المصطلحات المستخدمة فى مجال التبريد

١- الوحدات الحرارية Heat Units:

أكثر الوحدات الحرارية شيوعًا هى: الكالورى، والكيلو كالورى، والوحدة الحرارية البريطانية.

أ- الكالورى calori (اختصارًا: cal)، هو كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة جرام واحد من الماء درجة واحدة مئوية.

ب- الكيلو كالورى kailocalori (اختصارًا: kcal): هو كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة كيلو جرام واحد من الماء درجة واحدة مئوية.

جـ- الوحدات الحرارية البريطانية British Thermal Units (اختصارًا: BTUs): هى كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة رطل واحد من الماء درجة واحدة فهرنهيتية (الوحدة الحرارة البريطانية = ٢٥٣ كالورى).

٢- الحرارة النوعية Specific Heat:

الحرارة النوعية هى كمية الحرارة – مقدرة بالكالورى – اللازمة لرفع درجة حرارة جرام واحد من المادة درجة واحدة مئوية. وكلما ازدادت الحرارة النوعية لمادة ما، احتاجت إلى كمية أكبر من الطاقة الحرارية لرفع حرارتها، وكانت أقل تعرضًا للتغير فى درجة الحرارة مع التغيرات فى الظروف البيئية. وفيما يلى الحرارة النوعية لعدد من المواد:

المادة	الحرارة النوعية
الماء	١,٠٠
الثلج	٠,٥٠
البخار	٠,٤٨
كحول الإيثايل	٠,٥٨
الخشب	٠,٤٢
الزجاج	٠,٢٠
الصلب	٠,١١

وللحرارة النوعية العالية أهمية كبيرة فى حفظ الأنسجة النباتية من التغيرات فى درجة حرارتها مع التغيرات البيئية (Halfacre & Barden ١٩٧٩).

ويمكن تقدير الحرارة النوعية (س) فوق درجة التجمد لأى نوع من المنتجات بالمعادلة التالية:

س = ٠,٠٠٨ (نسبة الرطوبة فى المنتَج) + ٠,٢٠

علمًا بأن (س) فى هذه المعادلة هى تقدير لعدد الوحدات الحرارية البريطانية BTU التى تلزم لرفع حرارة رطل واحد من المنتَج درجة واحدة فهرنهيتية.

ويعطى جدول (١٠–١) بيانًا بالحرارة النوعية المقدرة لعددٍ من محاصيل الخضر على أساس المعادلة السابقة.

جدول (١٠–١): بيان بالحرارة النوعية لعدد من محاصيل الخضر.

المنتج	أعلى درجة تجمد (ف)	المحتوى الرطوبى (٪)	الحرارة النوعية BTU/رطل لكل درجة فهرنهيتية
الخرشوف	٢٩,٩	٨٣,٧	٠,٨٧
الطرطوفة	—	٧٩,٨	٠,٨٤
الأسبرجس	٣٠,٩	٩٣,٠	٠,٩٤
الفاصوليا الخضراء	٣٠,٧	٨٨,٩	٠,٩١
فاصوليا الليما	٣١,٠	٦٦,٥	٠,٧٣
البنجر	٣٠,٣	٨٧,٦	٠,٩٠
البروكولى	٣٠,٩	٨٩,٩	٠,٩٢
كرنب بروكسل	٣٠,٥	٨٤,٩	٠,٨٨
الكرنب	٣٠,٤	٩٢,٤	٠,٩٤
الكرنب الصينى	—	٩٥,٠	٠,٩٦
الجزر	٢٩,٥	٨٨,٢	٠,٩١
القنبيط	٣٠,٦	٩١,٧	٠,٩٣

تابع جدول (١٠-١).

المنتج	أعلى درجة تجمد (ف)	المحتوى الرطوبي (٪)	الحرارة النوعية BTU/رطل لكل درجة فهرنهيتية
السيليرياك	٣٠,٣	٨٨,٤	٠,٩١
الكرفس	٣١,١	٩٣,٧	٠,٩٥
الكولارد	٣٠,٦	٨٦,٩	٠,٩٠
الذرة السكرية	٣٠,٩	٧٣,٩	٠,٧٩
الخيار	٣١,١	٩٦,١	٠,٩٧
الباذنجان	٣٠,٦	٩٢,٧	٠,٩٤
الهندباء	٣١,٩	٩٣,١	٠,٩٥
الثوم	٣٠.٥	٦١,٣	٠,٦٩
الكيل	٣١,١	٨٦,٦	٠,٨٩
كرنب أبو ركبة	٣٠,٢	٩٠,٣	٠,٩٢
الكرات أبو شوشة	٣٠,٧	٨٥,٤	٠,٨٨
الخس	٣١,٧	٩٤,٨	٠,٩٦
الكنتالوب	٢٩,٩	٩٢,٠	٠,٩٤
شهد العسل	٣٠,٣	٩٢,٦	٠,٩٤
البطيخ	٣١,٣	٩٢,٦	٠,٩٤
عيش الغراب	٣٠,٤	٩١,١	٠,٩٣
البامية	٢٨,٧	٨٩,٨	٠,٩٢
البصل (الأبصال)	٣٠,٦	٨٧,٥	٠,٩٠
البصل الأخضر	٣٠,٤	٨٩,٤	٠,٩١
البقدونس	٣٠,٠	٨٥,١	٠,٨٨
الجزر الأبيض	٣٠,٤	٧٨,٦	٠,٨٣
البسلة الخضراء	٣٠,٩	٧٤,٣	٠,٧٩
الفلفل الحلو	٣٠,٧	٩٢,٤	٠,٩٤
البطاطس	٣٠,٩	٨١,٢	٠,٨٥
القرع العسلي	٣٠,٥	٩٠,٥	٠,٩٢

تابع جدول (١٠-١).

المنتج	أعلى درجة تجمد (°ف)	المحتوى الرطوبي (٪)	الحرارة النوعية BTU/رطل لكل درجة فهرنهيتية
الفجل	٣٠,٧	٩٤,٥	٠,٩٦
الروبارب	٣٠,٣	٩٤,٩	٠,٩٦
الروتاباجا	٣٠,١	٨٩,١	٠,٩١
السلسفيل	٣٠,٠	٧٩,١	٠,٨٣
السبانخ	٣١,٥	٩٢,٧	٠,٩٤
قرع الشتاء	٣٠,٥	٨٥,١	٠,٨٨
الكوسة	٣١,١	٩٤,٠	٠,٩٥
البطاطا	٢٩,٧	٦٨,٥	٠,٧٥
الطماطم الخضراء مكتملة التكوين	٣١,٠	٩٣,٠	٠,٩٤
الطماطم الحمراء	٣١,١	٩٤,١	٠,٩٥
اللفت	٣٠,١	٩١,٥	٠,٩٣
الكرسون المائي	٣١,٤	٩٣,٣	٠,٩٥

٣- حرارة التبخر Heat of Vaporization:

حرارة التبخر هي كمية الحرارة اللازمة لتغيير جرام واحد من المادة عند درجة الغليان من الحالة السائلة إلى حالة بخار. هذا .. ويلزم التخلص من نفس الكمية من الحرارة لتحويل جرام واحد من المادة من حالة بخار إلى الحالة السائلة عند درجة الغليان.

ويوضح جدول (١٠-٢) حرارة السيولة وحرارة التبخر لعدد من المواد. ويتضح من الجدول ارتفاع قيمة حرارة السيولة والتبخر بالنسبة للماء، بالمقارنة بالمواد الأخرى.

٤- انتقال الحرارة Heat Transfer:

تنتقل الحرارة بإحدى ثلاث وسائل. ويكون انتقالها دائمًا من الأجسام الساخنة إلى الأجسام الأبرد.

أ– بالتوصيل Conduction:

التوصيل هو انتقال الحرارة خلال مادة – ويتناسب معدل التوصيل مع مقطع مادة التوصيل والتدرج الحرارى من الجانب الساخن نحو الجانب الأبرد، كما يختلف حسب المادة التى يتم التوصيل الحرارى من خلالها. فالصلب ينقل الحرارة جيدًا، بينما يعتبر الخشب موصلاً رديئًا للحرارة. ويعتبر الهواء موصلاً رديئًا جدًا.

ب– بالحمل Convection:

الحمل هو انتقال الحرارة بواسطة مادة متحركة. ويتوقف ذلك على تولد تيارات حمل.

جـ– بالإشعاع Radiation:

الإشعاع هو انتقال الطاقة دون ضرورة لوجود مادة موصلة. وتتكون الأشعة الحرارية من أشعة كهرومغناطيسية تنتقل بسرعة الضوء، وهى ٣ × ١٠^٨ متر/ثانية.

جدول (١٠–٢): حرارة السيولة أو الانصهار وحرارة التبخر لبعض المواد (بالكالورى).

المادة	حرارة السيولة أو الانصهار	حرارة التبخر
الكحول الإيثلى	٢٥,٠	٢٠٤
الأكسجين	٣,٣	٥١
الماء	٨٠,٠	٥٤٠

٦– حرارة الحقل Field Heat:

هى الحرارة التى يلزم التخلص منها لخفض حرارة المنتج إلى الدرجة المناسبة للتخزين، تضاف إليها الحرارة النوعية Vital Heat، وهى الحرارة التى تنتج من تنفس المنتج أثناء تبريده حتى وصوله إلى درجة الحرارة المناسبة للتخزين.

٧– طن التبريد Ton of Refrigeration:

هو كمية الحرارة التى يلزم اكتسابها بواسطة طن من الثلج أثناء الذوبان فى درجة حرارة الصفر المئوى خلال فترة ٢٤ ساعة. ويتطلب الأمر ١٤٤ وحدة حرارية بريطانية

لإذابة رطل واحد من الثلج فى درجة حرارة الصفر المئوى، أو حوالى ٢٨٨٠٠٠ وحدة حرارية بريطانية لإذابة طن من الثلج فى درجة حرارة الصفر المئوى؛ ويعنى ذلك ١٢٠٠٠ BTU/ساعة.

٨- الحرارة الحيوية Vital Heat:

الحرارة الحيوية هى الحرارة الناتجة من التنفس. ويمكن تقدير كمية الحرارة الحيوية لأى محصول أثناء التخزين بتقدير كمية غاز ثانى أكسيد الكربون المنطلقة منه أثناء التنفس بالملليجرام فى الساعة، وضرب الناتج فى عدد ثابت هو ٢٢٠.

فمثلاً .. إذا أنتج البروكولى ١٦٠ ملليجرام CO_2 فى ساعة/كيلوجرام من الخضار على حرارة ٤٠°ف (٤,٤°م)، فإن ذلك يعنى أنه ينطلق من البروكولى:

١٦٠ × ٢٢٠ = ٣٥٢٠٠ BTU لكل طن من البروكولى فى اليوم، ويمثل الثابت ٢٢٠ كمية الحرارة المنطلقة عند التنفس، مقدرة بالوحدات الحرارية البريطانية إذا ما أنتج الطن الواحد من الخضر الطازجة ملليجرام واحد من غاز CO_2 فى مدة ٢٤ ساعة. ويقدر الثابت كالتالى:

$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \longrightarrow 6H_2O + 6CO_2 + 673 \text{ kilocalorie}$$

∴ ٦ CO_2 ← ٦٧٣ كيلو كالورى

∴ ١ CO_2 ← $\frac{٦٧٣}{٦}$ = ١١٢,١ كيلو كالورى

∴ ٤٤ جم CO_2 ← ١١٢,١ كيلو كالورى

∴ ١ ملليجرام CO_2 ← $\frac{١١٢,١}{١٠٠٠ \times ٤٤}$ = ٠,٠٠٢٥٥ كيلو كالورى

= ٢,٥٥ كالورى (سعر حرارى)

وللتحويل من السعرات الحرارية لكل كجم/ ساعة إلى وحدات حرارية بريطانية لكل طن/يوم نضرب فى ٨٦,٣ ليصبح الناتج ٢,٥٥ × ٨٦,٣ = ٢٢٠ وهو الثابت المطلوب (عن Lutz & Hardenburg ١٩٦٨).