$

ولغرفة حفظ مركزات الفواكه :

$$N_e = 16 \ (KW)$$

	الاحمال الحرارية الرئيسية				الاحمال الحرارية الثانوية (الناتجة عن الظروف الاستثمارية)						مجموع الاحمال لكل غرفة
	التسرب (Watt)	الشمسي (Watt)	التهوية (Watt)	المعالجة التبريدية للمواد (Watt)	التنفس (Watt)	الانارة (Watt)	الاشخاص (Watt)	الرافعة الشوكية (Watt)	فتح الابواب (Watt)	المحركات الكهربائية (Watt)	(Watt)
١	6826	968,7	4899	13496,2	4613,175	259,2	1400	757,175	2160	8000	43379,45
٢	5901,2	968,7	4899	13496,2	4613,175	259,2	1400	757,175	2160	8000	42454,65
٣	6061,2	968,7	4899	13496,2	4702,5	259,2	1400	757,175	2160	8000	42703,975
٤	6986	968,7	4899	13496,2	4702,5	259,2	1400	757,175	2160	8000	43628,775
٥	6720,2	1100,5	4899	13496,2	4702,5	259,2	1400	757,175	2160	8000	43494,775
٦	5795,4	1100,5	4899	13496,2	4702,5	259,2	1400	757,175	2160	8000	42569,975
٧	5370,3	1100,5	4899	13496,2	4702,5	259,2	1400	757,175	2160	8000	42144,875
مجموع احمال غرف الحمضيات	43660,3	7176,3	34293	94473,4	32738,85	1814,4	9800	5300,225	15120	56000	300376,475
غرفة المركزات	10360,5	944,8	0	48506,167	0	1296	1400	757,175	2304	16000	81568,642

الباب الرابع

الفصل الأول

طرق التبريد

مفهوم التبريد:

يعرف التبريد بأنه عملية نزع الحرارة من جسم درجة حرارته أقل من درجة حرارة الوسط المحيط. أو المحافظة على درجة حرارة الجسم بدرجة حرارة أقل من درجة حرارة الوسط المحيط.

نلاحظ أن عملية التبريد تتطلب نقل الحرارة من مستوى أدنى إلى مستوى أعلى وحسب القانون الثاني في الترموديناميك لا يمكن أن تتم هذه العملية بدون صرف قدرة أو طاقة.

إن حادثة التبريد ترتبط ارتباطا وثيقاً بعملية التبادل الحراري حيث تتم بمشاركة ما لا يقل عن جسمين : الجسم المعطي للحرارة والجسم الآخذ للحرارة. حيث يسمى الجسم الآخذ للحرارة بالمادة العاملة أو وسيط التبريد.

وتسمى كمية الحرارة التي يمتصها وسيط التبريد بالإنتاج التبريدي أو القدرة التبريدية الفعالة وتقدر عادة بواحدات القدرة مثل الكالوري أو الواط، وعلى سبيل المثال تساوي قيمة الإنتاج التبريدي لواحدة كتلة الجليد المائي عند درجة حرارة الصفر المئوي إلى ($Kcal/Kg$) 80 ، والتي تعادل الحرارة اللازمة لذوبانه عند نفس الدرجة.

طرق تحقيق عملية التبريد :

١ـ الطريقة الطبيعية:

تتم عملية التبريد بشكل كامل باستخدام مخزون لا نهائي من البرد الطبيعي (الجليد).

٢ـ الطريقة الصناعية :

تعتمد هذه الطريقة على تحقيق عملية التبريد باستخدام كمية محدودة من وسيط التبريد حيث يقوم وسيط التبريد بامتصاص الحرارة من الوسط المبرد ثم يطرحها إلى الوسط الخارجي. وبعد ذلك تتم إعادة وسيط التبريد إلى حالته الأولى التي مكنته من امتصاص الحرارة.

الطرق الفيزيائية المولدة للبرودة :

١- التحولات الطورية التي يرافقها امتصاص الحرارة مثل: الذوبان - التبخر - انحلال الأملاح في السوائل - التصعيد.

٢- تمدد الغازات (مع الحصول على عمل خارجي) حيث يعطي تمدد الغازات انخفاض في درجة الحرارة.

٣- *الخنق* : (فعالية جول - طومسون). ويتم أثناء مرور السوائل أو الغازات من خلال تضيقات فينخفض ضغطها مما يؤدي إلى انخفاض درجة حرارتها.

٤- *الإعصار في الأنابيب* : عند تمرير هواء مضغوط بحركات إعصارية ضمن أنبوب يحوي ثقب نفاث نجد أن الهواء الذي يمر عبر الثقب تنخفض درجة حرارته بينما ترتفع درجة حرارة الجزء المرتد عن الثقب وكلما ازدادت كمية الهواء كلما انخفضت درجة حرارتها.

٥- *الفعالية الكهر حرارية* (فعالية بالت) :

وتعتمد على مبدأ المزدوجة الحرارية فعند مرور التيار الكهربائي تكون إحدى الجهات ساخنة والأخرى باردة.

٦- إزالة مغنطة الأجسام الصلبة (الفعالية المغناطيسية الحرارية) وهي طريقة نظرية غير مستخدمة.

طرق التبريد:

يوجد أربع طرق أساسية للتبريد وهي:

١- التبريد بفعل التبخر وهو أكثر الطرق انتشاراً.

٢- التبريد بفعل انفلات الغاز.

٣- التبريد بفعل المزدوجة الكهرحرارية.

٤- التبريد المغناطيسي.

استعمالات التبريد:

للتبريد استخدامات عديدة منها:

١- التبريد في المنازل.

٢- التبريد في الأماكن التجارية.

٣- التبريد الصناعي.

٤- التبريد في السفن (التبريد البحري).

٥- التبريد من أجل تكييف الهواء لراحة الإنسان.

٦- التبريد من أجل تكييف الهواء في الصناعة.

وقد برزت في السنوات الأخيرة أهمية التبريد الصناعي نظراً لاستخدام التبريد في عمليات حفظ الأغذية من التلف وذلك لتلافي حدوث كوارث اقتصادية من جهة وإمكانية حفظ المواد الغذائية وهي بكامل جودتها وقيمتها الغذائية من جهة أخرى.

أنواع البرادات وتقسيماتها:

١- تقسم البرادات من حيث حجمها إلى ثلاثة أقسام:

- البرادات الصغيرة حتى 500 *Ton* .
- البرادات المتوسطة حتى 5000 *Ton* .
- البرادات الكبيرة فوق 5000 *Ton* .

٢- ويمكن تقسيم البرادات من حيث كمية المواد التي تدخل إلى البراد كل ٢٤ ساعة:

- الصغيرة : حتى 20 *Ton*
- المتوسطة : حتى 100 *Ton*
- الكبيرة : حتى 200 *Ton*

٣- تقسم البرادات بحسب هيكلها الإنشائي إلى:

- برادات وحيدة الطابق .
- برادات متعددة الطوابق .

وتعتبر البرادات وحيدة الطابق أفضل من البرادات متعددة الطوابق وذلك لقدرتها على تحمل كمية أكبر من الأحمال ولقلة الجسور والأعمدة الإنشائية فيها مما يمكن من تحقيق استفادة أكبر من مساحة الغرفة والتخفيض من تكاليف البناء وكذلك تأمين تفريغ الغرف أو شحنها بصورة أسهل وأسرع.

السيئة الأساسية لهذه البرادات هي اتساع المساحة الأرضية اللازمة لإنشاء البراد وبالتالي ارتفاع رأس المال المخصص لشراء الأرض.

٤- تقسيم البرادات بحسب نوع استخدامها :

- *البرادات الإنتاجية* : تبنى بالقرب من مركز الإنتاج الغذائي والصناعات الغذائية وتستخدم للحفظ القصير والمتوسط.
- *البرادات المركزية* : تستخدم لحفظ المواد الآتية من البرادات الإنتاجية وتبنى للحفظ الطويل وتكون هذه البرادات كبيرة الحجم وفيها درجة حرارة معينة ورطوبة ثابتة دوماً.
- *برادات المرافئ* : تستخدم للحفظ السريع وتجهز بتقنية عالية بحيث تؤمن الشحن والتفريغ السريع.
- *البرادات التوزيعية* : تبنى في المدن والمراكز الصناعية وغالباً ما تنتج الثلج والجليد وتسمى مجمعات التبريد.
- *برادات الشحن* : تبنى هذه البرادات في البواخر والقطارات والسيارات ويشترط أنه يكون عامل أمان التشغيل فيها مرتفع.
- *البرادات التجارية* : تستعمل لحفظ الأغذية للأغراض التجارية في المطاعم والفنادق.
- *البرادات المنزلية* : تستخدم في المنازل كبرادات أو مجمدات وتكون صغير الحجم وذات استطاعة محدودة.

الخواص المميزة للبرادات :

١- الحفاظ على درجة حرارة أخفض من درجة حرارة الوسط المحيط.

٢- الحفاظ على نسبة الرطوبة الملائمة للحفظ.

٣- نزع الحرارة من المواد المراد تبريدها.

٤- إمكانية التفريغ والتخزين بأسرع ما يمكن.

٥- تأمين الصيانة المستمرة للبراد.

برادات حفظ الفواكه والخضار :

تعتبر هذه البرادات مؤسسات قائمة بذاتها وهي جزء من مراكز حفظ الخضار والفواكه ويمكن وضع هذه البرادات في مناطق التموين أو مناطق الاستهلاك، يشترط في برادات حفظ الفواكه والخضار أن تحتوي على الأشياء التالية:

١- غرف لتخزين الفواكه والخضار.

٢- أماكن لمعالجة السلع (كالفرز والتعبئة).

٣- أقسام الاستلام والتسليم.

يعتبر التخزين في وسط غازي منظم تطوراً لاحقاً لطريقة التخزين البارد للفواكه فإنه مع حفاظه على محدد للحرارة والرطوبة يحافظ على تركيز معين للأوكسجين وغاز الفحم والآزوت لتشكيل تركيب غازي محدد في الغرف تستعمل أجهزة خاصة لتوليد الغاز وذلك بحرق الغاز الطبيعي.

يمكن أن يكون التركيب الغازي الضروري متشكلاً بطريقة بيولوجية على حساب النشاط الطبيعي الحيوي (البيولوجي) للفواكه. في هذه الطريقة تستعمل أجهزة تنقية لامتصاص الفائض من غاز الفحم وفي الغرف ذات الوسط الغازي المنظم يجب أن تتخذ إجراءات احتياطية كافية لمنع حدوث تسرب غازي.

إن نظام تبريد الغرف ذات الوسط الغازي المنظم هو تبريد بالهواء وفيه يتم توزيع الهواء بدون مجاري أو أقنية. وحجم الغرف المقترح بين m^3 (800-1200) أما الاستهلاك المبدئي للبرودة فهو $35\ Watt/m^3$.

الفصل الثاني

وسائط التبريد

REFRIGERANTS

مقدمة :

وسيط التبريد هو المادة التي تمتص الحرارة أثناء عملية التبخر عند درجة حرارة وضغط منخفضين ويطرح هذه الحرارة أثناء عملية التكاثف عند درجة حرارة وضغط مرتفعين، ويقوم بهذه الوظيفة بشكل دائم في دارة التبريد، ويجب أن يتحقق فيه صفات ترموديناميكية وفيزيائية وصفات أمان بحيث يكون استعماله اقتصادياً ومأموناً، وتأتي خاصة عدم التأثير على البيئة بالمرتبة الأولى عند اختيار وسيط التبريد لاستخدامه، لان انطلاق وسائط التبريد في الجو يؤدي إلى تخريب طبقة الأوزون وبالتالي تهديد حياة جميع الكائنات الحية على سطح الكرة الأرضية وفق ما تشير فرضية العالمين موليتا ورولاند (١٩٧٧) إلى أن انطلاق مركبات كلور وفلور والكربون (مثل الفريون R_{12} R_{11} R_{13}..الخ) في طبقات الجو يؤدي إلى تآكل طبقة الأوزون، إن اختيار وسيط التبريد المناسب يعتمد بالدرجة الأولى على الخواص التي تؤدي إلى التقليل من الوزن والإبعاد والكلفة الأولية لإجهزة التبريد التي تسمح بالتشغيل الآلي مع أقل ما يمكن من أعمال الصيانة إن المجالات التي تستخدم المركبات السابقة هي :

١- هندسة التبريد (وسائط التبريد كالفريونات).

٢- صناعة السبراي (العطورات مثلاً).

٣- صناعة المواد البلاستيكية الرغوية (مثل العوازل) واللينة (مثل أوراق التغليف السميكة).

٤- صناعة الإلكترونيات.

في آلة التبريد يجب مراعاة صفات الأمان التالية :

١- ليس له أي تأثير ضار على طبقة الأوزون (ODP=0)،

(DEPLETION POTENTIAL OZONE) يعني عامل التأثير إلى طبقة الأوزون أو قوة تخريبية لطبقة الأوزون.

٢- غير قابل للاشتعال غير قابل للانفجار وغير سام.

٣- لا يتأثر بالرطوبة.

٤- لا يلوث المواد الغذائية (لا يغير من صفات هذه المواد من حيث المذاق والرائحة) عند حدوث تسرب وسيط التبريد.

٥- لا يتفاعل مع أية مادة من المواد المستعملة في دارة التبريد.

الصفات الترموديناميكية والفيزيائية لوسائط التبريد :

يمكن تقسيم وسائط التبريد استناداً إلى ضغط التبخر Po ودرجة حرارة التبخر (to = 0Co) وسائط تبريد منخفضة ومتوسطة ومرتفعة الضغط كما يلي :

- **وسائط التبريد منخفضة الضغط :**

وهي تلك الوسائط التي يبلغ ضغط تبخرها : $P_o \leq 0,2\ (MPa)$
عندما : $t_o = 0\ C^o$

مثل الفريونات R_{11} , R_{13} , R_{14}

ونظرا لارتفاع درجة حرارة تبخر وسائط التبريد منخفضة الضغط يفضل استخدامها في ضواغط التبريد العنفية لتجهيزات الهواء.

- **وسائط التبريد متوسطة الضغط :**

وهي تلك الوسائط التي يتراوح ضغط تبخرها : $P_o = 0,2\ (MPa) \div 0,7\ (MPa)$
عندما : $t_o = 0\ C^o$

مثل الفريونات R_{12} , R_{22} , R_{502}

هذه الوسائط تستخدم لأجل درجات حرارة التبريد والتجمد.

- **وسائط التبريد مرتفعة الضغط :**

وهي تلك الوسائط التي يبلغ ضغط تبخرها : $P_o \geq 0,2\ (MPa)$
عندما : $t_o = 0\ C^o$

مثل : R_{13} , R_{13B1}

وتستخدم لأجل درجات الحرارة المنخفضة حتى $-100\ C^o$.

للخواص الثيرموديناميكية والفيزيائية التي يجب أن يتمتع بها وسيط التبريد

١- يجب أن يكون عامل أداء الدارة مرتفعاً، وبالتالي انخفاض عمل الانضغاط النظري.

٢- يفضل أن يكون ضغط التكثيف منخفضاً، الضغط في نهاية عملية الانضغاط مما يسمح في استخدام معادن ذات سماكات قليلة لصنع آلة التبريد مما ينقص من وزنها وكلفتها لأن زيادته تؤدي إلى تعقيد آلة التبريد وزيادة نفقات تصنيعها وزيادة، إحكامها لمنع حدوث التسرب.

٣- يفضل أن يكون ضغط التبخير أعلى من الضغط الجوي منعاً لحدوث تسرب الهواء إلى داخل آلة التبريد وبالتالي الإساءة إلى أداء الآلة وإلى وسيط التبريد وعملية التبادل الحراري.

٤- يجب أن تكون نسبة الانضغاط $(m = P_k / P_o)$ أصغر ما يمكن، لأن انخفاض هذه النسبة يؤدي إلى انخفاض القدرة المصروفة لتشغيل الضاغط وإلى زيادة مردود الضاغط وزيادة عامل التعبئة.

٥- يجب أن تكون الحرارة الكامنة للتبخر مرتفعة كي يقل وزن وسيط التبريد الذي ينجز الدارة.

٦- يفضل أن يكون الأس الأديابتي $(\gamma = C_p / C_v)$ منخفضاً مما يؤدي إلى انخفاض درجة الحرارة في نهاية عملية الانضغاط وفقاً للمعادلة:

$$T_2 = T_1 (P_2 / P_1)^{(\gamma-1/\gamma)}$$

لأن انخفاض درجة الحرارة في نهاية عملية الانضغاط يمنع تفكك زيت التزييت والصدأ عن صمامات الضاغط.

والجدول التالي يبين الأس النظري والأديباتي لوسائط التبريد المستخدمة.

وسيط التبريد	NH_3	R_{11}	R_{12}	R_{22}	R_{113}	R_{114}	R_{502}
$\gamma = C_p / C_v$	1,3	1,13	1,14	1,178	1,08	1,084	1,135

٧- يجب أن تكون استطاعة التبريد الحجمية مرتفعة.

$$q_{ov} = q_o / v \quad (Kj / m^3)$$

لأنه كلما ازدادت القيمة السابقة كلما صغر حجم الضاغط، ومن هنا نستنتج استخدام وسيط التبريد ذو استطاعة التبريد الحجمية الصغيرة بالضواغط العنفية.

٨- يجب أن تكون درجة حرارة تجمد سائل وسيط التبريد أخفض بكثير من درجة حرارة المكان المطلوب تبريده إذ أنها تحدد لنا أخفض درجة حرارة تبريد يمكننا الوصول إليها.

٩- يجب أن تكون درجة الحرارة الحرجة مرتفعة كي نتمكن من إجراء عملية التكثيف عند درجة حرارة أعلى من درجة حرارة الوسيط المحيط.

١٠- يفضل أن تكون اللزوجة التحريكية (Pa/S) منخفضة، لتخفيض مقاومة الجريان وبالتالي التقليل من سقوط الضغط في الأنابيب.

١١-يفضل أن يكون عامل التوصيل الحراري λ $(W/m.K^o)$ مرتفعاً، لتحسين عملية انتقال الحرارة في المبادلات الحرارية وبالتالي التقليل من الضياع اللاعكوس أثناء عملية التبادل الحراري.

وسائط التبريد القديمة ومجالات استخدامها

وسيط التبريد	مجال الاستعمال C^o	الضغط	درجة حرارة التبخر عند 0,1 MPa C^o	درجة الحرارة الحرجة C^o	الضغط الحرج MPa	عامل التأثير على طبقة الأوزون ODP	مجال الاستخدام
R_{11}	+20 ÷ 0	منخفض	23,7	198	4,27	1	ضواغط التبريد العنفية في تجهيزات تكييف الهواء
R_{12}	+10 ÷ -50	متوسط	29,8	112	4,12	1	البرادات المنزلية والتجارية
R_{13}	-60 ÷ -100	عالي	-81,5	28,8	3,86	1	تجهيزات التبريد ذات درجات الحرارة المنخفضة جداً
R_{113}	-20 ÷ 0	منخفض	+47,7	214,1	3,41	0,8	ضواغط التبريد العنفية لتجهيزات تكييف الهواء
R_{114}	+60 ÷ - 10	منخفض	+3,5	145,7	3,28	1	ضواغط التبريد العنفية لتجهيزات تكييف الهواء والمضخات الحرارية كبيرة الاستطاعة
R_{115}	+20 ÷ - 50	متوسط	-38	88	3,24	0,6	تجهيزات التبريد كبيرة الاستطاعة مع ضواغط تبريد عنفية
R_{502}	+10 ÷ - 40	متوسط	-46	84	4,27	0,33	يمكن استخدامه بدلاً من R_{22} في مجال استطاعات التبريد الصغيرة

الخواص الترموديناميكية لعدد من وسائط التبريد

اسم وسط التبريد	T_s (C^o)	T^{cr}	P^{cr}	v^{cr} (m^3/kg)	درجة حرارة التجمد t_p	دليل الأديابات k	معامل تروتون m_{rs}/t_s	عدد غولد برغ
الماء	100	374,15	22,11	3	0	1,33	26,018	0,577
الأمونيا	-33,35	132,4	11,28	4,9	-77,7	1,3	232,5	0,59
R-11	23,7	1,98	4,37	1,85	-111	1,13	20,1	0,631
R-12	-29,8	112,04	4,11	1,793	-155	1,14	19,86	0,634
R-13	-81,5	28,78	3,85	1,721	-180	--	19,5	0,635
R-14	-128	-45,5	3,74	1,58	-184	1,22	19,81	0,638
R-21	8,9	198,5	5,16	1,915	-135	1,106	21,05	0,625
R-22	-40,8	96	4,93	1,905	-160	1,16	20,8	0,629
R-113	47+68	214,1	3,14	1,735	-36,6	1,09	20,2	0,659
R-114	3+5	145,8	3,27	1,715	-94	1,07	---	0,606
R-112B	-9,25	137,1	4,18	2,249	-130,8	1,135	20,64	0,644
R-13B1	-57,8	67	6,56	1,342	-143,2	----	----	0,632

امتزاج وسيط التبريد مع الزيت :

يمكن تقسيم وسائط التبريد بالنسبة لقابلية امتزاج الزيت إلى مجموعتين:

مجموعة قليلة الامتزاج بالزيت :

مثل الأمونيا حيث أن نسبة المزج مع الزيت أقل من ١% عند الظروف الموجودة بآلات التبريد.

مجموعة تمتزج بالزيت بنسبة غير محددة :

عند الظروف الموجودة بآلات التبريد مثل الفريون، R_{22} , R_{502} , R_{12}.

وليس الامتزاج الكلي أو الجزئي مقياساً لجودة الزيت أو وسيط التبريد بل هو خاصة فيزيائية لكل منهما ويبقى الخلاف في الرأي : هل الانحلال من الخواص المطلوبة أو غير المطلوبة وفي كلتا الحالتين يتم تصميم دارة التبريد المناسبة.إن الفريون R_{12} , R_{22} يذوبان في الزيت بدون حدود لدرجة حرارة أعلى من $45C^o$ - للفريون R_{12} أو الفريون R_{22} بالزيت.

يتكثف الزيت على الجدران الداخلية للأنابيب ويجري إلى الأسفل، فإذا كانت سرعة الغاز عالية سيتحرك الزيت مع الغاز. كقاعدة عامة عند تصميم الأنابيب يجب أن لا تقل سرعة الغاز عن 2,5 *m/s* للأنابيب الأفقية وعن 5 *m/s* للأنابيب الشاقولية عند أقل حمل جزئي للضاغط.

لا يذوب الأمونيا بالزيت، وبالتالي عند انفصال الزيت عن وسيط التبريد يشغل الزيت طبقة أسفل الأمونيا بينما الفريونات يشغل طبقة فوق الفريونات وذلك لأن الكتلة النوعية للأمونيا والزيت والفريونات على التوالي بحدود : *1,2 - 0,9 - 0,65 (Kg/L)* .

انفصال الزيت عن وسيط التبريد يشكل طبقة على السطح تعزله عن وسيط التبريد مما يسبب مقاومة حرارية تعمل على زيادة درجة حرارة التبخر وخفض استطاعة التبريد وزيادة الطاقة المصروفة لتشغيل الضاغط. لا يمتزج الأمونيا في الزيت وبما أن الزيت أثقل من سائل الامونيا لذا ينفصل الزيت ويستقر عند القاع، وبالتالي كل المستقبلات والمبخرات والأجهزة الأخرى التي تحتوي على سائل الأمونيا يجب العمل لتصريف الزيت من هذه النقاط وإعادته إلى صندوق مرفق يدوياً أو آلياً، ولتقليل كمية الزيت التي تمرر بآلة التبريد يركب أحياناً جهاز لفصل الزيت على خط التصريف بين الضاغط والمكثف.

تأثير الرطوبة بوسائط التبريد

عندما تزيد كمية الرطوبة بآلة التبريد عن الكمية التي تنحل في وسيط التبريد يتشكل الماء مكونة محلول مع وسيط التبريد المستخدم في الآلة، مما يؤدي أثناء عملية المتدد في صمام التمدد لدرجات حرارة أدنى من الصفر إلى لشكل الجليد في نهاية صمام التمدد وبالتالي الإساءة على عمل آلة التبريد.

تختلف وسائط التبريد بالنسبة لكمية الرطوبة التي يمتصها كل وسيط تبريد فمثلاً الهيدرو كربونات البسيطة مثل البوتان والإيتان تمتص قليلاً من الرطوبة لكن الامونيا وثاني أوكسيد الكبريت يمتصان كمية كبيرة من الرطوبة بحيث نادراً يمكن مشاهدة الماء بشكل حر في آلات التبريد التي تستخدم الوسيطين المذكورين. إن وجود الرطوبة مع وسائط التبريد تساعد على تشكل مركبات تسبب التآكل وتتفاعل مع المواد الأخرى بالمجموعة، وينتج عن هذا الفعل الكيميائي أضرار للصمامات ولموانع التسرب ولجوانب الأسطوانات، وعندما يكون وسيط التبريد ملامساً لملف المحرك الكهربائي في الضواغط محكمة الإغلاق قد يؤثر ذلك على العازل الموجود على أسلاك ملفات المحرك ويؤدي إلى حدوث دارة قصيرة وتخريب ملف المحرك الكهربائي.

وكقاعدة عامة يجب الانتباه أثناء تعبئة آلة التبريد بأي نوع من أنواع وسائط التبريد إلى ضرورة تفريغ دارة التبريد بشكل جيد واستخدام مجفف خاص للمحافظة على أقل قيمة ممكنة للرطوبة داخل دارة التبريد، لأنه لا يمكن إزالة الرطوبة من آلة التبريد كلياً.

خواص الأمونيا

درجة تبخره الطبيعية : -33,35 C^o

وتتراوح **درجة الغليان** ما بين : (-5 ÷ -30 C^o)

ويتمتع الأمونيا بأفضلية واضحة في النتائج عند العمل بنسبة انضغاط ($P_k / P_o \leq 4$) كما أن الأمونيا رخيص الثمن مقارنة مع الفريونات.

ويمتاز بالإنتاجية التبريدية العالية مقارنة بالفريونات عند نفس البارامترات من ضغط ودرجة حرارة ونتيجة لتطور وسائل اللحام الحديث المحكم بشكل جيد ووسائل الأمان والكشف السريع عن وجود أي تسرب أصبح بالإمكان الاعتماد على الأمونيا خاصة بسبب ناقليته الكبيرة للحرارة والوزن النوعي الخفيف له. كما أن أبخرته أخف وزناً من الهواء وهي عديمة اللون، تمتزج مع الهواء بنسب غير محددة وقليلة الامتزاج مع الزيت كما أن التأثير التبريد الحجمي لها كبير.

تقل كثافة أبخرة الأمونيا المشبعة بـ(6 ÷ 5) مرات عن كثافة (R_{12}) مما يقلل الضياعات الهيدروليكية.

ليس للأمونيا لون ورائحته مخرشة تسيل الدموع.

ولكن ينبغي ألا تحتوي الأمونيا المستعملة في آلات التبريد على نسبة ماء تزيد عن (0,1%) قابلية الأمونيا لالتهاب قليلة ولكنه يشكل مع الهواء مزيج قابل للانفجار عندما تكون نسبته بالهواء % (26 ÷ 8,13)

الأمونيا قابل للاشتعال .

التأثير التبريدي النوعي له أعلى من التأثير التبريدي لأي وسيط تبريد آخر والحجم النوعي له منخفض مما يسمح بالحصول على استطاعة تبريد عالية من ضاغط صغير الأبعاد نسبياً.

بسبب الأمونيا تآكل المعادن غير الحديدية مثل النحاس والبرونز في حال وجد الرطوبة لذا يمنع استعمال النحاس وخلائطه في تجهيزات التبريد التي تستعمل الأمونيا.

وسوف نقوم باختيار الامونيا كوسيط التبريد في مشروعنا نظراً لتميزه بالخواص السابقة الذكر.

الفصل الثالث

دارة التبريد الفعلية

اختيار طريقة تبريد الغرف :

هناك طريقتان أساسيتان متبعتين من أجل إنجاز عملية التبريد وهما :

آ ـ طريقة التبريد المباشر :

في هذه الطريقة يتبخر وسيط التبريد ضمن المبخرات في نفس الغرفة المبردة ويسحب الحرارة منها مباشرة دون الحاجة إلى وسيط آخر.

ب ـ طريقة التبريد الغير مباشر:

في هذه الطريقة يستخدم وسيطي تبريد أساسي وثانوي ويتم تبريد الغرف عن طريق وسيط التبريد الثانوي الذي يبرد مسبقاً في المبخرات.

وتتميز طريقة التبريد المباشر بأنها أكثر اقتصادية وتظهر فيها فعالية التبريد بصورة أسرع ***لذلك سوف نتبع طريقة التبريد المباشر.***

دارات التبريد

يتم زيادة التسخين لوسيط التبريد قبل الدخول إلى الضاغط للأسباب التالية :

١- عند فرق عال لدرجات الحرارة ما بين سحب ورفع الضاغط تتأثر بعض الأجهزة الحاسة بالضاغط فتؤدي إلى حدوث تشوهات بشكل خاص بصفائح صمام السحب.

٢- زيادة كمية السائل في البخار الداخل إلى الضاغط يؤدي إلى احتمال حدوث صدمة هيدروليكية.

٣- إن دخول نسبة من وسيط التبريد السائل إلى كارتر الضاغط يؤدي إلى تخريب زيت الضاغط.

٤- زيادة تبريد الضاغط تؤدي إلى تجميد مياه التبريد وبالتالي تحطيم قميص الضاغط إذا كانت رؤوس الضاغط تبرد بالماء.

تتم عملية التسخين بإحدى الطرق التالية :

١- استعمال مبادل حراري إرجاعي ما بين البخار البارد والخارج من المبخر والسائل الساخن من المكثف.

٢- وضع فاصل سائل بعد المبخر وقبل الدخول إلى الضاغط عن طريق تخفيض سرعة المزيج (سائل + بخار) وبالتالي تتساقط حبات السائل في الأسفل حيث يعاد سوقها إلى المبخر للاستفادة منها.

٣- تسخين الأنابيب الواصلة ما بين المبخر والضاغط حيث يمكن زيادة التسخين بالنسبة للآلات العاملة على الأمونيا بحدود (5÷15) درجة مئوية.

تتم زيادة تبريد السائل (وسيط التبريد) قبل الدخول إلى صمام التمدد وتؤدي إلى زيادة التأثير التبريدي وبالتالي إلى زيادة مردود آلة التبريد مع اعتبار قيمة العمل المصروف في الدورة ثابت.

٤- إن زيادة التبريد في الآلات التي تعمل على الأمونيا تؤدي إلى زيادة الإنتاجية التبريدية بمقدار (0,40%) أما العاملة على الفريون فتزداد الإنتاجية (0,43 %)

ويمكن تحقيق زيادة التبريد بعدة طرق:

١- إضافة مبادل حراري بعد المكثف.

٢- إجراء عملية زيادة التبريد ضمن المكثف عن طريق تكبير سطح التبادل الحراري.

٣- استعمال مبادل حراري مرجع عن طريق الاستفادة من أبخرة وسيط التبريد الخارجة من المبخر، زيادة التبريد تتم بحدود (3÷5) درجة مئوية.

حسابات دارة التبريد

تحديد درجة حرارة غليان وسيط التبريد t_o

تؤخذ درجة حرارة غليان وسيط التبريد بحيث تقل بمقدار ($6 \div 10\ C^o$) عن درجة الحرارة لهواء الغرفة المبردة :

$$t_o = t_i - (6 \div 10)\ C^o$$

وفي حالتنا تكون درجة حرارة غرف الحمضيات هي $+4\ C^o$

بينما درجة حرارة غرفة المركزات هي $-20\ C^o$

لذلك نكتب :

للحمضيات :

$$t_o = 4 - 6 = -2\ C^o$$

للمركـزات :

$$t_o = -20 - 10 = -30\ C^o$$

تحديد درجة حرارة تكاثف وسيط التبريد t_k

ترتبط درجة حرارة تكاثف وسيط التبريد في حالة المكثفات المائية بنوع ودرجة حرارة المياه المبردة الداخلة إلى المكثف.

فإذا كان مصدر المياه من برج التبريد يكون :

$$t_{w1} = t_w + (3 \div 5)\ C^o$$

أما إذا كان مصدرها من مياه النهر فيكون :

$$t_{w1} = t_o - (6 \div 8)\ C^o$$

حيث :

t_{w1} : هي درجة حرارة الماء الداخل إلى المكثف .

t_w : هي درجة الحرارة الرطبة وحسب مرجع *ASHRAE* ووفق أسلوب 1% فإنها تساوي : $t_w = 26\ C^o$

بحالتنا سوف نعتبر $t_{w1} = t_w + (3 \div 5)\ C^o$ لان مصدر المياه من برج التبريد .

درجة حرارة التكاثف t_k تعطى بالعلاقة :

$$t_k = t_{w2} + (4 \div 5)\ C^o$$

t_{w2} : هي درجة حرارة الماء الخارج من المكثف .

بذلك تصبح درجات الحرارة :

$$t_{w1} = 26 + 5 = 31\ C^o$$
$$t_{w2} = 31 + 5 = 36\ C^o$$
$$t_k = 36 + 5 = 41\ C^o$$

من جداول الأمونيا نحدد ضغط التبخر وضغط التكاثف بدلالة كل من t_o و t_k

بذلك يكون للحمضيات :

$$t_o = -2\ C^o \rightarrow P_o = 4{,}060\ (at)$$
$$t_k = 41\ C^o \rightarrow P_k = 16{,}294\ (at)$$

وللمركزات:

$$t_o = -30\ C^o \rightarrow P_o = 1{,}219\ (at)$$
$$t_k = 41\ C^o \rightarrow P_k = 16{,}294\ (at)$$

والآن نحدد نسبة الانضغاط لكلا الحالتين :

لغرف الحمضيات :

$$m = \frac{P_k}{P_o} = \frac{16{,}294}{4{,}060} = 4{,}013$$

لغرفة المركزات :

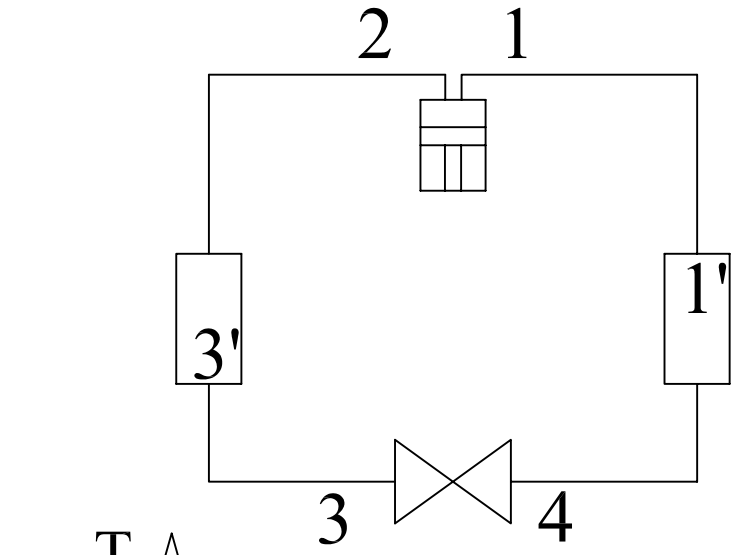
$$m = \frac{P_k}{P_o} = \frac{16{,}294}{1{,}219} = 13{,}367$$

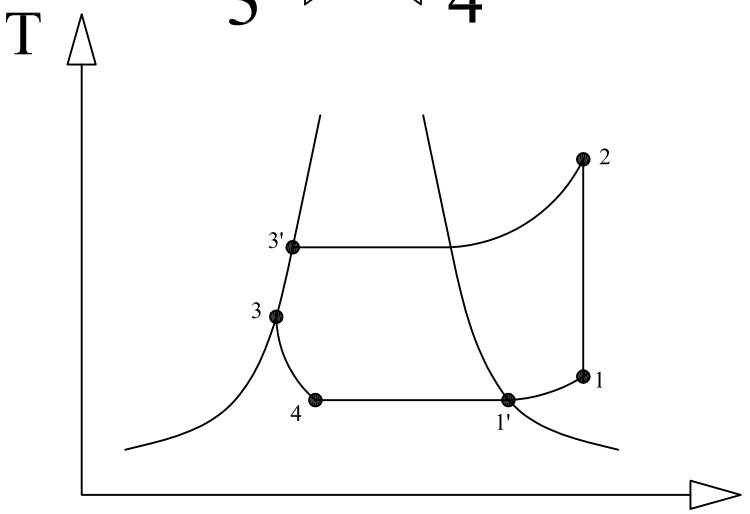
نلاحظ أنه لغرف الحمضيات تكون نسبة الانضغاط $m < 9$ لذلك فإننا سنختار دورة تبريد بمرحلة انضغاط وحدة.

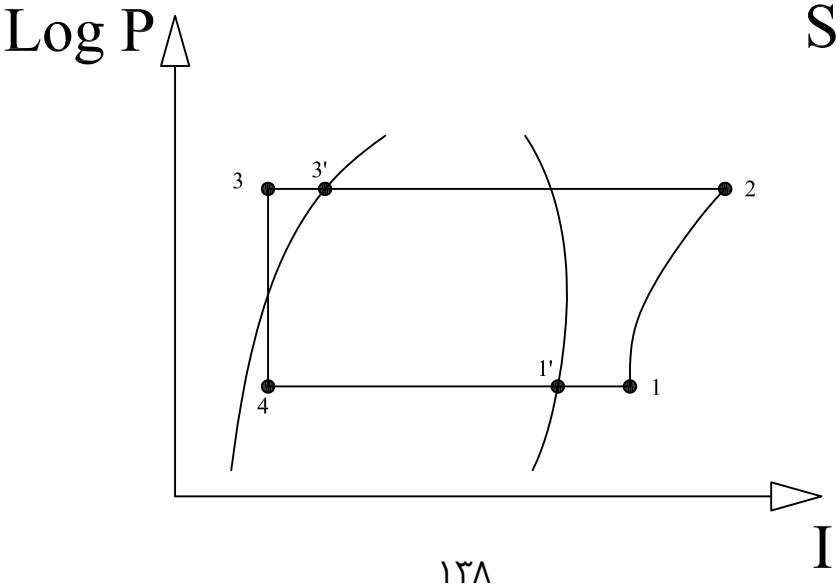
أما بالنسبة لغرفة المركزات فإن نسبة الانضغاط $m > 9$ لذلك سوف نختار دورة تبريد بمرحلتي انضغاط مع تبريد بيني كامل .

تحديد بارامترات الدورة التبريدية لغرف الحمضيات :

يبين الشكل المرسوم المخطط الرمزي لادارة التبريد المعتمدة مع التمثيل البياني للدورة على مخططي ($T-S$) و ($Log\ P-i$) للأمونيا .







والآن نحدد بارامترات الدورة لكل نقطة من نقاطها :

* **النقطة** (1') :

$$P_{1'} = 4{,}060\ (at)$$
$$t_{1'} = t_o = -2\ (C^o)$$

عند هذه البارامترات نعين بقية القيم :

$$v_{1'} = 0{,}3111\ (m^3/Kg)$$
$$s_{1'} = 0{,}9920\ (Kcal/Kg\,.C^o)$$
$$i_{1'} = 400{,}98\ (Kcal\,/\,Kg)$$

* **النقطة** (1) :

تجري زيادة تحمص للوسيط التبريدي قبل دخوله إلى الضاغط وذلك من أجل وقاية الضاغط من الصدمة الهيدروليكية الناتجة عن وجود رطوبة أو قطرات من سائل وسيط التبريد المستخدم وذلك في غاز السحب وهذا التحميص يعد ضرورياً ومهماً بالنسبة للفريونات . أما بالنسبة للأمونيا فلا حاجة لذلك ولكن كعامل أمان ووقاية نقوم بزيادة تسخين بخار السحب بمقدار $(4 \div 5)\ C^o$.

بذلك نكتب :

$$P_1 = P_o = 4{,}060\ (at)$$
$$t_1 = t_{1'} + (4 \div 5) = -2 + 4 = 2\ (C^o)$$

من جداول البخار المحمص نتكتب :

$$v_1 = 0{,}3222\ (m^3/Kg)$$
$$s_1 = 2{,}1225\ (Kcal/Kg\,.\,C^o)$$
$$i_1 = 403{,}87\ (Kcal\,/\,Kg)$$

* **النقطة** (2):

$$P_2 = P_k = 16{,}294\ (at)$$
$$s_2 = s_1 = 2{,}1225\ (Kcal\,/Kg\,.\,C^o)$$

من مخطط الامونيا (i - $\log P$) وبتقريب مقبول نكتب :

$$t_2 = 92\ (C^o)$$
$$i_2 = 446{,}5\ (Kcal\,/Kg)$$

* **النقطة** (3') :

$$P_{3'} = P_k = 16{,}294\ (at)$$

من مخطط الأمونيا وعند ($\chi = 0$) يكون :

$$t_{3'} = 41\ (C^o)$$
$$v_{3'} = 1{,}7069\ (L/Kg)$$
$$i_{3'} = 146{,}74\ (Kcal/Kg)$$

* **النقطة** (3) :

نتيجة لحدوث زيادة تبريد في المكثف بمقدار $(4\div5)\ C^o$ يكون :

$$t_3 = t_{3'} - (4\div5)\ (C^o)$$
$$= 41 - 5 = 36\ (C^o)$$

من جداول الأمونيا المشبعة بدلالة درجة الحرارة وعند ($\chi = 0$) نكتب:

$$P_3 = 41{,}468\ (at)$$
$$i_3 = 140{,}82\ (Kcal/Kg)$$
$$s_3 = 1{,}139\ (Kcal/Kg.\ C^o)$$

* **النقطة** (4) :

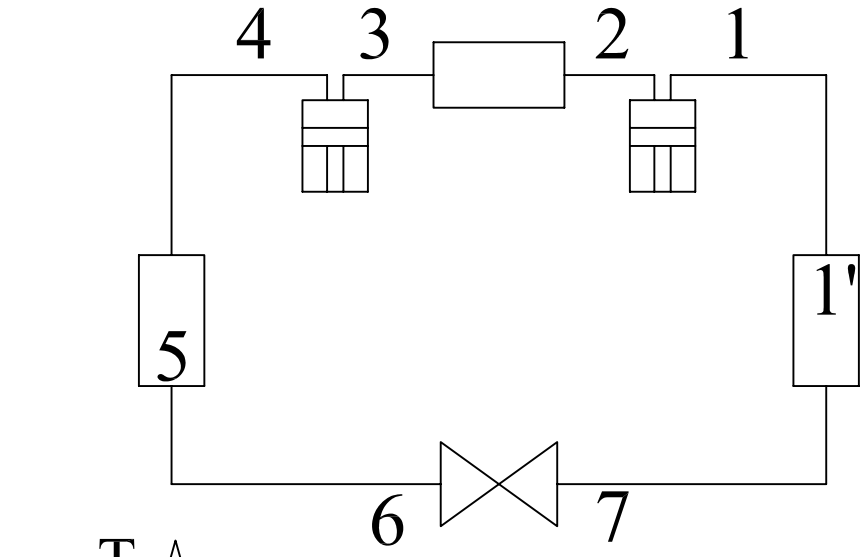
$$i_4 = i_3 = 140{,}82\ (Kcal/Kg)$$
$$P_4 = P_o = 4{,}060\ (at)$$
$$t_4 = t_o = -2\ (C^o)$$
$$\chi_4 = \frac{i_4 - i'}{i'' - i'} = \frac{140{,}82 - 97{,}79}{400{,}89 - 97{,}79} = 0{,}1419$$
$$v_4 = v_{4'}(1-\chi) + v_{4''} \times \chi$$
$$= (1{,}5528 \times 10^{-3})\ 0{,}858 + (0{,}3111)\ 0{,}1419 = 0{,}04547\ (m^3/Kg)$$

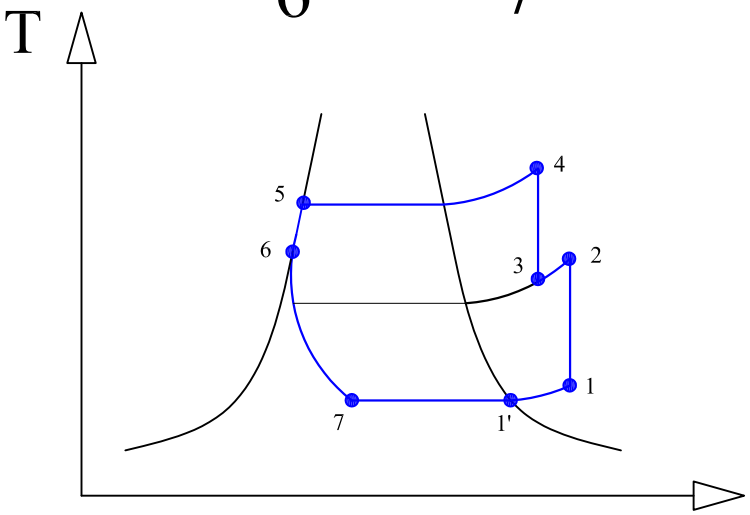
والآن ننظم النتائج التي حصلنا عليها في الجدول التالي :

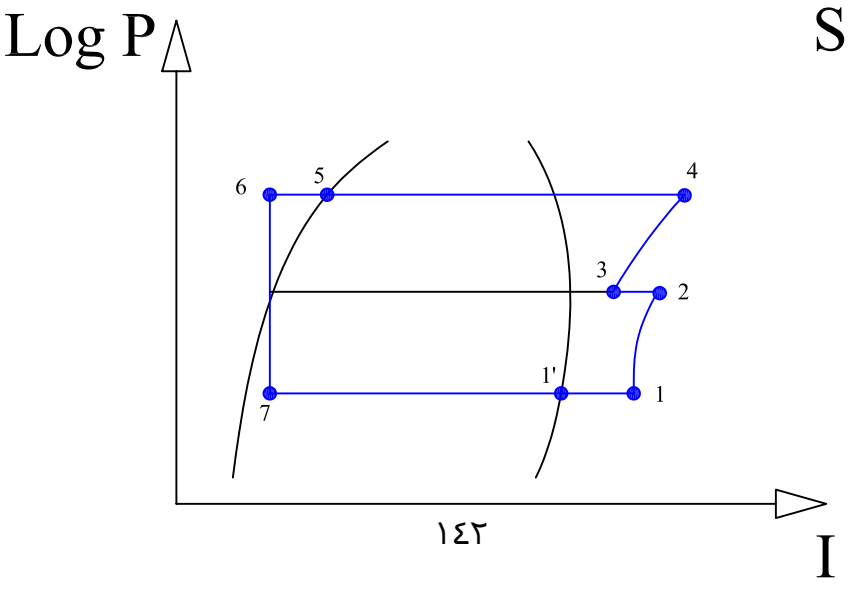
النقطة	P (at)	t (C^o)	i $(Kcal/Kg)$	v (m^3/Kg)
1	4,06	+2	403,87	0,3222
1'	4,06	–2	400,98	0,3111
2	16,294	92	446,5	0,106
3'	16,294	41	146,74	-
3	14,468	36	140,82	-
4	4,06	–2	140,82	0,04547

تحديد بارامترات الدورة التبريدية لغرفة المركزات :

يبين الشكل المرسوم المخطط الرمزي لادارة التبريد المعتمدة مع التمثيل البياني للدورة على مخططي ($T-S$) و ($Log\ P-i$) للأمونيا .







والآن نقوم بدراسة نقاط الدارة وتحديد بارامتراتها :

*** النقطة (1') :**

$$P_{1'} = P_o = 1{,}219\ (at)$$
$$t_{1'} = t_o = -30\ (C^o)$$

من المخطط وبتقريب مقبول نكتب :

$$v_{1'} = 0{,}963\ (m^3/Kg)$$
$$s_{1'} = 2{,}209\ (Kcal/Kg.\ C^o)$$
$$i_{1'} = 391{,}9\ (Kcal\ /\ Kg)$$

*** النقطة (1) :**

تكون درجة حرارة السحب عند مدخل الضاغط :

$$t_1 = -20\ (C^o)$$
$$P_1 = P_o = 1{,}219\ (at)$$

بذلك نجد من المخطط وبتقريب مقبول :

$$v_1 = 1{,}0511\ (m^3/Kg)$$
$$s_1 = 2{,}2358\ (Kcal/Kg.\ C^o)$$
$$i_1 = 397{,}96\ (Kcal\ /\ Kg)$$

*** النقطة (2) :**

$$P_2 = P_m = \sqrt{P_o \times P_k} = \sqrt{1{,}219 \times 16{,}294} = 4{,}457\,(at)$$
$$s_2 = s_1 = 2{,}236\ (Kcal\ /Kg\ .\ C^o)$$

من المخطط وبتقريب مقبول نجد :

$$v_2 = 0{,}3697\ (m^3/Kg)$$
$$i_2 = 442{,}22\ (Kcal/Kg)$$
$$t_2 = 70\ (C^o)$$

* **النقطة** (3) :

$$P_3 = P_2 = 4{,}457(at)$$

وعند ($\chi = 1$) وبالاستعانة بجداول الأمونيا نكتب :

$$t_3 = 0{,}73 \ \ (C^o)$$

من المخطط وبتقريب مقبول نكتب :

$$v_3 = 0{,}2821 \ (m^3/Kg)$$
$$s_3 = 2{,}1025 \ (Kcal / Kg.\ C^o)$$
$$i_3 = 401{,}9 \ (Kcal/Kg.\ C^o)$$

* **النقطة** (4) :

$$s_4 = s_3 = 2{,}1025 \ (Kcal/Kg.\ C^o)$$
$$P_4 = P_k = 16{,}294 \ (at)$$

من المخطط وبتقريب مقبول نكتب:

$$v_4 = 0{,}106 \ (m^3/Kg)$$
$$t_4 = 92 \ (C^o)$$
$$i_4 = 446{,}5 \ (Kcal / Kg)$$

* **النقطة** (4') :

$$P_{4'} = P_k = 16{,}294 \ (at)$$

وعند ($\chi = 0$) وبالاستعانة بجداول الأمونيا نكتب :

$$v_{4'} = 0{,}1 \ (L/Kg)$$
$$t_{4'} = 41 \ (C^o)$$
$$i_{4'} = 146{,}74 \ (Kcal / Kg)$$

* **النقطة** (5) :

تحدث زيادة تبريد بمقدار $(4 \div 5)\ C^o$

بذلك نكتب:

$$t_5 = t_{4'} - (4 \div 5)$$

$$t_5 = 41 - 5 = 36\ (C^o)$$

من جداول الأمونيا المشبعة وعند ($\chi = 0$) يكون :

$$P_5 = 14{,}468\ (at)$$

$$s_5 = 1{,}139\ (Kcal / Kg.\ C^o)$$

$$i_5 = 140{,}82\ (Kcal / Kg)$$

* **النقطة** (6) :

$$i_6 = i_5 = 140{,}82\ (Kcal/Kg)$$

$$P_6 = P_m = 4{,}457\ (at)$$

$$t_6 = 0{,}73\ \ (C^o)$$

* **النقطة** (7) :

من جداول الأمونيا المشبعة بدلالة الضغط وعند ($\chi = 0$) يكون :

$$P_7 = Pm = 4{,}457\ (at)$$

$$t_7 = 0{,}73\ (C^o)$$

$$i_7 = \quad 100{,}81\ (Kcal / Kg)$$

* **النقطة** (8) :

$$P_8 = P_o = 1{,}219\ (at)$$

$$i_8 = i_7 = 100{,}81\ (Kcal / Kg.\ C^o)$$

$$t_8 = -\ 30\ (C^o)$$

$$\chi_8 = \frac{i_8 - i`}{i" - i`} = \frac{100\ ,81 - 67\ ,42}{391\ ,91 - 67\ ,42} = 0{,}103$$

والآن سندرج القيم التي حصلنا عليها في الجدول التالي :

النقطة	P (at)	t (C^o)	v (m^3/Kg)	i $(Kcal/Kg)$
1'	1,219	–30	0,963	391,91
1	1,219	–20	1,0511	397,96
2	4,457	70	-	442,22
3	4,457	0,73	0,2821	401,9
4	16,294	92	0,106	446,5
4'	16,294	41	-	146,74
5	14,468	36	-	140,82
6	4,457	0,73	-	140,82
7	4,457	0,73	-	100,81
8	1,219	–30	0,1	100,81

الفصل الرابع

الضواغط

COMPRESSORS

تعريف :

الضواغط هي الآلات التي تستعمل لضغط الغاز، أي للانتقال بالغاز أو البخار من ضغط منخفض إلى ضغط أعلى. إن الضاغط يحدد بشكل كبير المؤشرات الفنية ـ الاقتصادية لإنتاجية واستثمار آلات التبريد .

وتقسم الضواغط من حيث مبدأ التأثير إلى قسمين رئيسين هما :

أ ـ الضواغط الحجمية (ذات الانضغاط الحجمي) :

في هذه الضواغط تتم عملية ضغط العاز، نقاص حجم الفراغ العامل حيث تتم عملية الانضغاط وطرد الغاز المضغوط بشكل دوري وينتسب إلى هذا النوع كل من الضواغط المكبسية والدورانية والحلزونية .

الضواغط الحجمية تسمى أحياناً الآلات ذات التأثير السكوني وذلك لأن حركة الغاز أثناء الانضغاط تتم ببطء .

ب ـ الضواغط التحريكية (ذات التأثير الديناميكي) :

تتم عملية الانضغاط في هذا النوع من الضواغط بتحريك الغاز حركة قطرية حيث تتحول الطاقة الحركية للغاز إلى طاقة ضغط. كثافة المادة العاملة ترداد بالتدريج من مدخل الضاغط إلى مخرجه.

تتميز عملية الانضغاط في هذا النوع من الضواغط بأنها مستمرة وينتمي إلى هذا النوع كل من الضواغط الطاردة المركزية والضواغط المحورية (التوربينية) .

بغض النظر عن كيفية بناء وعمل الضاغط توجد هناك ثلاثة أمور تميز الضاغط وهي :

١ ـ نسبة الانضغاط : $\varepsilon = P_k / P_o$

حيث :

P_k : الضغط النهائي أو ضغط الدفع .

P_o : الضغط الابتدائي أو ضغط السحب .

٢ ـ تصريف الضاغط خلال واحدة الزمن (تدفق كتلي أو حجمي) .

٣ ـ الاستطاعة المصروفة تحقيق عملية الانضغاط .

بالاضافة إلى الأمور الثلاثة سابقة الذكر فإنه يجب الأخذ بالحسبان العوامل التالية :

عدد الدورات n ، ضغط ودرجة حرارة السحب للغاز P_k ، T_k ، الخواص الفيزيائية للغاز العامل كالحرارة النوعية ومعادلة الحالة للغاز والثابت الأديباتي κ وسرعة الصوت ... إلخ .

إن ظروف عمل الضواغط التبريدية تختلف عن ظروف عمل الضواغط الصناعية العامة (ذات المهمات العامة) بما في ذلك الهوائية ، **ظروف عمل الضواغط التبريدية تتصف بالخصائص التالية** :

١ ـ بسبب تغير الشروط الخارجية لآلة التبريد فإن الضاغط يعمل في مجال اسع لتغير ضغطي الدفع والسحب وعند فرق كبير لهذين الضغطين .

٢ ـ إن الكثير من وسائط التبريد (مثل الفريونات) تنحل بسهولة مع الزيت وهذا يبدي تأثيراً كبيراً في العمليات في ضاغط التبريد (الذي يعمل بوجود الزيت) ويقلل من وثوقية المضاجع (كراسي التحميل) .

٣ ـ البخار المسحوب إلى الضاغط ذي درجة حرارة منخفضة ويمكن أن يحوي قطرات سائلة من وسيط التبريد .

٤ ـ العمليات في الضاغط المكبسي يمكن أن تكون مصحوبة بتكاثف بعض الكميات من وسيط التبريد على السطوح الداخلية للأسطوانة وتبخرها فيما بعد .

٥ ـ إن العديد من الوسائط التبريدية (الفريونات مثلاً) تتمتع بدرجة اختراق عالية ليس فقط عبر الوصلات والشقوق وإنما عبر الجوانات والمثبتات أيضاً.

٦ ـ ضواغط آلات التبريد تعمل على وسائط تبريدية تتمتع بمجال كبير لتغير الخواص الفيزيائية والكيميائية مثل : الكثافة ، اللزوجة، السيولة، الثبات الكيميائي والفعالية الخاصة المهمة للضواغط ذات التأثير الحجمي هي إمكان عملها على أي وسيط تبريدي بدون تغير التصميم. هذه الضواغط تعمل عند وجود الزيت في الفراغ العامل. أما الخاصة المهمة للضواغط التحريكية هو الغياب التام للزيت في الحجم العامل لأنها تعمل على الوسيط التبريدي الذي لايحوي زيتاً .

أهم المتطلبات الواجب توفرها في الضواغط التبريدية :

١ ـ الوثوقية العالية (الأمان) وتأمين نظام العمل المحدد لآلة التبريد .

٢ ـ الفعالية الطاقية العالية في مجال واسع لتغير بارامترات عمل الضاغط (انخفاض الضغوط ومستوى ارتفاعها) وأيضاً الإنتاجية العالية .

٣ ـ إمكان الأتمتة الكاملة لعمل الضاغط ووثوقية استثماره بدون عامل خدمة .

٤ ـ أن تكن درجة الإحكام عالية .

٥ ـ أن تكون سرعات حركة البخار منخفضة في صمامات المسالك التي يتدفق خلالها وسيط التبريد.

٦ ـ وفر المعادن والمواد اللازمة للتصنيع وأن تكون كمية المواد والمعادن اللازمة أقل ما يمكن (حجم أصغري) .

٧ ـ أن يكون مستوى الضجيج والاهتزازات الميكانيكية منخفض .

إن اختيار هذا النوع أو ذاك من الضواغط يتعلق بشروط العمل والإنتاجية التبريدية المطلوبة وخواص وسيط التبريد .

يتم عملياً الاختيار على أساس الحسابات الفنية ـ الاقتصادية فقط .

الضواغط المكبسية
RECIPROCATING COMPRESSORS

تصنيف الضواغط المكبسية :

يمكن تقسيم الضواغط المكبسية وفقاً لإنتاجيتها التبريدية إلى ثلاث مجموعات :

١ ـ الضواغط الصغيرة التي تقل انتاجيتها عن $9300\ Watt$ وتقل استطاعتها عن $5\ KW$.

٢ ـ الضواغط المتوسطة والتي تتراوح إنتاجيتها في المجال $(9300 \div 5800\ Watt)$ واستطاعتها $(5 \div 20\ KW)$.

٣ ـ الضواغط الكبيرة والتي تبلغ انتاجيتها قيماً أعلى من $58000\ Watt$ واستطاعتها أكبر من $20\ KW$.

هناك تصنيف آخر للضواغط حسب درجة حرارة الغليان حيث تقسم إلى:

١ ـ ضواغط ذات مرحلة واحدة وتعمل ضمن مجال درجة حرارة الغليان $(-25 / -10\ C^o)$.

٢ ـ ضواغط متعددة المراحل وتسلسلية تعمل ضمن المجال $(t_o = -30 / -100\ C^o)$.

يمكن تصنيف الضواغط الترددية حسب طراز إنشائها إلى ثلاثة أنواع :

أ . الضواغط الترددية المغلقة HERMETIC RECIPROCATING COMPRESSORS :

الفرق بين الضواغط الترددية المغلقة والمفتوحة هو أن الأولى تحوي محوراً واحداً للضاغط ومحركه الكهربائي ضمن غلاف من الفولاذ الملحوم. تستخدم الضواغط محكمة الاغلاق أسطوانة واحدة للوحدات الصغيرة واسطوانتين للوحدات الكبيرة .

تركب الضواغط والمحركات على نوابض أو قواعد مطاطية لامتصاص الاهتزاز ويتم تبريد المحرك بإمرار بخار وسيط التبريد خلال ملفات المحرك قبل ضغطه في الضاغط .

يستخدم هذا النوع من الضواغط في البرادات ذات الإنتاجية المنخفضة (البرادات المنزلية وتجهيزات التبريد التجاري من أجل الاستطاعات الصغيرة التي لاتتجاوز $1/2\ KW$) .

ب ـ الضواغط نصف المغلقة SEMI HERMETIC COMPRESSORS :

في هذا النوع من الضواغط يتصل محور الضاغط بمحور المحرك الكهربائي بواسطة تعشيقة مرنة، ويكون فيها الغلاف مؤلفاً من قطعتين موصولتين بالبراغي بدلاً من اللحام لذا يسمى هذا النوع نصف مغلق، وتستخدم هذه الضواغط في التبريد التجاري من أجل الاستطاعات حتى 2 طن تبريدي وهي لاتحتاج إلى صيانة أو رقابة تعمل لمدة طويلة .

ج ـ الضواغط المفتوحة OPEN COMPRESSORS :

هنا يكون كل من الضاغط والمحرك الكهربائي مكشوفين وتنتقل الحركة من المحرك الكهربائي إلى الضاغط بوساطة سير يصل بين بكرتين مركبتين على كل من المحرك الكهربائي والضاغط.

تستخدم هذه الضواغط في التبريد الصناعي عند الاستطاعات الكبيرة التي تصل إلى 150 طن تبريدي. وتستخدم أيضاً في أنظمة تكييف الهواء المركزية للراحة، وتحتاج إلى رقابة وإشراف على تشغيلها .

تحتاج الضواغط المفتوحة إلى إحكام جيد للمحاور لمنع تسرب وسيط التبريد والزيت من علبة المرفق إلى الخارج أو تسرب الهواء إلى الداخل، لذا تركب حشوة مانعة للتسرب في مكان خروج محور الضاغط من صندوق المرفق .

اختيار الضواغط

يتم اختيار الضواغط بمعرفة مجموع الاحمال الحرارية $\sum Q$ الواقعة عليها كالتالي :

أولاً : حمل التسرب بفعل درجات الحرارة يؤخذ كاملاً.

ثانيا : حمل التسرب بفعل الإشعاع الشمسي يؤخذ منه 80 %.

ثالثاً : الحمل الحراري الناتج عن المعالجة التبريدية للمواد ويؤخذ كاملاً.

رابعا : الحمل الحراري الناتج عن التهوية يؤخذ منه 65 %.

خامساً : الحمل الحراري الناتج عن الظروف الاستثمارية يؤخذ منه 65 %.

سادساً : الحمل الحراري الناتج عن تنفس المواد يؤخذ كاملاً.

بالتالي يصبح لدينا :

من أجل غرف الحمضيات :

$$\sum Q = 256126,55 \ (Watt)$$

ومنه الإنتاجية التبريدية للضواغط :

$$Q_o = \frac{1,075 \times 256126\ ,55}{0,833} = 330535\ ,4588\ (Watt\ )$$

من أجل غرفة المركزات :

$$\sum Q = 73764,671 \ (Watt)$$

ومنه الإنتاجية التبريدية للضواغط :

$$Q_o = \frac{1,075 \times 73764\ ,671}{0,833} = 95194\ ,5(Watt\ )$$

بعد تحديد نقاط الدارة وحسابها بدقة بالنسبة لغرف الحمضيات وبالنسبة لغرفة المركزات نقوم بما يلي:

أولاً: غرف الحمضيات:

الإنتاجية التبريدية النوعية :

$$q_o = i_{1'} - i_4$$
$$= 400,98 - 140,82 = 260,16\ (Kcal/m^3)$$

الإنتاجية التبريدية الحجمية :

$$q_v = \frac{q_o}{v_1} = \frac{260,16}{0,3222} = 807,449(Kcal/m^3)$$

كمية وسيط التبريد المستخدمة في الدارة :

$$G = \frac{Q_o}{q_o} = \frac{330535,4588}{260,16 \times 4,186 \times 1000} = 0,304(Kg/s)$$

الاستطاعة النظرية للضواغط :

$$N_{th} = G\,(i_2 - i_1) = 0,304\,(446,5 - 403,87) \times 4,186$$
$$\rightarrow N_{th} = 54,25\ (KW)$$

الاستطاعة الحسابية البيانية للضواغط :

$$N_i = \frac{N_{th}}{\eta_i} = \frac{54,25}{0,82} = 66,157(KW)$$

الاستطاعة المحورية للضواغط :

(وهي الاستطاعة الفعالة المقدمة إلى محور الضاغط)

$$N_e = \frac{N_i}{\eta_m} = \frac{66,157}{0,9} = 73,51(KW)$$

معامل التبريد النظري للدورة :

$$\varepsilon = \frac{Q_o}{N_{th}} = \frac{330,535}{54,25} = 6,093$$

معامل التبريد الفعلي للدورة :

$$\varepsilon_e = \frac{Q_o}{N_e} = \frac{330,535}{73,51} = 4,496$$

ثانيا : غرفة المركزات :

الإنتاجية التبريدية النوعية :

$$q_o = i_{1'} - i_8 = 391,91 - 100,81 = 291,1\ (Kcal/Kg)$$

الإنتاجية التبريدية الحجمية :

$$q_v = \frac{q_o}{v_1} = \frac{291,1}{1,0511} = 276,947(Kcal/m^3)$$

التدفق الكتلي للدارة :

$$G = \frac{Q_o}{q_o} = \frac{95,1945}{291,1 \times 4,186} = 0,078(Kg/s)$$

الاستطاعة النظرية لضاغط المرحلة الأولى :

$$N_{th1} = G\,(i_2 - i_1)$$

$$= 0,078\ (442,22 - 391,91) \times 4,186 = 16,426\ (KW)$$

الاستطاعة النظرية لضاغط المرحلة الثانية :

$$N_{th2} = G\,(i_4 - i_3)$$

$$= 0,078\ (446,5 - 401,9) \times 4,186 = 14,562\ (KW)$$

معامل التبريد النظري للدارة :

$$\varepsilon_{th} = \frac{Q_o}{N_{th1} + N_{th2}} = \frac{95,1945}{16,426 + 14,562} = 3,072$$

اختيار الضواغط من أجل غرف الحمضيات

بعد معرفة الحمل المطبق على الضواغط ، فإنه يتم اختيار الضواغط بناء على الإنتاجية التبريدية الكلية القياسية

$$Q_{st} = \frac{Q_o \times \lambda_{st} \times q_{vst}}{\lambda \times q_v}$$

حيث :

q_{vst} : الانتاجية التبريدية الحجمية القياسية (عند درجتي حرارة t_{ost} و t_{kst})

λ_{st} : معامل التغذية القياسي .

Q_o : الانتاجية التبريدية الكلية (المحسوبة)

لدينا :

$$Q_o = 330,535\ (KW)$$

نحسب ضغط السحب وضغط الدفع القياسيين بدلالة درجتي حرارة السحب والدفع القياسيتين من جداول الامونيا فيكون :

$$t_{ost} = 0\ C^o \rightarrow P_{ost} = 4,379\ (at)$$
$$t_{kst} = 35\ C^o \rightarrow P_{kst} = 13,765\ (at)$$

نحسب نسبة الانضغاط القياسية :

$$m_{st} = \frac{P_{kst}}{P_{ost}} = 3,143$$

ومن المخطط نجد :

$$\lambda_{st} = 0,81$$

نحسب الانتاجية التبريدية القياسية :

$$q_{vst} = \frac{i_{1'st} - i_{4st}}{v_{1st}} = 817,165 (Kcal/m^3)$$

ولدينا القيم المحسوبة التالية من اجل دارة غرف الحمضيات :

$m = 4{,}013$

$\lambda = 0{,}77$

$q_v = 807{,}449\ (Kcal / m^3)$

بالتعويض في العلاقة نجد :

$$\boldsymbol{Q_{st} = 351{,}889\ (KW)}$$

من كتالوجات شركة يورك – YORK – **للضواغط بمرحلة انضغاط واحدة فإننا سوف نختار:**

عدد 3 **ضواغط**

ذات الموديل *CMO* 26

الإنتاجية التبريدية للضاغط الواحد 127 (KW)

في مجال درجات حرارة (35 ÷ 0) **درجة مئوية**

عند عدد دورات 1800 $(r.p.m)$

يتم وصلهم بشكل متفرع على خط تصريف واحد.

يصبح مجموع الاستطاعة التبريدية المقدمة من الضواغط يساوي :

$$\boldsymbol{127 \times 3 = 381\ (KW)}$$

Single-stage reciprocating compressors

YORK Refrigeration – the world leader in industrial reciprocating compressors for:

- Refrigeration (freezing/chilling)
- Air conditioning
- Heat pump applications
- Process gas compression

YORK Refrigeration's Sabroe reciprocating compressors are heavy-duty equipment designed for the toughest industrial, offshore and marine applications. These include low and medium temperature refrigeration in conjunction with the production of food and beverages, as well as in industrial processing and the oil and petrochemical industries. Other applications include commercial and industrial air conditioning for hospitals, office buildings and hotels, as well as many different kinds of heat pump systems.

Environment – a prime concern

YORK Refrigeration has a strong commitment to ensuring that the company's products and systems have a low TEWI and zero ODP.

YORK Refrigeration compressors are designed to work with the majority of refrigerants, including halocarbons and an array of natural refrigerants such as ammonia, hydrocarbons and CO_2. The 40 bar versions further extend the applications to CO_2, R410 A and heat pump operation.

Features

- Reliable, well-proven compressor design.

The basic design concept for Sabroe SMC/HPC compressors was first introduced in 1954 and the CMO/HPO concept in 1962. Subsequent design improvements relating to individual components normally fit into previous models. As a result, older compressors can be upgraded to the latest design, ensuring maximum possible efficiency.

Easy maintenance

- These compressors feature built-in accessibility that makes maintenance work easy and straightforward, with no special tools required.
- They are fully repairable on site, ensuring minimal down time.

Flexibility

- The design ensures a high degree of flexibility as regards mode of operation, refrigerant, application, rpm specifications, etc.
- Air, water or refrigerant compressor and oil cooling.

Safety by design

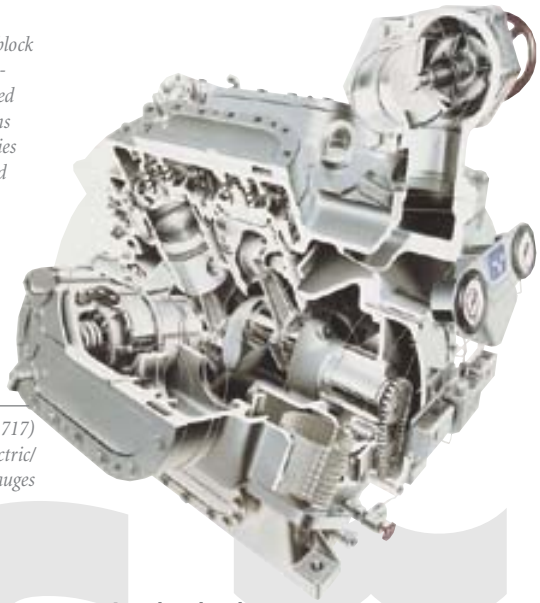
- They are designed for maximum safety, with internal overflow valves, spring-loaded safety heads, etc.

Energy efficient

- The Sabroe compressors feature high COP, excellent partload characteristics, unloaded start and low oil carry over.

Sabroe SMC 108 compressor unit

Sabroe HPC 108 S compressor block with Unisab II. The 40 bar compressors are especially well-suited for ammonia heat pump systems where remarkable high capacities and COP values can be achieved



Sabroe SMC 188 (R717) compressor block with electric/ mechanical controls and gauges

Top-quality castings

YORK Refrigeration produces the critical compressor parts, such as casings, liners, crankshafts, connecting rods, covers etc., at its own modern foundry in order to maintain full control over quality.

The casting processes are approved by the major classification societies, and the YORK Refrigeration manufacturing unit has been granted ISO 9001 certification.

Microprocessor control (optional)

The Unisab II control system is designed to ensure the safe control, monitoring and optimization of compressor operation. In addition to efficient control of single compressors, Unisab II provides advanced, optimized sequence control of any combination of reciprocating and/or screw compressors.

Equipment included

Suction & discharge stop valves
Capacity control solenoid valves
Heating cartridge
Suction gas & oil strainers
Internal overflow valve (balanced)
Prelubricating valve
Oil filling valve
Evacuating valve

Options

The compressor can be delivered as a bare shaft block only or as a complete direct or V-belt driven unit including base frame, drive, oil separator, oil return, electric motor, vibration pads, gauges, switches and microprocessor control.

DS/EN ISO 9001

Single-stage reciprocating compressor programme

Refrigeration compressors (26 bar design)					Cooling capacities kW							Dimensions Direct coupled unit mm			Weight excl motor	Sound pressure level
Model	Number of cylinders	Bore*stroke mm	Max rpm	Swept volume at max rpm m³/h	R717 Single/high stage -10/+35°C	R717 Single/high stage 0/35°C	R717 Booster -40/-10°C	R22 Single/high stage 0/35°C	R22 Single/high stage -10/+35°C	R407 Single/high stage 0/35°C	R407 Single/high stage -10/+35°C	Length	Width	Height	kg	dB(A)
CMO 24	4	70*70		116	53	85	14	81	53	72	45				425	69
CMO 26	6	70*70	1800	175	79	127	21	121	79	108	67	1400–1750	690	1000	475	70
CMO 28	8	70*70		233	105	170	28	162	106	144	89				500	71
SMC 104 S	4	100*80		226	129	209	35	196	129	175	109					80
SMC 104 L	4	100*100		283	167	266	46	199	132	179	113	1800–2300	995	1095	830	81
SMC 104 E	4	100*120		339	206	324	57	n/a	n/a	n/a	n/a					81
SMC 106 S	6	100*80		339	194	313	52	295	193	263	163					81
SMC 106 L	6	100*100		424	251	398	70	299	198	268	169	1850–2450	995	1130	925	82
SMC 106 E	6	100*120		509	309	486	86	n/a	n/a	n/a	n/a					82
SMC 108 S	8	100*80		452	259	417	70	393	257	351	217					82
SMC 108 L	8	100*100	1500*	565	335	531	93	398	264	358	225	1900–2500	1005	1125	990	83
SMC 108 E	8	100*120		679	412	648	115	n/a	n/a	n/a	n/a					83
SMC 112 S	12	100*80		679	388	626	106	589	386	526	326					83
SMC 112 L	12	100*100		848	502	796	140	597	396	537	338	2425–3000	1095	1335	1660	83
SMC 112 E	12	100*120		1018	618	972	172	n/a	n/a	n/a	n/a					83
SMC 116 S	16	100*80		905	517	834	141	785	515	701	435					84
SMC 116 L	16	100*100		1131	669	1062	187	796	528	716	450	2475–3200	1135	1335	1760	84
SMC 116 E	16	100*120		1357	824	1297	230	n/a	n/a	n/a	n/a					84
SMC 186	6	180*140	1000	1283	779	1224	216	855	576	769	491	2800–3400	1705	1700	3300	84
SMC 188	8	180*140		1710	1039	1632	288	1140	768	1025	655	2800–3400	1730	1700	3600	85
Ammonia heat pump compressors (40 bar design)					Heating capacities kW											
					+10/65°C	+25/65°C	+30/73°C	n/a	n/a	n/a	n/a					
HPO 24	4	70*70		97	131	220	250	n/a	n/a	n/a	n/a	1580–1930	835	985	510	76
HPO 26	6	70*70		146	197	330	376	n/a	n/a	n/a	n/a	1600–1950	940	985	550	77
HPO 28	8	70*70	1500	194	263	440	501	n/a	n/a	n/a	n/a	1620–1970	940	985	580	78
HPC 104 S	4	100*100		226	307	525	590	n/a	n/a	n/a	n/a	1920–2270	1030	1100	850	81
HPC 106 S	6	100*100		339	461	787	885	n/a	n/a	n/a	n/a	2010–2460	1085	1130	1025	83
HPC 108 S	8	100*100		452	615	1149	1180	n/a	n/a	n/a	n/a	2040–2490	1235	1130	1100	84

Capacities based on nominal conditions and max speed except for
- CMO 1500 rpm
- SMC 186/188, R22/R407C, 750 rpm
- SMC 1xx L, R22/R407C, 1200 rpm

* Max speed for SMC 1xx S with R22 is 1800 rpm. Capacities and swept volumes are given at 1500 rpm.

اختيار الضواغط من أجل غرفة المركزات

لدينا :

$$Q_o = 95,1945\ (KW)$$

نحسب :

$$t_{ost} = -40\ C^o \rightarrow P_{ost} = 0,7318\ (at)$$
$$t_{kst} = +35\ C^o \rightarrow P_{kst} = 13,765\ (at)$$

نسبة الانضغاط القياسية لمرحلة واحدة :

$$P_{mst} = \sqrt{P_{ost} \times P_{kst}} = 3,174\,(at)$$

$$m_{st} = \frac{P_{mst}}{P_{ost}} = 14,33$$

من المخطط نجد ان :

$$\lambda_{st} = 0,75$$

والانتاجية التبريدية القياسية :

$$q_{vst} = \frac{i_{1'st} - i_{8st}}{v_{1st}} = 191,742\,(Kcal\ /m^3)$$

ولدينا القيم المحسوبة التالية من اجل غرفة المركزات :

$$P_m = 4,456\ (at)$$

$$q_v = 276,947\ (Kcal\ /m^3)$$

نحسب نسبة الانضغاط الحقيقية لمرحلة واحدة :

$$m = \frac{P_m}{P_o} = 3,656$$

من المخطط :

$$\lambda = 0,79$$

نعوض في القانون :

$$Q_{st} = \frac{Q_o \times \lambda_{st} \times q_{vst}}{\lambda \times q_v} = \frac{95,1945 \times 0,75 \times 191,742}{0,79 \times 276,95}$$

$$\rightarrow \boldsymbol{Q_{st} = 62,57\ (KW)}$$

من كتالوجات شركة يورك – YORK – **للضواغط بمرحلتي انضغاط فإننا سوف نختار:**

ضاغط واحد

ذات الموديل *TSMC 108 L*

الإنتاجية التبريدية للضاغط 66 *(KW)*

في مجال درجات حرارة (35 ÷ 40 –) **درجة مئوية**

عند عدد دورات 1500 *(r.p.m)*

Technical documentation

YORK Refrigeration

TCMO & TSMC reciprocating two-stage compressors

The TCMO & TSMC two-stage compressors complete the comprehensive range of reciprocating compressors available from YORK Refrigeration – all designed for heavy-duty industrial, offshore and marine applications. These compressors have a proven ability to work year after year under the toughest conditions, resulting in thousands of satisfied customers all over the world.

With 8 different sizes providing a low-pressure side displacement from 175–1283 m^3/h at maximum speed and with guaranteed ratings for almost all refrigerants, there is a model ideally suited to every application. In all low-temperature refrigeration installations, two-stage reciprocating compressors will be an economical operating alternative to single-stage screw compressors.

TCMO 28 direct driven unit with shell-and-tube intermediate cooler

Main features

The comprehensive list of outstanding features includes:

Operating efficiency and safety

- Fully unloaded start
- Automatic capacity regulation
- Low noise and vibration levels
- High coefficient of performance (COP)
- Excellent part-load characteristics
- Internal bypass valve to avoid excessive pressure

TSMC 108 direct driven unit with closed flash intermediate cooler

- Spring-loaded safety heads
- Asbestos-free gaskets
- Balanced refrigerant-tight shaft seal
- Minimal spare parts requirements
- Easy maintenance due to good accessibility
- Fully repairable on site.

Quality and reliability

- Integrated discharge manifold
- Integrated suction manifold with filter
- Internal oil filter and gear-type oil pump
- Cylinder liners with hardened surface
- Lightweight pistons with hard chromium piston rings
- Gas-dampened discharge valves
- Stop valves with non-rising spindle
- Casing in grey cast iron of GG25 quality
- Crankshaft in nodular ductile cast iron of GGG70 quality
- Casing, covers, crankshaft, connecting rod and cylinder liners manufactured in YORK's own Meehanite foundries to ensure full process control
- Design pressure 26 bar.

Standard equipment

- Compressor block with oil pump and oil filter
- Solenoid valves for capacity control

- Suction and discharge stop valves
- Safety valve
- Oil-charging valve
- Suction filter
- Oil-level sight glass
- Electric immersion heater in crankcase
- Evacuation valve
- Pre-lubrication valve.

Options

- Gauges, thermometers and temperature/pressure control switches
- Microprocessor control with temperature/pressure sensors
- Extended capacity control
- Oil-level regulator for parallel systems
- Explosion-proof equipment
- Base frame with coupling and guard for direct drive unit
- Base frame with pulleys, belts and guard for V-belt drive unit
- Motors
- Oil separators with solenoid valve or float valve controlled oil return
- Oil-charging pump
- Vibration dampers and foundation bolts
- Spare part sets and tool sets.

Compressor and oil cooling

Depending on refrigerant and operating conditions, it is sometimes necessary to supplement the basic air convection cooling with one of the following options to obtain adequate cooling of the compressor and the lubricating oil:

- Water-cooled top covers
- Water-cooled side covers including oil cooling
- Refrigerant-cooled oil cooling [1)]
- Thermo-pump system (refrigerant cooling of top and side covers including oil cooling – R717 only) [1)]

[1)] *Not available for TSMC 188.*

Intermediate cooling systems

The two-stage compressors are available for connection to a common intermediate cooler in plants with multiple two-stage compressors. Alternatively, the following intermediate cooling systems are available in built-on form, as optional equipment:

- Injection interstage gas cooling without liquid subcooling
- Injection interstage gas cooling with liquid subcooling in a shell-and-tube heat exchanger
- Closed flash interstage cooling in a shell-and-coil intermediate cooler with liquid subcooling in the coil.

Technical data

Model	Number. of cylinders LP / HP side	Bore x stroke mm.	Max rpm	LP side swept volume at max rpm m³/h	Nominal capacities kW R717 -40/+35°C	R22 -40/+35°C	R134A -40/+35°C	R404A -40/+35°C	R507 -40/+35°C	App. Dimensions Direct coupled unit - without intermediate cooler - mm. Length	Width	Height	App. Weight without motor kg.	Sound pressure level dB(A)
TCMO 28	6 / 2	70 x 70	1800	175	20 *)	24 *)	11 *)	27 *)	28 *)	1400 - 1750	700	1000	500	71
TSMC 108 S	6 / 2	100 x 80	1500	339	50	61	30	66	70	1900 - 2500	1050	1125	1000	82
TSMC 108 L	6 / 2	100 x 100	1500	424	66	63 **)	31 **)	68 **)	72 **)	1900 - 2500	1050	1125	1000	83
TSMC 108 E	6 / 2	100 x 120	1500	509	82	NA	NA	NA	NA	1900 - 2500	1050	1125	1000	83
TSMC 116 S	12 / 4	100 x 80	1500	669	100	122	60	132	139	2475 - 3200	1150	1335	1800	84
TSMC 116 L	12 / 4	100 x 100	1500	848	133	126 **)	62 **)	136 **)	144 **)	2475 - 3200	1150	1335	1800	84
TSMC 116 E	12 / 4	100 x 120	1500	1018	163	NA	NA	NA	NA	2475 - 3200	1150	1335	1800	84
TSMC 188	6 / 2	180 x 140	1000	1283	205	183***)	90***)	198***)	209***)	2800 - 3400	1750	1700	3600	85

Nominal capacities are based on 2 deg.C subcooling from condenser, 2 deg.C superheat and liquid subcooling in intermediate cooler to 10 deg. C above intermediate temperature.

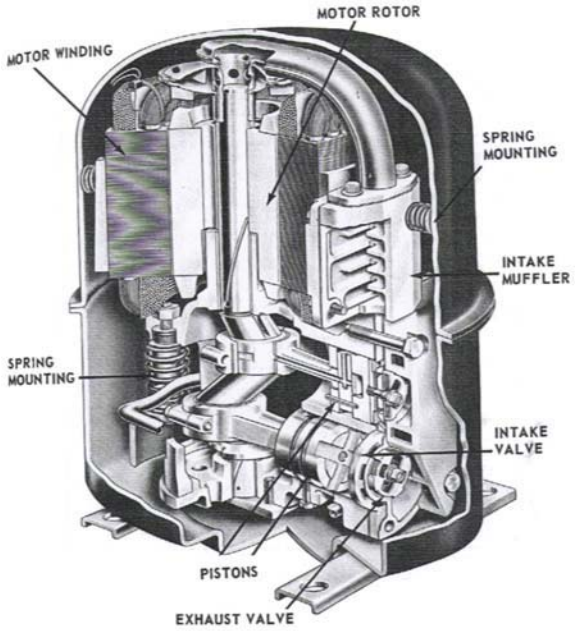
Nominal capacities are at max. rpm except of:

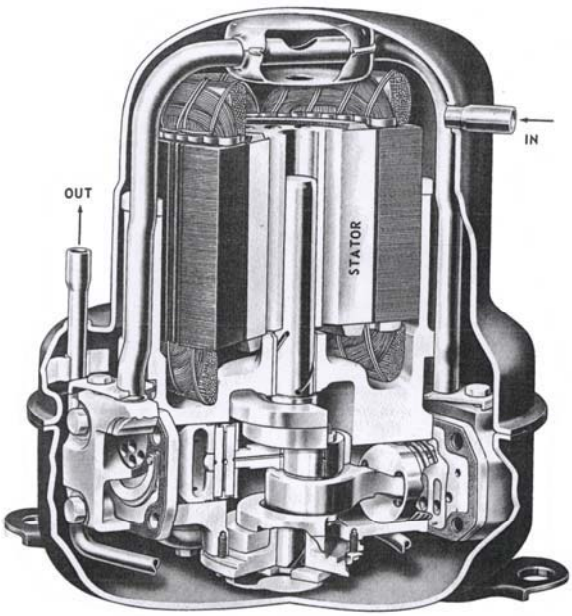
) at 1500 rpm, **) at 1200 rpm, *) at 750 rpm*

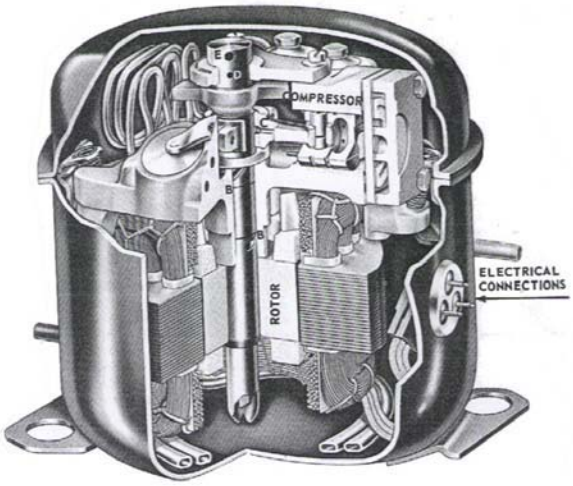
99.12 - 3.000

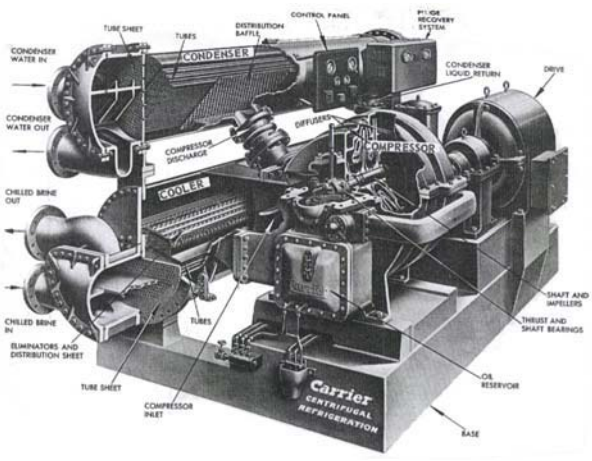
YORK Refrigeration

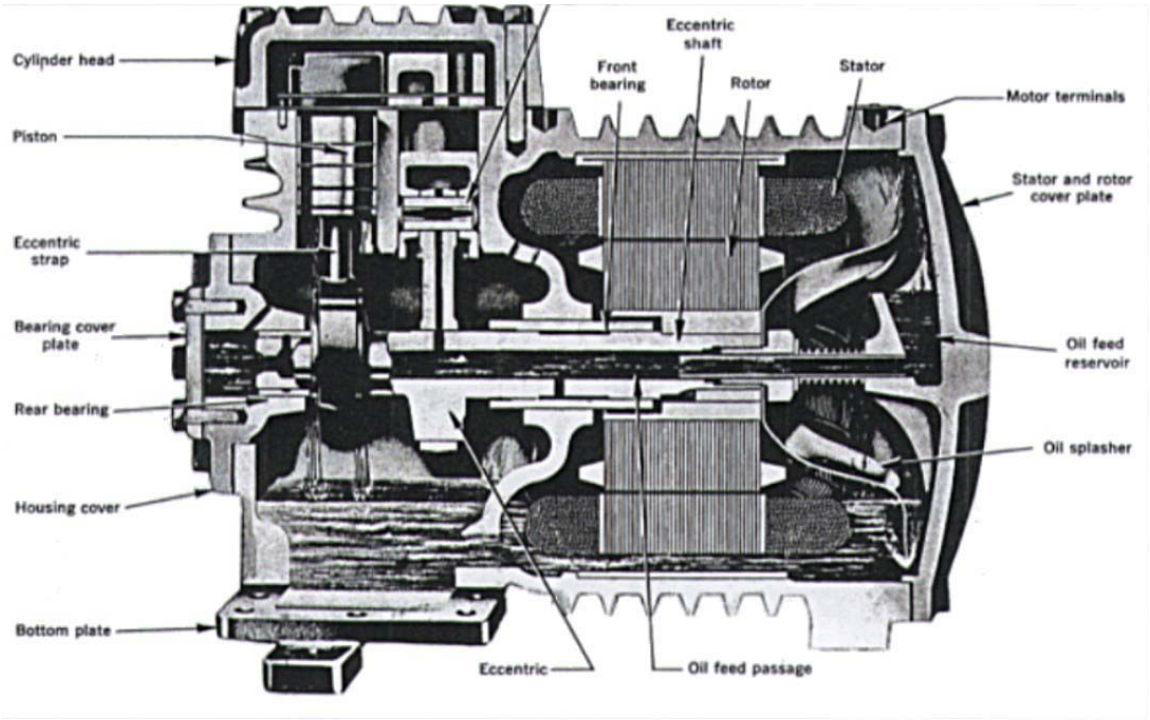
Christian X's Vej 201, P.O. Box 1810, 8270 Højbjerg, Denmark
Phone +45 86 27 12 66 · Fax +45 86 27 44 08

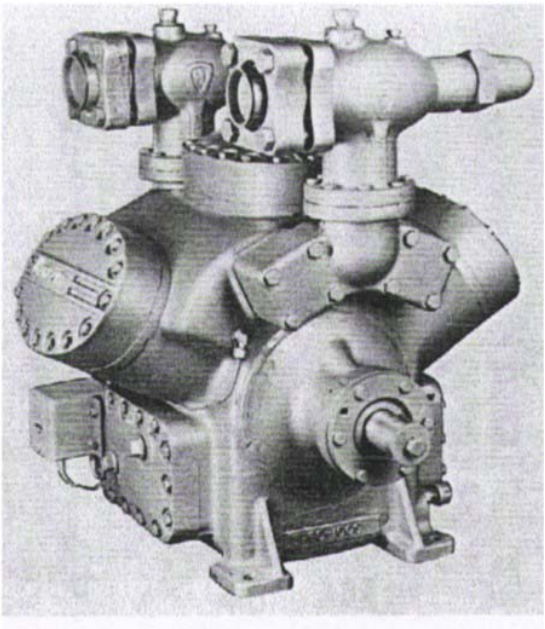

MOTOR ROTOR
MOTOR WINDING
SPRING MOUNTING
INTAKE MUFFLER
SPRING MOUNTING
INTAKE VALVE
PISTONS
EXHAUST VALVE

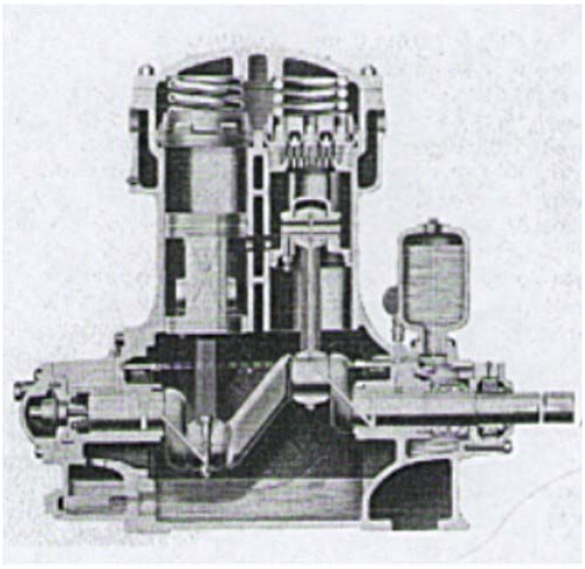

IN
OUT
STATOR


COMPRESSOR
ROTOR
ELECTRICAL CONNECTIONS


CONDENSER
COOLER
COMPRESSOR
Carrier
CENTRIFUGAL REFRIGERATION


Cylinder head
Piston
Eccentric strap
Bearing cover plate
Rear bearing
Housing cover
Bottom plate
Eccentric shaft
Front bearing
Rotor
Stator
Motor terminals
Stator and rotor cover plate
Oil feed reservoir
Oil splasher
Eccentric
Oil feed passage





الفصل الخامس

المبخرات
EVAPORATORS

تعريف :

المبخر هو مبادل حراري يقوم بامتصاص الحرارة من الحيز المبرد ومن ثم يطرحه إلى وسيط التبريد وتصنف المبخرات بصورة عامة ضمن مجموعتين حسب شروط تشغيلها .

أ - المبخرات المغمورة :

حيث يبقى مملوءاً دوماً بسائل وسيط التبريد .
ميزاتها : الحصول على معدلات عالية لانتقال الحرارة .
مساوئها : كبيرة الحجم وتتطلب شحنة كبيرة من وسيط التبريد .

ب - المبخرات ذات التمدد الجاف :

حيث تتم التغذية بسائل التبريد بواسطة صمام التمدد بحيث تتبخر كمية السائل بكاملها عندما تصل إلى نهاية ملف التبخير.

أنواع المبخرات

١ ـ المبخرات ذات الأنابيب العادية :

تصنع هذه الأنابيب من أنابيب فولاذة أو نحاسية وتتميز بسهولة الصنع التركيب وانخفاض الكلفة الأولية للصنع وتستعمل بكثرة على شكل ملفات معلقة تحت سقف غرفة التجميد ومستودعات التبريد حيث سرعة الهواء فيها منخفضة .

٢ ـ المبخرات ذات السطوح المستوية :

على شكل ألواح وتستعمل بكثرة في البرادات والمجمدات المنزلية وتتميز بأنها سهلة التنظيف واقتصادية الصنع ويمكن أن تستخدم بشكل منفرد أو على شكل صفوف من الألواح المتوازية .

٣ ـ المبخرات ذات الأنابيب المزودة بشفرات أو زعانف :

تشكل الشفرات أو الزعانف سطوحاً ثانوية لانتقال الحرارة وظيفتها زيادة التبادل الحراري لذلك ينبغي وصلها، تحقق تلامساً حرارياً جيداً بينها وبين الأنبوب ويتوقف أبعاد الشفرات وعددها على قطر الأنبوب ونوع الاستخدام الذي من أجله يصمم المبخر .

أنواع المبخرات حسب طبيعة انتقال الحرارة

١ ـ المبخرات ذات الحمل الطبيعي :

تستعمل في الحالات التي نرغب فيها أن تكون سرعة الهواء منخفضة وأن يحدث نزع للماء من المنتج وتستعمل في البرادات المنزلية وصناديق العرض المبردة والبرادات التي يمكن تناول ما بداخلها ويبين الشكلين توضع المبخرات في المستودعات.

٢ ـ المبخرات ذات الحمل القسري :

وهي تتألف من أنابيب ملفات ذات شفرات نوعية ضمن غلاف معدني ومزودة بمروحة واحدة أو أكثر لتأمين دوران الهواء .

اختيار المبخرات

١ ـ من أجل غرف الحمضيات :

نختار المبخرات على أساس الحمل الحراري لكل غرفة وذلك بالرجوع إلى جدول الأحمال الحرارية وسوف نختار مبخرين لكل غرفة.

وذلك من كتالوك شركة LU-VE CONTARDO.

استطاعة هذه المبخرات معطاة في الكتالوك من أجل فرق درجات حرارة بين هواء الغرفة وبين درجة حرارة غليان وسيط التبريد فرق مقداره $\Delta T = 10$.

ولدينا الفرق الحقيقي الذي ستعمل عليه المبخرات في غرف الحمضيات هو $\Delta T = 6$.

لذلك يجب الاستعانة بمعامل تصحيح ترفقه الشركة الصانعة .

من الكتالوك معامل التصحيح :

$$FC = 0{,}65$$

فيصبح الحمل الحراري :

$$CT \times \frac{1}{FC} = 43{,}5 \times \frac{1}{0{,}65} = 66{,}92(KW)$$

فتصبح استطاعة المبخر الواحد المطلوبة (*على اعتبار أننا سنضع مبخرين في كل غرفة*) تساوي :

$$\frac{66{,}92}{2} = 33{,}46(KW)$$

من الكتالوك نختار الموديل :

$$HDIA\ 454\text{-}5 = \textbf{\textit{36 (KW)}}$$

فيصبح لدينا حمل المبخرات في الغرفة الواحدة :

$$HDIA\ 454\text{-}5 \times 2 = 36 \times 2 = \textbf{\textit{72 (KW)}}$$

٢ـ من أجل غرفة المركزات :

الحمل الحراري لغرفة المركزات من جدول الأحمال الحرارية :

$$81,57\ (KW)$$

من كتالوك الشركة الصانعة نجد معامل التصحيح :

$$FC = 0,85$$

فيصبح لدينا الحمل الحراري :

$$CT \times \frac{1}{FC} = 81,57 \times \frac{1}{0,85} = 95,96(KW)$$

تصبح استطاعة المبخر الواحد (*على اعتبار مبخرتين في الغرفة*) تساوي :

$$= 95,96 \div 2 = 47,98\ (KW)$$

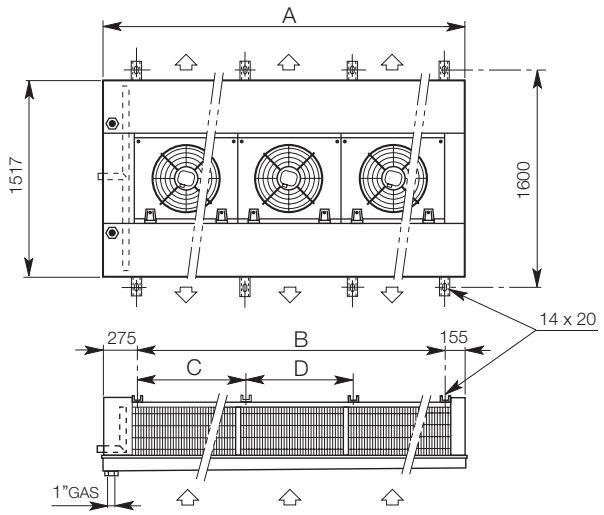
من الكتالوك نختار الموديل :

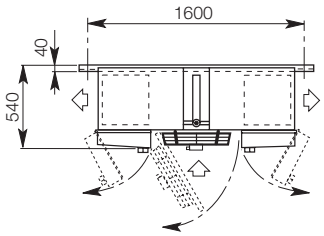
$$HDIA\ 578\text{-}4 = \boldsymbol{48\ (KW)}$$

فيصبح حمل المبخرات في غرفة المركزات :

$$HDIA\ 578\text{-}4 \times 2 = 48 \times 2 = \boldsymbol{96\ (KW)}$$

Dati comuni / Common data / Caractéristiques communes / Gleichbleibende Daten





Modello depositato® / Patented model®
Modèle déposé® / Patentierte Typen®

Modello Modèle	Type Modell	**HDIA**		**234-3**	**344-3**	**469-3**	**689-3**	**704-3**	**1034-3**	**1379-3**	**1724-3**
		HDIA		**192-4**	**302-4**	**385-4**	**605-4**	**578-4**	**908-4**	**1211-4**	**1514-4**
		HDIA		**152-5**	**227-5**	**305-5**	**454-5**	**458-5**	**683-5**	**911-5**	**1139-5**
Elettroventilatori Ventilateurs	Fans Ventilatoren	Ø 500 mm	n°	1	1	2	2	3	3	4	5
Assorbimento motori Puissance moteurs	Motor power consumption Motorleistung Aufnahme	3 ~ 400V 50Hz	W A	800 1.7	800 1.7	1600 3.4	1600 3.4	2400 5.1	2400 5.1	3200 6.8	4000 8.5
Sbrinamento Defrost Dégivrage Abtauung	**E**	230 V	W	5040	6920	9100	12600	13160	18280	23960	29640
	G	230 V	W	1280	1280	2100	2100	2920	2920	3740	4560
	G-GB	attacchi connection raccords Anschlüsse	Ømm	34	34	34	34	34	34	34	34
Dimensioni Dimensions	Dimensions Abmessungen	A	mm	1190	1190	2000	2000	2810	2810	3620	4430
		B	mm	760	760	1570	1570	2380	2380	3190	4000
		C	mm	—	—	—	—	1620	1620	1620	1620
		D	mm	—	—	—	—	—	—	—	810
Volume circuito Volume circuit	Circuit volume Rohrinhalt		dm^3	8.5	12.5	16	23	23	34	45	56
Portata Débit	Quantity Durchsatz	NH_3 Δp15 kPa	dm^3/h	180	270	360	540	540	810	810	1080
Attacchi Raccords	Connection Anschlüsse		Ømm	34	48	48	60	60	60	60	76

FC = Fattori di correzione **HDIA** **FC** = Correction factors **HDIA** **FC** = Facteurs de correction **HDIA** **FC** = Korrekturfaktor **HDIA**

MOTORI / MOTORS / MOTEURS / MOTOREN		**4P** Poli / Poles / Pôles / Polig	
		△	人
Fattore di correzione / Correction factor / Facteur de correction / Korrekturfaktor		FC	FC
Potenza / Rating / Puissance / Leistung (ΔT1)	W	1,00	0,90
Portata d'aria / Air quantity / Débit d'air / Luftdurchsatz	m^3/h	1,00	0,84
Freccia d'aria / Air throw / Projection de l'air / Wurfweite	m	1,00	0,84
Assorbimento motori / Motor power consumption	W	1,00	0,75
Puissance moteurs / Motorleistung Aufnahme	A	1,00	0,62

VERSIONI SPECIALI
ALETTE:
● ALUPAINT®: aletta di alluminio verniciato
MOTORI:
● motori a 6 poli (△/人)

SPECIAL VERSIONS
FINS:
● ALUPAINT®: aluminium painted fin

MOTORS:
● 6 poles motors (△/人)

VERSIONS SPECIALES
AILETTES:
● ALUPAINT®: ailette aluminium vernié
MOTEURS:
● moteurs à 6 pôles (△/人)

SPEZIALAUSFÜHRUNGEN
LAMELLEN:
● ALUPAINT®: Aluminiumlamelle beschichtet
MOTOREN:
● Motoren 6 polig (△/人)

3 = 4.5 mm

Passo alette | Fin spacing | Pas des ailettes | Lamellenabstand

Modello / Modèle	Type / Modell	(4P△)	HDIA	234-3	344-3	469-3	689-3	704-3	1034-3	1379-3	1724-3
Potenza / Puissance	Rating / Leistung	**ΔT1 10 K**	W	17000	21500	34000	43000	51000	64500	86000	107500
Portata d'aria / Débit d'air	Air quantity / Luftdurchsatz		m^3/h	7500	7100	15000	14200	22500	21300	28400	35500
Freccia d'aria / Projection de l'air	Air throw / Wurfweite		m	2x16	2x15	2x19	2x18	2x21	2x20	2x22	2x23
Superficie / Surface / Fläche	*	equivalente / équivalente / equivalent / gleichwertig	m^2	72	107	142	213	213	318	425	532
	TURBOCOIL	esterna / externe / external / äußere	m^2	39	58	77	116	116	173	231	289
		interna / interne / internal / innere	m^2	2.2	3.3	4.4	6.6	6.6	10.0	13.3	16.6
Peso / Poids	Weight / Gewicht		kg	101	112	173	195	245	278	361	444

4 = 8.4/4.2 mm

Doppio passo alette | Dual fin spacing | Double pas des ailettes | Doppellamellenabstand

Modello / Modèle	Type / Modell	(4P△)	HDIA	192-4	302-4	385-4	605-4	578-4	908-4	1211-4	1514-4
Potenza / Puissance	Rating / Leistung	**ΔT1 10 K**	W	15000	20000	30000	40000	45000	60000	80000	100000
Portata d'aria / Débit d'air	Air quantity / Luftdurchsatz		m^3/h	7600	7100	15200	14200	22800	21300	28400	35500
Freccia d'aria / Projection de l'air	Air throw / Wurfweite		m	2x17	2x16	2x20	2x19	2x22	2x21	2x23	2x24
Superficie / Surface / Fläche	*	equivalente / équivalente / equivalent / gleichwertig	m^2	59	96	116	191	173	287	383	478
	TURBOCOIL	esterna / externe / external / äußere	m^2	32	52	63	104	94	156	208	260
		interna / interne / internal / innere	m^2	2.2	3.3	4.4	6.6	6.6	10.0	13.3	16.6
Peso / Poids	Weight / Gewicht		kg	99	109	169	189	239	269	349	429

5 = 7.0 mm

Passo alette | Fin spacing | Pas des ailettes | Lamellenabstand

Modello / Modèle	Type / Modell	(4P△)	HDIA	152-5	227-5	305-5	454-5	458-5	683-5	911-5	1139-5
Potenza / Puissance	Rating / Leistung	**ΔT1 10 K**	W	12500	16800	25000	33500	37500	50350	67000	83800
Portata d'aria / Débit d'air	Air quantity / Luftdurchsatz		m^3/h	7900	7500	15800	15000	23700	22500	30000	37500
Freccia d'aria / Projection de l'air	Air throw / Wurfweite		m	2x17	2x16	2x20	2x19	2x22	2x21	2x23	2x24
Superficie / Surface / Fläche	*	equivalente / équivalente / equivalent / gleichwertig	m^2	48	72	94	142	142	212	283	353
	TURBOCOIL	esterna / externe / external / äußere	m^2	26	39	51	77	77	115	154	192
		interna / interne / internal / innere	m^2	2.2	3.3	4.4	6.6	6.6	10.0	13.3	16.6
Peso / Poids	Weight / Gewicht		kg	97	105	165	181	233	257	333	409

ΔT1 = differenza tra la temperatura dell'aria in entrata e la temperatura d'evaporazione del refrigerante.

ΔT1 = difference between air inlet temperature and refrigerant temperature.

ΔT1 = différence entre la température d'entrée de l'air et la température d'évaporation du réfrigérant.

ΔT1 = Differenz zwischen der Eintrittstemperatur der Luft in den Luftkühler und der Verdampfungstemperatur.

*** Superficie equivalente**
Superficie di uno scambiatore di calore di pari potenza ma con tubi ed alette tradizionali. (Fe-Zn)

*** Surface equivalent**
Equal surfaces of comparable capacity with traditional tubes and fin configuration. (Fe-Zn)

*** Surface équivalente**
Surface d'une batterie d'échange thermique de puissance égale, mais avec tubes et ailettes traditionnels. (Fe-Zn)

*** Gleichwertige Fläche**
Vergleichbare Fläche der Wärmeaustauscher mit gleicher Leistung, aber ohne innen berippte Rohre und Turbo-Lamellen. (Fe-Zn)

Prestazioni

Le potenze degli aeroevaporatori sono provate con temperatura di cella +2,5°C, temperatura di evaporazione –7,5°C, superficie secca. Le potenze nominali indicate nel catalogo corrispondono alle potenze provate moltiplicate per il fattore **1,25** per ottenere valori più rappresentativi delle condizioni operative usuali che sono caratterizzate da sensibili incrementi dello scambio termico dovuti alla condensazione del vapor d'acqua presente nella cella.
Questo fattore dipende dalle condizioni di funzionamento della cella e risulta maggiore per temperature di cella più elevate e inferiore per temperature di cella più basse.

Performance

Capacities of unit coolers are tested with +2.5°C room temperature, –7,5°C evaporating temperature, dry surface. Catalogue nominal capacities correspond to test capacity multiplied by **1.25** to obtain values according to usual operative conditions characterized by sensible increase of heat exchange due to condensation of water vapours contained in the cold room. This factor depends on cold room operating conditions and it increases for high room temperatures and decreases for low room temperatures.

Puissances

Les puissance des évaporateurs sont testées avec température de la chambre +2,5°C, température d'évaporation –7,5°C, surface sèche. Les puissances nominales indiquées dans le catalogue sont conformes aux puissances relevées lors du test multipliées par un facteur de **1,25** pour obtenir des valeurs plus représentatives des conditions habituelles de travail en raison d'une sensible augmentation de l'échange thermique dûe à la condensation de la vapeur d'eau présente dans la chambre.
Ce facteur dépend des conditions de fonctionnement de la chambre, avec une valeur supérieure pour des températures de chambre plus élevées, et avec une valeur inférieure pour des températures de chambre plus basses.

Merkmale

Die Luftkühlerleistungen sind mit Kühlraumtemperatur +2,5°C, Verdampfungstemperatur –7,5°C und trockner Oberfläche geprüft. Die in diesem Katalog angegebenen Nennleistungen entsprechen den geprüften Leistungen, multipliziert mit dem Faktor **1,25**, der dem höheren Gesamtwärmeübergang bei zusätzlich latenter Wärme Rechnung trägt.
Dieser Faktor ist abhängig von den Bedingungen des Kühlraums, dieser ist für höhere Raumtemperaturen höher, und niedriger bei niedrigen Raumtemperaturen.

CERTIFIED QUALITY SYSTEM ISO 9001

Assicurazione qualità

Il Sistema Qualità LU-VE, che include anche le procedure riguardanti la progettazione, le prove di laboratorio, i sistemi di produzione ed il controllo della qualità, ha ottenuto la certificazione UNI EN ISO9001.

Quality Assurance

LU-VE is a certificated company to UNI EN ISO9001, which is the most important Quality Assurance qualification, covering Development, Testing, Production method and Inspection procedures.

Assurance Qualité

Le système "Assurance Qualité" de LU-VE qui inclut toutes les procédures depuis l'étude des produits, les essais, l'ensemble du système de production et le système de contrôle qualité a obtenu la certification UNI EN ISO9001.

Qualitätstandard

Der LU-VE Qualitätstandard, inklusive Plannung, Labor, Erzeugung und Qualitätprüfung sind nach UNI EN ISO9001 zertifiziert.

Esempio di ordinazione / Ordering example / Exemple de commande / Bestellbeispiel

HDIA	385	E	4	PB

H = Hitec®
D = doppio flusso / dual discharge / double flux / zweiseitig ausblasende
I = Industriale / Industrial / Industriel / Industrie
A = NH_3

Modello / Type / Modèle / Modell

N = Sbrinamento ad aria / Dégrivrage à air / Air defrost / Luftabtauung
E = Sbrinamento elettrico / Dégivrage électrique / Electric defrost / Elektrische Abtauung
G = Sbrinam. gas caldo per batteria ed elettrico nella bacinella / Dégivrage à gaz chauds pour la batterie et électrique dans l'égouttoir / Hot gas defrost for the coil and electr. defrost in the drain tray / Heissgasabtauung für die Batterie und elektrische Abtauung in der Tropfschale
GB = Sbrinamento a gas caldo per la batteria e la bacinella / Dégivrage à gaz chauds pour la batterie et l'égouttoir / Hot gas defrost for both coil and drain tray / Heissgasabtauung für Batterie und Tropfschale

Passo alette / Fin spacing / Pas des ailettes / Lamellenabstand
3 = 4.5 mm
4 = 8.4/4.2 mm
5 = 7,0 mm

PT Alimentazione a pompa dall'alto / Feeding by pump, inlet from the top / Alimentation à pompe, entrée par le haut / Speisung durch Pumpe, Einlauf oben
PB Alimentazione a pompa dal basso / Feeding by pump, inlet from the bottom / Alimentation à pompe, entrée par le bas / Speisung durch Pumpe, Einlauf unten

الفصل السادس

المكثفات

تعريف

المكثف عبارة عن مبادل حراري يتم فيه تكثيف بخار وسيط التبريد وتحويله إلى سائل بسحب كمية من الحرارة تساوي إلى الكمية المسحوبة في المبخر مضافاً إليها الحرارة المكافئة لعمل الضاغط وبشكل عام توجد ثلاث مناطق لانتقال الحرارة في المكثفات .

١ ـ *منطقة إزالة التحميص* : وفيها تنخفض درجة حرارة الغاز الساخن من درجة حرارة التصريف حتى درجة حرارة التكثيف .

٢ ـ *منطقة التكثيف* : وفيها تتم إزالة الحرارة الكامنة بثبوت درجة الحرارة .

٣ ـ *منطقة التبريد التحتي* : وفيها تنخفض درجة حرارة سائل وسيط التبريد إلى أقل من درجة حرارة المائع المستخدم في التبريد داخل المكثف .

وتستعمل عدة أنواع من المكثفات في آلات التبريد تبعاً لنوعية مائع تبريد المكثف وهي :

١ ـ المكثفات المبردة بالهواء .

٢ ـ المكثفات المبردة بالماء .

٣ ـ المكثفات التبخيرية وتستخدم كلاً من الماء والهواء .

المكثفات المبردة بالهواء :

وفيها يستعمل الهواء كمائع تبريد للمكثف وتصمم هذه المكثفات من أنابيب نحاسية مزعنفة بصفائح رقيقة من الألمنيوم ومرتبة في صفوف متعامدة على اتجاه الجريان، يجري وسيط التبريد داخل الأنابيب بينما يجري الهواء حول الأنابيب والزعانف ويمكن أن تكون حركة الهواء خلال المكثفات الهوائية حركة طبيعية نتيجة الحمل الحراري الطبيعي أو القسري نتيجة استخدام المراوح.

ينحصر استخدام المكثفات المبردة بالهواء ذي الحركة الطبيعية في وحدات التبريد الصغيرة مثل البرادات والمجمدات المنزلية لأن التدفق الحجمي فيه يكون منخفضاً وبالتالي يكون سطح التكثيف اللازم كبيراً .

أما المكثفات الهوائية ذات الجريان القسري فتصنف إلى نوعين :

١ ـ المكثفات المركبة على قاعدة :

وفي هذا النوع يعتبر المكثف جزءاً من وحدة التكثيف وتشتمل على ضاغط ومحرك كهربائي على شكل مجموعة محكمة الإغلاق ضمن غلاف من الفولاذ الملحوم بالإضافة إلى المكثف ومروحة ولاتتجاوز استطاعة هذه الوحدة 2 طن تبريد .

٢ ـ المكثفات المركبة عن بعد :

وتتألف من قسمين :

آ ـ مجموعة الضاغط والمحرك الكهربائي على قاعدة خاصة .

ب ـ مجموعة المكثف ومروحته .

ويجب أن يكون اتجاه الرياح في وضع مساعد لحركة الهواء خلال المكثف بواسطة المروحة ويفضل تركيب المكثف خارج المبنى لأنه يسمح باستخدام هواء ذو درجة حرارة منخفضة وتستعمل هذه الوحدات في التجهيزات الصناعية للتبريد وفي تجهيزات تكييف الهواء ذات الاستطاعة الصغيرة وتتراوح استطاعتها من 1 طن تبريد إلى 100 طن تبريد .

وللحصول على نتائج جيدة في المكثفات المبردة بالهواء يجب أن تتراوح سرعة الهواء خلال المكثف من $2,5\ m/s$ حتى $5\ m/s$. ويحتاج المكثف الهوائي تقريباً إلى $500\ L/s$ من الهواء لكل طن تبريد.

المكثفات الهوائية واسعة الانتشار، أدائها بسيط وسعرها رخيص ولاتحتاج لمياه تبريد ولايصيبها الصدأ ولكنها تحتاج إلى طاقة كبيرة نسبياً لأن درجة حرارة التكثيف مرتفعة مقارنة مع المكثفات الأخرى .

المكثفات المبردة بالماء :

تعتبر أكثر اقتصادية في حال توفر مياه نظيفة ورخيصة وإمكانية تبريد المياه لإعادة استخدامها، تصنع من أنابيب الحديد الصلب في حال استخدام الأمونيا وتصنف ضمن نظامين هما :

١ ـ المكثفات ذات نظام المائع الضائع ويفضل عندما يكون التدفق الكتلي للماء $0,1\ l/s$ لكل طن تبريد.

٢ ـ المكثفات ذات نظام الماء المعاد استخدامه ويفضل عندما يكون التدفق الكتلي للماء $0,2\ l/s$ لكل طن تبريد .

يتعلق تصميم المكثفات المائية على سرعة جريان الماء ومعدل التدفق الكتلي إذ كلما ازدادت غزارة المياه في المكثف انخفض معدل ازدياد درجة حرارتها كما يجب أن نأخذ بعين الاعتبار عامل آخر نتيجة لتراكم الأوساخ وتشكل القشور والترسبات التي تخفض عامل انتقال الحرارة وتخفض غزارة المياه المارة وترفع ضغط التكثيف وتقسم هذه المكثفات إلى :

١ ـ المكثفات ذات الأنبوب المزدوج :

تتكون من أنبوبين، تجري مياه التبريد داخل الأنبوب الداخلي بواسطة مضخة بينما بخار وسيط التبريد يحيط بأنبوب الماء وسرعة الماء تتراوح من $1,2\ m/s$ إلى $1,5\ m/s$ وعامل انتقال الحرارة الكلي مرتفع :

$$k = 700 \div 900\ Watt/m^2\ K^o$$

وبها عدة تصاميم :

أ ـ ذات الأنابيب الحلزونية .

ب ـ ذات الأنابيب المستقيمة .

٢ ـ المكثفات ذات الغلاف والملف :

وتتكون من ملف أنبوبي بشكل حلزوني داخل غلاف معدني، يدخل بخار وسيط التبريد من أعلى الغلاف، يتكثف ويتجمع السائل في قاع الغلاف وتتميز هذه المكثفات :

ـ صغر الحجم .

ـ إمكانية استخدامها بوضع رأسي إذا كانت المساحة المخصصة محدودة .

ـ تستخدم في وحدات التبريد الصغيرة ذات السعات التي لاتتجاوز 10 طن تبريد .

٣ ـ المكثفات ذات الغلاف وحزمة الأنابيب :

وهي عبارة عن مبادلات حرارية أسطوانية تتألف من غلاف وحزمة أنابيب حيث يجري الماء داخل الأنابيب ويملأ بخار وسيط التبريد المطلوب تكثيفه الفراغ المحيط بالأنابيب.

وتتميز هذه المكثفات :

- ارتفاع عامل انتقال الحرارة الكلي وقيمته الوسطية $k = 1100\ Watt/m^2.K^o$.
- صغر الحجم .
- تستعمل من سعات 2 طن تبريد إلى عدة آلاف من الأطنان التبريدية .
- وتركب هذه المكثفات في معظم الحالات تحت الضاغط مباشرة .
- يتراوح قطر غلاف المكثف بين $10\ cm - 150\ cm$.
- يتراوح طول الأنابيب بين $1\ m - 6\ m$.
- يتراوح قطر الأنابيب بين $16\ mm - 50\ mm$
- يتراوح عدد الأنابيب بين 6 ـ عدة آلاف .

المكثفات التبخيرية :

عبارة عن مبادل حراري يقوم بعمل المكثف وبرج التبريد معاً في وحدة واحدة وتستعمل هذه المكثفات في حال لم تتوفر مياه التبريد بصورة كافية وتقسم إلى :

١ ـ مكثفات ذات سحب طبيعي :

ولها عدة محاذير منها :

- انخفاض عامل انتقال الحرارة الكلي .
- أبعاد المكثف كبيرة لأن حركة الهواء طبيعية .
- ارتفاع كلفة الإنشاء .
- وزن المكثف وحوضه يشكلان حمولة إضافية على المبنى .

٢ ـ مكثفات ذات سحب قسري :

أهم مزاياها اقتراب درجة حرارة التكثيف من درجة الحرارة الرطبة للهواء وتوضع عادة خارج المباني تصل سعتها إلى 200 طن تبريد .

اختيار المكثفات

من أجل غرف المضيات

الحمل الحراري الواقع على المكثف ويعطى بالعلاقة :

$$Q_c = G\ (i_2 - i_{3'})$$
$$= 0{,}314\ (446{,}5 - 146{,}74)\ \ 4{,}186 = 394\ (KW)$$

من كتالوجات شركة – HPH – للمكثفات فإننا سوف نختار:

المكثف ذات الموديل $CFAL - 414$

استطاعته $413{,}95\ (KW)$

عند تدفق حجمي قدره $48{,}8\ (m^3/h)$

عند $\Delta T = 11{,}2\ C^o$

من أجل غرفة المركزات

الحمل الحراري الواقع عليه يعطى بالعلاقة :

$$Q_c = G\ (i_4 - i_{4'})$$
$$= 0{,}0538\ (446{,}5 - 146{,}74)\ \ 4{,}186 = 67{,}51\ (KW)$$

من كتالوجات شركة – HPH – للمكثفات فإننا سوف نختار:

المكثف ذات الموديل $CA - 83$

استطاعته $83{,}72\ (KW)$

عند تدفق حجمي قدره $10{,}56\ (m^3/h)$

عند $\Delta T = 11{,}2\ C^o$

الفصل السابع

أبراج التبريد

COOLING TOWERS

تعريف

هي عبارة عن أجهزة وظيفتها تبريد المياه الساخنة الخارجة من المكثف لإعادتها مرة أخرى لتبريد وسيط التبريد حيث أن درجة حرارة مياه البرج تنخفض وذلك بسبب التبادل الحراري الذي يتم بين الماء والهواء الموجود في البرج وذلك بانتقال الحرارة الكامنة الناتجة عن تبخر قسم من المياه الواردة والتي يجب تبريدها بواسطة الهواء ويبين الشكل في الصفيحات التالية مقطعاً توضيحياً لبرج التبريد.

أنواع أبراج التبريد :

وتقسم أبراج التبريد إلى نوعين :

١ ـ أبراج التبريد ذات تيار الهواء الطبيعي .

٢ ـ أبراج التبريد ذات تيار الهواء الميكانيكي .

١ ـ أبراج التبريد ذات تيار الهواء الطبيعي :

وتكون حركة الهواء عبر برج التبريد نتيجة الحمل الطبيعي يسمى برج التبريد بأنه ذو سحب طبيعي أو برج تبريد جوي حيث يضخ الماء الساخن الخارج من المكثف إلى أعلى البرج ويرش بواسطة بخاخات .

٢ ـ أبراج التبريد ذات تيار الهواء الميكانيكي :

وتكون حركة الهواء عبر البرج حركة قسرية تحت مروحة وتقسم أبراج التبريد ذات السحب القسري إلى نوعين :

١ ـ أبراج التبريد ذات السحب المستحث .

٢ ـ أبراج التبريد ذات السحب القسري .

مزايا الأبراج ذات السحب الميكانيكي :

- التحكم الدقيق بدرجة حرارة الماء في مخرج البرج .
- المساحة الصغيرة نسبياً اللازمة لتركيب البرج .
- ارتفاع الضخ للماء هو أصغر .
- لايوجد أي قيود لاختيار البرج .
- إمكانية زيادة حشوات البرج في واحدة الحجم .
- الحصول على اقتراب أكبر مجال تبريد أفضل .
- كلفة الإنشاء أقل من كلفة إنشاء الأبراج ذات السحب الطبيعي .

محاذيرها بالمقارنة مع الأبراج الجوية :

- استهلاك مستمر للطاقة الكهربائية لتشغيل المروحة .
- مقدار مساحة سطح الماء المعرضة للتيار ومدة تعرضها .
- سرعة الهواء أثناء مروره عبر البرج .
- اتجاه جريان الهواء بالنسبة للسطح المعرض من الماء .

اختيار برج التبريد

سوف نقوم باختيار برج تبريد واحد للدارتين.

الحمل الحراري المطلوب من برج التبريد أن يبدده يحسب كتالي:

$$Q = Q_{C1} + Q_{C2}$$

حيث:

Q_{C1} : حمل المكثفات لدارة الحمضيات.

Q_{C2} : حمل المكثفات لدارة المركزات.

$$Q = 413,95 + 83,72$$

$$\rightarrow Q = 497,67\ (KW)$$

تدفق المياه في البرج :

$$M_w = \frac{Q}{C_w \times \Delta T} = \frac{497,67}{4,186 \times 5} = 23,81(Kg/s)$$

فيصبح التدفق الحجمي لبرج التبريد :

$$V_w = \frac{M_w \times 3600}{\rho} = \frac{23,81 \times 3600}{1000} = 85,716(m^3/h)$$

من كتالوكات شركة – DECSA – **لأبراج التبريد** :

ومن سلسلة موديلات TVA

نختار الموديل $TVA - 11 - 625$

استطاعته $614\ (KW)$

تدفق الهواء فيه $15,87\ (m^3/s)$

Caratteristiche

Technical Data

Modello TVA	Potenza termica kW (*)	Portata aria m^3/s	Numero ventilatori e motori T=trasmissione	Potenza cadaun motore kW
Model TVA	*Heat rejection kW (*)*	*Air Flow m^3/s*	*Number of fans and motors T=transmission*	*Power of each motor kW*
10-10	109	2,8	1	1,1
10-12	127	2,72	1	1,1
10-15	139	2,72	1	1,5
10-19	196	5,15	1	2,2
10-21	255	4,84	1	2,2
10-26	269	4,84	1	3
10-31	320	8,22	1	2,2
10-36	358	9,36	1	3
10-42	437	9,36	1	4
10-46	475	8,79	1	4
11-62S	614	15,87	1	5,5
11-78	788	16,92	1	5,5
11-90	900	19,05	1	11
11-96	966	18	1	11
11-94S	949	24,61	1	7,5
11-126	1267	26,69	1	11
11-138	1386	29,87	1	15
11-152	1529	28,58	1	15
21-123S/CT	1228	31,74	2	5,5
21-157/CT	1575	33,84	2	7,5
21-180/CT	1803	38,1	2	11
21-193/CT	1933	36	2	11
21-189S/CT	1898	49,22	2	7,5
21-253/CT	2534	53,98	2	11
21-277/CT	2772	58,74	2	15
21-305/CT	3058	51,16	2	15
31-380/CT	3801	80,97	3	11
31-415/CT	4158	88,11	3	15
31-458/CT	4586	85,74	3	15
14-86S	860	22,45	1T	5,5
14-104S	1049	22,45	1T	7,5
14-116	1160	24,5	1	11
14-124S	1243	24,5	1T	11
14-124	1243	24,5	1	11
14-134S	1345	25,17	1T	15
14-134	1345	25,17	1	15
14-105S	1054	27,22	1T	7,5
14-112S	1207	31,79	1T	11
14-144	1448	30,91	1T	11
14-149	1496	31,79	1	15
14-161S	1615	31,79	1T	15
14-171	1702	31,79	1	18,5
14-171S	1702	31,79	1T	15
14-183	1838	34,42	1T	18,5
24-210S	2100	44,9	2T	7,5
24-231	2317	49	2	11

Modello TMA	Potenza termica kW (*)	Portata aria m^3/s	Numero ventilatori e motori T=trasmissione	Potenza cadaun motore kW
Model TMA	*Heat rejection kW (*)*	*Air Flow m^3/s*	*Number of fans and motors T=transmission*	*Power of each motor kW*
24-248S	2486	49	2T	11
24-248	2486	49	2	11
24-268S	2689	50,34	2T	15
24-268	2689	50,34	2	15
24-241	2414	63,58	2T	11
24-289	2896	61,82	2T	11
24-299	2994	63,58	2	15
24-323	3230	63,58	2T	15
24-340	3404	63,58	2	18,5
24-340S	3404	63,58	2T	15
24-367	3675	68,84	2T	18,5
34-434	4343	92,73	3T	11
34-449	4490	95,37	3	15
34-484	4845	95,37	3T	15
34-510	5107	95,37	3	18,5
34-510S	5107	95,37	3T	15
34-551	5513	103,26	3T	18,5
19-127S	1274	32,96	1T	7,5
19-142	1422	37,28	1T	11
19-180	1809	38,36	1T	15
19-202	2002	39,46	1T	18,5
19-216	2166	40,54	1T	22
19-179S	1798	46,79	1T	15
19-233	2333	49,7	1T	22
19-253	2533	49,7	1T	22
19-281	2815	52,62	1T	30
19-196S	1967	51,04	1T	18,5
19-207	2078	54,25	1T	22
19-271	2713	57,46	1T	30
19-292	2927	57,46	1T	30
19-304	3044	56,73	1T	30
29-361	3617	76,72	2T	15
29-400	4006	78,92	2T	18,5
29-433	4332	81,08	2T	22
29-359S	3595	93,58	2T	15
29-466	4665	99,4	2T	22
29-506	5066	99,4	2T	22
29-563	5630	105,24	2T	30
29-415S	4156	108,5	2T	22
29-585	5853	114,92	2T	30
29-608	6087	113,46	2T	30
39-649	6498	121,62	3T	22
39-549S	5498	140,37	3T	15
39-699	6998	149,1	3T	22
39-759	7599	149,1	3T	22
39-844	8445	157,86	3T	30

La temperatura massima dell'acqua nelle torri standard è di 80°C.

(*) Potenza termica smaltita nominale alle seguenti condizioni: b.u. 24°C - entrata/uscita acqua 35°/30°C.

- I modelli seguiti dalla sigla CT sono compatibili con i container, ma non sono necessariamente i più economici.
- I modelli seguiti dalla sigla S sono più silenziosi di altri di pari potenza, ma sono più costosi.

The maximum water temperature in standard towers is 80°C.

(*) Nominal heat rejection at the following conditions: w.b. 24°C - water in/out 35°/30°C.

- *The models followed by the initials CT are container compatible, but are not necessarily the cheapest ones.*
- *The models followed by the initials S have a noise level lower than others with the same capacity, but are more expensive.*

الفصل الثامن

حساب واختيار شبكة الأنابيب

تصنيف أنابيب دارة التبريد

١ ـ أنابيب السحب :

وهي عبارة عن الأنابيب الواقعة بين نهاية المبخر والضاغط وهي أصعب جزء من حيث تقدير أقطارها وسرعة الوسيط فيها وانخفاض الضاغط التصميمي فيها إن القطر الأفضل لأنابيب السحب هو القطر الذي يتيح عملياً أدنى فقد في الضغط مع الانضغاط للبخار بسرعة تكفي للتأكد من رجوع الزيت ويتم تصميم أغلب مجموعات التبريد التي يستخدم فيها إما بفعل الجاذبية الأرضية وإما بحملها مع بخار السحب ويجب أن نعزل الأنابيب لكي لاتتسرب الحرارة من الوسيط إلى المحيط وتقل درجة حرارة الوسيط المسحوب وبالتالي يتشكل بعض قطرات سائل البخار الذي يسبب تلف الضاغط، وتلف هذه الأنابيب بواسطة عوازل خاصة لهذه الغاية .

٢ ـ أنابيب الدفع :

تعين أقطار هذه المجموعة بطريقة مشابهة لطريقة تعيين أنبوب السحب، حيث أن أي خفض في ضغط وسيط التبريد خلال مواسير التصريف يعمل على رفع ضغط التصريف وتقليل فعل مجموعة التبريد، وعند تعيين أقطار أنابيب الدفع يجب أن يكون انخفاض الضغط فيها أقل ما يمكن من الناحية العملية، ويجب أن تجعل أنابيب الدفع إلى الأسفل في اتجاه انسياب وسيط التبريد بحيث إذا حصل ضخ لزيت الضاغط على خط التصريف يتم تصفيته إلى المكثف ولايعود إلى رأس الضاغط .

إن أنابيب الدفع عبارة عن الأنابيب الواصلة بين الضاغط والمكثف، ويتم اختيارها من المخططات والجداول.

٣ ـ خطوط السائل :

ويتم توصيل وسيط التبريد سواء كان مبرداً تبريداً بينياً أم لا مع الاحتفاظ بضغط سائل مرتفع بما يكفي ليعمل بها التحكم بشكل جيد وحيث أن وسيط التبريد بهذا الخط بحالة سيولة فإن الزيت الذي يدخل إلى خط السائل يحمل مع وسيط التبريد إلى المبخر ولذلك لايوجد مشاكل أنابيب السائل أقل صعوبة من تصميم باقي الأنابيب.

اختيار مواقع الأنابيب :

يفضل دوماً أن تثبت الأنابيب الواصلة بين أجزاء غرفة التبريد بشكل لايعيق أي من عمليات الصيانة للأجهزة أو يعيق سهولة التحرك داخل غرف التبريد، وغالباً تركب موازية للجدران بشكل لايبعد أكثر من (m) 5 عند السقف، أو تعلق في السقف ويراعى أثناء التثبيت أن يكون السحب أو التصريف مائل بشكل بسيط باتجاه الانسياب للوسيط المستخدم .

الشروط الواجب توفرها في شبكة الأنابيب :

عند اختيار وتصميم الأنابيب يجب أن نأخذ بعين الاعتبار مجموعة من الشروط والاحتياجات التي يجب أن توفرها هذه الأنابيب لأجهزة التبريد لكي تعمل جيداً .

١ ـ تأمين كمية وسيط التبريد اللازمة لاستطاعة كل مبخر .

٢ ـ تحقيق رجوع الزيت باستمرار إلى الضاغط .

٣ ـ تحقيق عدم تجمع كميات من الزيت في المبخر أو خط السحب.

٤ ـ تأمين عدم تسرب وسيط التبريد إلى داخل أجزاء الضاغط أثناء التشغيل أو التوقف .

٥ ـ يجب ان تكون سرعة وسيط التبريد في شبكة الأنابيب المختارة كافية لإرجاع الزيت داخل الأنبوب وعند أقل تحميل للضاغط المستخدم .

نوع الأنابيب	نوع وسيط التبريد	سرعة وسيط التبريد (m/s)	انخفاض الضغط المسموح به (MN/m^2)
أنابيب السحب T_o حتى 30 C°	R-12	8÷12	0,02 ÷ 0,007
To < -30 C°	R-22	10 ÷ 20	0,007
To= 0 ÷ 30C°	NH_3	10÷20	0,02 ÷ 0,005
To < -30 C°	NH_3	10÷20	0,005
أنابيب الدفع	R22 – R12	10÷18	0,014 ÷ 0,028
أنابيب الدفع	NH3	12÷25	0,014 ÷ 0,0008
أنابيب السائل من المكثف إلى المجمع	R22 – R12	1÷1,2	لايسمح بتشكل البخار قبل صمام التمدد
أنابيب السائل من المكثف إلى المجمع	NH_3	0,6	
خطوط السائل من المجمع إلى صمام التمدد	R22 – R12	0,5÷1,25	
خطوط السائل من المجمع إلى صمام التمدد	NH_3	0,5÷1,25	
انابيب تحوي غاز مع سائل	لكافة وسائط التبريد	0,5÷10	يتبع لنسبة البخار في السائل

القيم العيارية لأقطار الأنابيب الفولاذية

وزن واحد متر Kg	مساحة المقطع العرضي $10^3\ m^2$	سماكة الانبوب mm	القطر الداخلي mm	القطر الخارجي mm	الممر الشرطي لانبوبة الفولاذ mm
0,49	0,05	2	8	12	8
0,59	0,08	2	10	14	10
0,79	0,15	2	14	18	15
0,99	0,26	2	18	22	20
1,65	0,60	2,25	27,5	32	25
1,98	0,88	2,25	33,5	38	32
2,73	1,28	2,25	40,5	45	40
4,62	1,96	3,5	50	57	50
6,26	3,74	3,5	69	76	70
7,38	5,28	3,5	82	89	80
10,26	7,85	4	100	108	100
12,73	12,3	4	125	133	125
17,15	17,7	4,5	150	159	150
31,59	33,7	6	207	219	200

حساب أقطار الأنابيب :

نحسب أقطار الأنابيب من علاقة الاستمرار :

$$d = \sqrt{\frac{4 \times V}{\pi \times w}}$$

حيث :

$d\ (m)$: القطر الداخلي للأنبوب .

$w\ (m/s)$: سرعة وسيط التبريد داخل الأنبوب

$V\ (m^3/s)$: التدفق الحجمي لوسيط التبريد .

تؤخذ **سرعة جريان وسيط التبريد داخل الأنابيب** وفق الجداول ويعطي التدفق الحجمي بالعلاقة :

$$V = G \times v$$

حيث :

v : الحجم النوعي لوسيط التبريد (m^3/Kg)

G : التدفق الكلي لوسيط التبريد (Kg/s)

أما **التدفق الكتلي لوسيط التبريد** فيحسب بالعلاقة :

$$G = \frac{Q}{\Delta i}$$

حيث :

Q : الحمل الحراري الواقع على الأنبوب ،

Δi : فرق الانتالبي على طرفي المبخر (Kj/Kg)

ثم بعد ذلك نختار القيمة القريبة من القطر وذلك من جداول الأنابيب الفولاذية ونعيد حساب السرعة الحقيقية لوسيط التبريد ونختار أقطار الأنابيب من الجداول المعطاة .

حسابات الأنابيب

حساب أقطار الأنابيب لدارة الحمضيات

١ـ حساب قطر الأنبوب المجمع لأنابيب الدفع من الضواغط الثلاثة

$$G = \frac{Q}{i_2 - i_1} = \frac{3 \times 127}{(446,5 - 403,87) \times 4,186} = 2,135 (Kg/s)$$

$$V = G \times v_2 = 2,135 \times 0,106 = 0,226 \ (m^3/s)$$

$$d = \sqrt{\frac{4 \times 0,226}{\pi \times 20}} = 0,119 \ (m)$$

القطر العياري من الجداول يكون :

$$d = 125 \ (mm)$$

٢ـ حساب قطر أنبوب الدفع لضاغط واحد

$$V' = \frac{V}{3} = \frac{0,226}{3} = 0,0753 \ (m^3/s)$$

$$d' = \sqrt{\frac{4 \times 0,0753}{\pi \times 20}} = 0,069 \ (m)$$

القطر العياري من الجداول يكون :

$$d` = 82 \ (mm)$$

٣ـ حساب أقطار الأنابيب 4 , 5 , 8 , 9 , 12 , 13 , 16 , 17 , 20 , 21 , 24 , 25 , 28 , 29 :

$$G = \frac{Q}{i_{1'} - i_4} = \frac{36}{(400,98 - 140,82) \times 4,186} = 0,033 (Kg/s)$$

$$V = G \times v_4 = 0,033 \times 0,0515 \rightarrow V = 1,702 \times 10^{-3} (m^3/s)$$

$$d = \sqrt{\frac{4 \times 1,702 \times 10^{-3}}{\pi \times 7}} = 0,0176 (m)$$

القطر العياري من الجدول :

$$d = 18 (mm)$$

- اعتبرنا السرعة واقعة في المجال (10 ÷ 0,5) ونعتبرها $w = 7 (m/s)$

٤ـ حساب أقطار الأنابيب 4' , 5` , 8` , 9` , 12` , 13` , 16` , 17` , 20` , 21` , 24` , 25` , 28` , 29` :

(أنابيب سحب)

$$G = \frac{Q}{i_{1'} - i_4} = \frac{36}{(400,98 - 140,82) \times 4,186} = 0,033 (Kg/s)$$

$$V = G \times v_{1'} = 0,033 \times 0,3111 \rightarrow V = 0,0103 (m^3/s)$$

$$d = \sqrt{\frac{4 \times 0,0103}{\pi \times 15}} = 0,0295 (m)$$

القطر العياري من الجدول :

$$d = 33,5 (mm)$$

- اعتبرنا السرعة واقعة في المجال (20 ÷ 10) ونعتبرها $w = 15 (m/s)$

٥ـ أقطار الأنابيب 3 , 7 , 11 , 14 , 15 , 19 , 23 , 26 , 27

متساوية حيث :

$$G = 2 \times G_4 = 2 \times 0{,}033 \quad = 0{,}066\ (Kg/s)$$

$$V = G \times v_4 = 2 \times V_4$$

$$= 2 \times 1{,}702 \times 10^{-3} = 3{,}404 \times 10^{-3}\ (m^3/s)$$

$$d = \sqrt{\frac{4 \times 3{,}404 \times 10^{-3}}{\pi \times 7}} = 0{,}0249\ (m)$$

القطر العياري من الجدول :

$$d = 27{,}5\ (mm)$$

٨ـ أقطار الأنابيب 3` , 7` , 11` , 14` , 15` , 19` , 23` , 26` , 27`

متساوية حيث:

$$G = 2\ G_{4`} = 2 \times 0{,}033 \quad = 0{,}066\ (Kg/s)$$

$$V = 2\ V_{4`} = 2 \times 0{,}0103 \quad = 0{,}0206\ (Kg/s)$$

$$d = \sqrt{\frac{4 \times 0{,}0206}{\pi \times 15}} = 0{,}0418\ (m)$$

القطر العياري من الجدول :

$$d = 50\ (mm)$$

٩ـ أقطار الأنابيب رقم 10 , 22 :

$$G_{10,\ 22} = G_{11} + G_{14} = 0{,}066 + 0{,}066 = 0{,}132\ (Kg/s)$$

$$V_{10,\ 22} = G_{10,\ 22} \times v_4 = 0{,}132 \times 0{,}0515 = 6{,}798 \times 10^{-3}\ (m^3/s)$$

$$d_{10,22} = \sqrt{\frac{4 \times 6{,}798 \times 10^{-3}}{\pi \times 7}} = 0{,}0352(m)$$

القطر العياري من الجدول :

$$d_{10,\ 22} = 40{,}5\ (mm)$$

١٠ـ أقطار الأنابيب رقم 6 , 18 :

$$G_{6,\,18} = G_7 + G_{10} = 0{,}066 + 0{,}132 = 0{,}198\ (Kg/s)$$

$$V_{6\,,\,18} = G_{6\,,\,18} \times v_4 = 0{,}198 \times 0{,}0515 = 0{,}0102\ (m^3/s)$$

$$d_{\,6,18} = \sqrt{\frac{4 \times 0{,}0102}{\pi \times 7}} = 0{,}0431\ (m)$$

القطر العياري من الجدول :

$$d_{6\,,\,18} = 50\ (mm)$$

١١ـ قطر الأنبوب رقم 2 :

$$G_2 = G_3 + G_6 = 0{,}066 + 0{,}198 \ \rightarrow\ G_1 = 0{,}264\ (Kg/s)$$

$$V_2 = G_2 \times v_4 = 0{,}264 \times 0{,}0515 \ \rightarrow\ V_1 = 0{,}0136\ (m^3/s)$$

$$d_2 = \sqrt{\frac{4 \times 0{,}0136}{\pi \times 7}} = 0{,}0497(m)$$

القطر العياري من الجدول :

$$d_2 = 50\ (mm)$$

١٥ـ قطر الأنبوب رقم 1 :

$$G_1 = G_2 + G_{18} = 0{,}264 + 0{,}198 \ \rightarrow\ G_1 = 0{,}462\ (Kg/s)$$

$$V_1 = G_1 \times v_4 = 0{,}462 \times 0{,}0515 \ \rightarrow\ V_1 = 0{,}024\ (m^3/s)$$

$$d_1 = \sqrt{\frac{4 \times 0{,}024}{\pi \times 7}} = 0{,}066(m)$$

القطر العياري من الجدول :

$$d_1 = 69\ (mm)$$

ويتم حساب أقطار أنابيب السحب بنفس الطريقة .

حساب السرع الحقيقية لوسيط التبريد في الأنابيب

يتم حسابها من علاقة الاستمرار:

$$w = \frac{4 \times V}{\pi \times d^2}$$

أنابيب الدفع				أنابيب السحب			
رقم الأنبوب	V (m^3/s)	w (m/s)	d (mm)	رقم الأنبوب	V (m^3/s)	w (m/s)	d (mm)
1	0,024	6,42	69	1'	0,1442	11,75	125
2	0,0136	6,93	50	2'	0,0824	10,49	100
3	$3,404\times10^{-3}$	5,73	27,5	3'	0,0206	10,49	50
4	$1,702\times10^{-3}$	6,69	18	4'	0,0103	11,69	33,5
5	$1,702\times10^{-3}$	6,69	18	5'	0,0103	11,69	33,5
6	0,0102	5,19	50	6'	0,0618	11,7	82
7	$3,404\times10^{-3}$	5,73	27,5	7'	0,0206	10,49	50
8	$1,702\times10^{-3}$	6,69	18	8'	0,0103	11,69	33,5
9	$1,702\times10^{-3}$	6,69	18	9'	0,0103	11,69	33,5
10	$6,798\times10^{-3}$	5,28	40,5	10'	0,0412	11,02	69
11	$3,404\times10^{-3}$	5,73	27,5	11'	0,0206	10,49	50
12	$1,702\times10^{-3}$	6,69	18	12'	0,0103	11,69	33,5
13	$1,702\times10^{-3}$	6,69	18	13'	0,0103	11,69	33,5
14	$3,404\times10^{-3}$	5,73	27,5	14'	0,0206	10,49	50
15	$3,404\times10^{-3}$	5,73	27,5	15'	0,0206	10,49	50
16	$1,702\times10^{-3}$	6,69	18	16'	0,0103	11,69	33,5
17	$1,702\times10^{-3}$	6,69	18	17'	0,0103	11,69	33,5
18	0,0102	5,19	50	18'	0,0618	11,7	82
19	$3,404\times10^{-3}$	5,73	27,5	19'	0,0206	10,49	50
20	$1,702\times10^{-3}$	6,69	18	20'	0,0103	11,69	33,5
21	$1,702\times10^{-3}$	6,69	18	21'	0,0103	11,69	33,5
22	$6,798\times10^{-3}$	5,28	40,5	22'	0,0412	11,02	69
23	$3,404\times10^{-3}$	5,73	27,5	23'	0,0206	10,49	50
24	$1,702\times10^{-3}$	6,69	18	24'	0,0103	11,69	33,5
25	$1,702\times10^{-3}$	6,69	18	25'	0,0103	11,69	33,5
26	$3,404\times10^{-3}$	5,73	27,5	26'	0,0206	10,49	50
27	$3,404\times10^{-3}$	5,73	27,5	27'	0,0206	10,49	50
28	$1,702\times10^{-3}$	6,69	18	28'	0,0103	11,69	33,5
29	$1,702\times10^{-3}$	6,69	18	29'	0,0103	11,69	33,5

حساب اقطار الانابيب لدارة المركزات :

حساب قطر أنبوب الدفع للضاغط :

$$G = \frac{Q}{i_4 - i_1} = \frac{66}{(446,5 - 397,96) \times 4,186} = 0,325(Kg/s)$$

$$V = G \times v_4 = 0,325 \times 0,106 = 0,0344\ (m^3/s)$$

$$d = \sqrt{\frac{4 \times 0,0344}{\pi \times 20}} = 0,0468\ (m)$$

القطر العياري من الجداول يكون :

$$d = 50\ (mm)$$

حساب أقطار الأنابيب رقم 2 ، 3 :

$$G = \frac{Q}{i_{1'} - i_8} = \frac{48}{(391,91 - 100,81) \times 4,186} = 0,0394(Kg/s)$$

$$V = G \times v_8 = 0,0394 \times 0,1 = 3,94 \times 10^{-3}\ (m^3/s)$$

$$d = \sqrt{\frac{4 \times 3,94 \times 10^{-3}}{\pi \times 7}} = 0,0267\ (m)$$

القطر العياري من الجداول يكون :

$$d = 27,5\ (mm)$$

حساب أقطار الأنابيب رقم 2' ، 3' : (أنابيب سحب)

$$G = \frac{Q}{i_{1'} - i_8} = \frac{48}{(391,91 - 100,81) \times 4,186} = 0,0394 (Kg/s)$$

$$V = G \times v_1 = 0,0394 \times 1,0511 = 0,0414 \ (m^3/s)$$

$$d = \sqrt{\frac{4 \times 0,0414}{\pi \times 15}} = 0,059 \ (m)$$

القطر العياري من الجداول يكون :

$$d = 69 \ (mm)$$

قطر الأنبوب رقم 1 :

$$G_1 = G_2 + G_3 = 0,0394 + 0,0394 \rightarrow G_1 = 0,0788 \ (Kg/s)$$

$$V_1 = G_1 \times v_8 = 0,0788 \times 0,1 \rightarrow V_1 = 0,00788 \ (m^3/s)$$

$$d_1 = \sqrt{\frac{4 \times 0,00788}{\pi \times 7}} = 0,0378 \ (m)$$

القطر العياري من الجدول :

$$d_1 = 50 \ (mm)$$

أنابيب السحب				أنابيب الدفع			
رقم الأنبوب	V (m^3/s)	w (m/s)	d (mm)	رقم الأنبوب	V (m^3/s)	w (m/s)	d (mm)
1'	0,0828	10,542	100	1	$7,88 \times 10^{-3}$	4,013	50
2'	0,0414	11,072	69	2	$3,94 \times 10^{-3}$	6,633	27,5
3'	0,0414	11,072	69	3	$3,94 \times 10^{-3}$	6,633	27,5

الفصل التاسع

الأجهزة المساعدة

مهمة هذه الأجهزة هي مساعدة أجهزة التبريد الأساسية لتحقيق الدورة المغلقة والمستمرة من منطلق المحافظة على المؤشرات الأساسية للدورة وعلى الخواص الفيزيائية لمختلف السوائل المستخدمة.

١ ـ المبادلات الحرارية :

مهمتها زيادة تبريد سائل وسيط التبريد الخارج من المكثف على حساب تحميص البخار المشبع الجاف الخارج من المبخر. ولها عدة أنواع.

٢ ـ الأوعية البينية :

تستعمل في آلات التبريد الثنائية والثلاثية المراحل عندما تعمل الدارة على الأمونيا وذلك لتحقيق تبريد إضافي للبخار الخارج من ضاغط المرحلة الأولى قبل دخوله إلى ضاغط المرحلة الثانية وأيضاً تستخدم لتبريد سائل الوسيط المتجه إلى المبخر .

تستعمل هذه الأوعية بشكل أساسي في الدورات الترموديناميكية ذات درجات حرارة الغليان المنخفضة، حيث تخفف قدر الإمكان من الضياعات الممكن حدوثها في صمام التمدد، الأمر التي ينعكس على الناحية الاقتصادية.

الوعاء البيني عبارة عن وعاء أسطواني شاقولي يتواجد في الجزء السفلي منه ملف (أنبوب حلزوني) ويستند على قاعدة، كما يوجد في أسفل الوعاء مجمع خاص لتجميع الزيت القادم من البخار ومن ثم يفرغ، تتم المحافظة على ثبات مستوى الأمونيا ضمن الوعاء عن طريق صمام تمدد يدوي أو معير أوتوماتيكي، كما يتم تجهيز الوعاء بمقياس ضغط وصمام أمان وقائي يسمح بخروج البخار في حالة زيادة الضغط .

٣ ـ فاصل الزيت :

وظيفة هذا الجهاز هي فصل قطرات الزيت العالقة ببخار الأمونيا المتسرب من أسطوانة الضاغط حيث أن هذه القطرات يمكن أن تتسرب على السطح الداخلي للمبخرات، الأمر الذي يؤدي لتخفيض فعالية المبخرات، وخصوصاً في الدارات ذات درجة الحرارة المنخفضة حيث تزداد سماكة طبقة الزيت ويصبح من الصعب إزالتها.

ويجب تركيب فواصل الزيت بين الضاغط والمكثف وذلك من أجل سهولة إعادة الزيت إلى الضاغط.

أنواع فواصل الزيت :

آ ـ أجهزة فصل الزيت بالارتطام :

حيث يمرر بخار وسيط التبريد على الفاصل الذي يحتوي على سلسلة من العوارض التي تخفف سرعة البخار، الأمر الذي يؤدي إلى ارتطام قطرات الزيت بهذه العوارض ثم سيلانها إلى أسفل الجهاز ومن ثم عبر صمام عدم رجوع يتجه الزيت إلى مجمع الزيت .

ب ـ أجهزة فصل الزيت بالتبريد الفجائي :

وهي تشبه المكثفات حيث يمرر الماء البارد عبر أنابيب، ويمر على هذه الأنابيب بخار الوسيط الخارج من الضاغط، وهذا يؤدي إلى ترسب الزيت على سطح هذه الأنابيب، ثم تسيل القطرات المترسبة إلى الحوض السفلي، ومن ثم يذهب إلى مجمع الزيت بعد أن يمر على قمع تصفية أسفل الفاصل .

٤ - مجمع الزيت :

وهو عبارة عن وعاء اسطواني لتخزين الزيت القادم من فاصل الزيت، يتم تفريغه دورياً بشكل أوتوماتيكي حيث يزود هذا المجمع بجهاز ضغط يتحكم بتفريغ الزيت من المجمع ليعود إلى علبة مرفق الضاغط .

٥ - فواصل السوائل :

مهمة هذه الأجهزة فصل قطرات السائل العالقة ببخار وسيط التبريد القادم من المبخرات، وتوضع قبل الضواغط مباشرة، من أجل منع حدوث صدمة هيدروليكية وبالتالي تعطل الضاغط.

تعمل هذه الفواصل على مبدأ التغيير المفاجئ للسرعة ولجهة حركة البخار .

٦ - خزانات تجميع وسيط التبريد :

وتقسم إلى أربعة أقسام :

آ ـ الخزانات الخطية :

مهمتها تفريغ المكثف من سائل وسيط التبريد وتأمين عملية تنظيم دخول سائل الوسيط إلى صمامات التمدد.

ب ـ الخزانات التوزيعية :

وتستخدم في دارات التبريد التي تحتوي على مرحلتي انضغاط على الأقل .

ج ـ الخزانات التجميعية :

مهمتها استقبال سائل وسيط التبريد الموجود ضمن المبخر وذلك عند تشغيل دارة مذيب الثلج (الديفروست)، وتقع هذه الخزانات قبل صمام التمدد .

د ـ خزانات وقائية .

٧ - مصايد الأوساخ الترسبات :

مهمتها حماية أسطوانة الضاغط من دخول الأوساخ إليها حيث تتألف المصيدة من هيكل أسطواني مجهز بأنابيب دخول وخروج لبخار الوسيط وتشكل هذه الأنابيب فيما بينها زاوية مقدارها ٩٠ درجة.

ويوجد في الداخل شبك معدني متين بشكل أسطوانة تلتف حوله طبقتين من شبك كتاني ناعم رقيق.

٨ - المرشحات (الفلاتر) :

وتستخدم لحماية أجهزة التحكم الأتوماتيكي الحساسة من الأوساخ والترسبات الميكانيكية العالقة بسائل وسيط التبريد قبل دخوله إلى الأجهزة العاملة .

٩ - عين الروية :

ومن خلالها نستطيع مراقبة حالة وسيط التبريد ونقاوته .

١٠ - المجففات :

مهمتها تخليص وسيط التبريد السائل من الرطوبة العالقة به .

١١ - صمامات الضغط المرتفع المنخفض :

يركب صمام الضغط المرتفع على أنبوب الدفع، ويركب صمام المنخفض على أنبوب السحب ومهمة هذه الصمامات المحافظة على ضغط السحب والدفع .

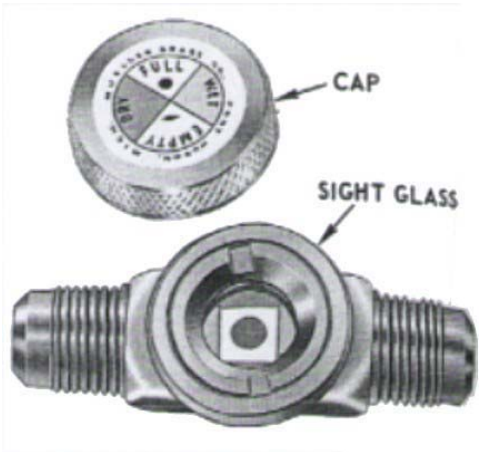
كما وتستخدم صمامات كهرومغناطيسية (سولونويد) ويتحكم بها الترموستات الموجود في الغرف وهو المسؤول عن تشغيل الدارة إيقافها .

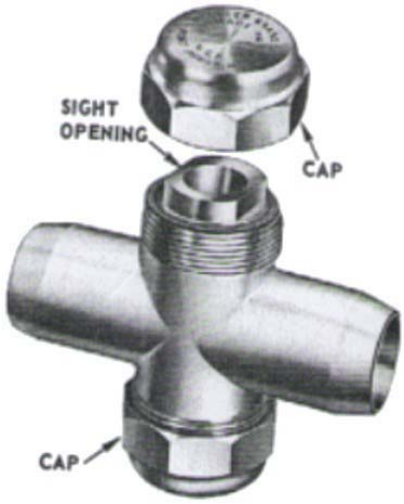
١٢ - سكورة :

وهي سكورة إغلاق وإعادة وتفريغ وتنفيس لمختلف عناصر الدارة وتستخدم في حالات الأعطال والتسربات ومن أجل أعمال الصيانة وغيرها .

١٣ - كاتم الصوت :

يركب في خط الغاز الساخن لخفض مستوى الضجيج الناتج عن نبضات بخار التصريف وتعمل الثقوب والصفائح العرضانية على خفض السرعة ومستوى الصوت حيث يركب هذا الكاتم عند مخرج الضاغط في وضع أفقي أو شاقولي مع الجريان إلى الأسفل لكي لايحجز الزيت .





الصمامات

VALVES

صمام التمدد :

عبارة عن جهاز يوضح في الدارة قبل دخول وسيط التبريد إلى المبخرات وله وظيفتان :

١ ـ تنظيم معدل التدفق لوسيط التبريد الداخل إلى المبخر .

٢ ـ المحافظة على فرق ضغط ثابت بين المكثف والمبخر .

لصمامات التمدد أنواع كثيرة منها :

١ ـ صمام التمديد اليدوي :

هو مناسب لمجموعات التبريد التي يشرف على تشغيلها عامل .

٢ ـ صمام التمدد الأوتوماتيكي :

يحافظ على ضغط ثابت في المبخر ويعمل أوتوماتيكياً تحت تأثير قوتي بخار الوسيط من المبخر وضغط نابض معير على ضغط معين فعند زيادة الضغط في المبخر يغلق الصمام ويمنع مرور وسيط التبريد إلى المبخر حيث ينخفض ضغطه وهو يغلق ذاتياً طوال فترة عمل الضواغط.

٣ ـ صمام التمدد الترموستاتيكي :

وظيفته التحكم في غزارة وسيط التبريد والحفاظ على درجة حرارة تحميص لبخار وسيط التبريد عند شروط السحب إذ يوضع على أنابيب السحب ترموستات تتصل مع الصمام .

٤ ـ صمامات التمدد الشعرية :

وهو أنبوب شعري يصل بين المكثف والمبخر ويحافظ على فرق ضغط ثابت بينهما.

٥ ـ صمامات التمدد ذات الفواشات:

وهو صمام متصل بفواشة تحافظ على مستوى ثابت لوسيط التبريد السائل في المبخر ويمكن أن يركب في منطقة الضغط المرتفع أو المنخفض .

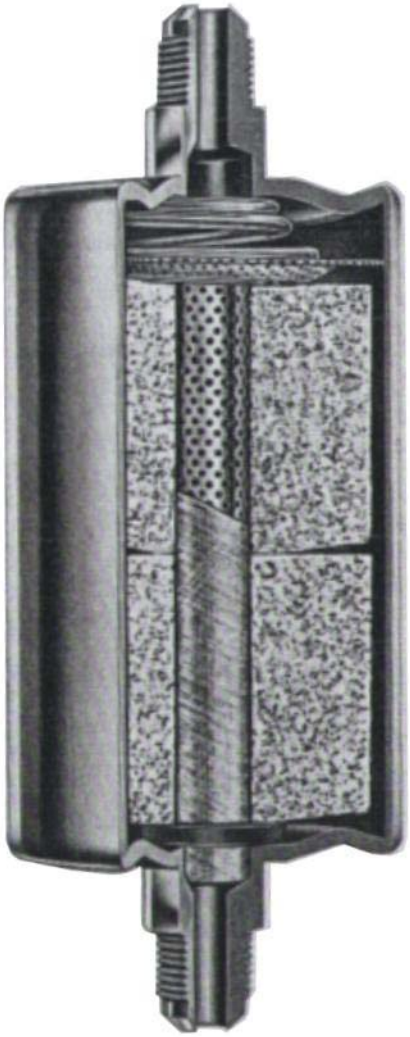
اختيار صمام التمدد :

أ ـ درجة حرارة غليان وسيط التبريد .

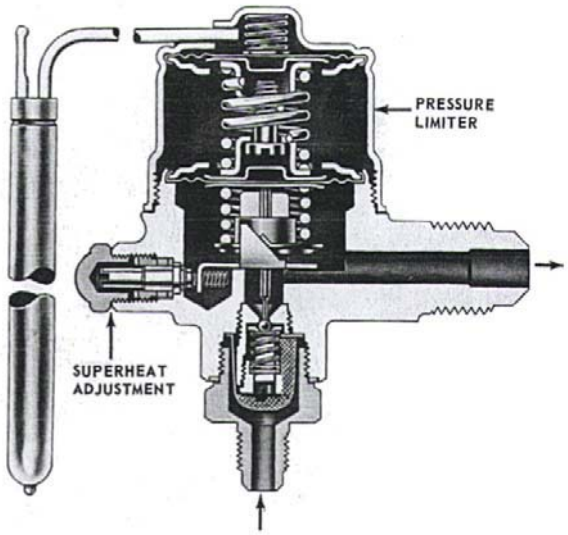
ب ـ فرق الضغط على طرفي صمام التمدد .

ج ـ التأثير التبريدي للمبخرات .

يجب تركيب صمام التمدد أقرب مايمكن من المبخر باستثناء الحالات التي يستخدم فيها موزع الوسيط التبريدي كما يجب أن لايكون هناك عائق بين صمام التمدد والمبخر ويمكن تركيب صمام التمدد والمبخر ويمكن تركيب صمام التمدد داخل أو خارج المكان المبرد وقبل البدء باختيار صمامات التمدد المناسبة يجب تحديد نوع الصمامات الواجب استعمالها في الدارة وبعد ذلك على أساس الاستطاعة التبريدية ودرجة الحرارة في المبخر وفرق الضغط بين طرفي الصمام يتم اختيار الصمام من الكتالوجات .



مجفف



صمام تمدد

المراجع

- هندسة الات التبريد (الجزء الاول) (جامعة دمشق)

الدكتور المهندس علي عيسى / الدكتور المهندس نديم مخيبر

- آلات التبريد (جامعة حلب)

الدكتور تاج الدين ضياء

- هندسة التدفئة والتكييف (جامعة تشرين)

الدكتور المهندس كالوست مكروجيان

- تحويل الطاقة (جامعة دمشق)

الدكتور المهندس نديم مخيبر/ الدكتور محمد سعيد الجراح

- تصنيع وحفظ عصائر الفاكهة و مركزاتها

الدكتور حسين علي موصللي

- الصناعات الغذائية

الدكتور حسن خالد العكيدي

- حفظ الاغذية

الدكتور احمد جمال الدين الوراقي

- هندسة تصنيع الاغذية

د . حوباني ، د . بكري

- ASHRAE HAND BOOK 2000 (REFRIGERATION & APPLICATIONS)
  (AMERICAN SOCIETY OF HEATING , REFRIGERATING & AIR CONDITIONING ENGINEERS)

- PRINCIPLES OF REFRIGERATION (THIRD EDITION)
  ROY J. DOSSAT (UNIVERSITY OF HOUSTON)

- كتالوكات شركة(YORK) للضواغط

www.YorkRef.com

- كتالوكات شركة (LU-VE) للمبخرات

www.LU-VE.it

- كتالوكات شركة (HPH) للمكثفات

- كتالوكات شركة (DECSA) لابراج التبريد
- ملحق الات التبريد

الدكتور المهندس نديم مخيبر

الفهرس

الباب الأول

الفصل الأول : مقدمة عن التبريد ٨

الفصل الثاني : وصف موجز للمشروع ١٢

الباب الثاني

الفصل الأول : مقدمة عن العصير ١٦

الفصل الثاني : تركيب العصير وقيمته الغذائية ٢١

الفصل الثالث : خطوات صناعة عصير الفاكهة ومركزاتها ٢٨

الفصل الرابع : صناعة عصير البرتقال ومراحل تركيزه ٣٤

الفصل الخامس : مركزات الفاكهة ٤٦

الباب الثالث

الفصل الأول : حساب المساحة الانشائية للبراد ٦٣

الفصل الثاني : العازل الحراري ٧٣

الفصل الثالث : الحمل الحراري ١٠١

الباب الرابع

الفصل الأول : طرق التبريد ١٢٢

الفصل الثاني : وسائط التبريد ١٢٧

الفصل الثالث : دارة التبريد الفعلية ١٣٥

الفصل الرابع : الضواغط ١٤٨

الفصل الخامس : المبخرات ١٦٥

الفصل السادس : المكثفات ١٧٢

الفصل السابع : ابراج التبريد ١٧٩

الفصل الثامن : حساب واختيار اقطار الانابيب ١٨٣

الفصل التاسع : الاجهزة المساعدة ١٩٥

المراجع ٢٠٠

الفهرس ٢٠٢