كفاءة التبريد الابتدائي للثمار باستخدام وسط هوائي مضغوط

الباحثة: د.م. ميسون حيدر عباس*

قسم الهندسة الغذائية – كلية الهندسة الكيميائية والبترولية – جامعة البعث

الملخص :

تم في هذا العمل دراسة كفاءة التبريد الأولي للثمار باستخدام وسط هوائي مضغوط ،ومقارنة ذلك مع طريقة التبريد تحت الضغط الجوي النظامي ، من حيث تأثير ذلك على زمن التبريد ونقص الوزن وعلى الشدة التنفسية للثمار ، وعلى الطاقة الكهربائية المستهلكة.

بينت الدراسة أن تبريد الثمار في وسط مبرد ذو ضغط 4 بار قد خفض زمن التبريد بحدود 3 مرات وقلل نسبة الفقد بالوزن كما خفض استهلاك الطاقة الكهربائية بشكل واضح حبث كان الانخفاض بحدود الضعف ، كما كان تأثير ذلك على الظواهر الفزيولوجية محدود جدا ، حبث أدى ذلك الى ارتفاع خفيف في الشدة التنفسية ولم يترافق ذلك مع أية ظواهر سلبية على الثمار المدروسة .

الكلمات المفتاحية: التبريد الابتدائي – الفقد بالوزن – الشدة التنفسية للثمار – الاستهلاك الطاقوي – ضغط الهواء.

Efficiency of primary cooling of fruit by using a pressurized air medium

Dr. Eng. Mayson Haider Abbas
*

Abstract

This study showes the ability of precooling fruit and vegetables by using high air pressure than regular atmospheric pressure and the effect of that upon :
1- the time of precooling 2- the loosing of weight
3- the resperation of the fruit and vegetables 4- the energetic consumption of the process
It that appeared when raising the air pressure to 4 bar, the time of precooling was less two or three times , and the loss of weight was also less about 1.5 times .In addition the consumption of the electrical energy was less in about one half .The respiration of the fruit and vegetables raised without any negative aspects on the products .

Key words: time of precooling, loosing of weight, resperation of the fruit, energetic consumption of the process, air pressure

1- المقدمة والدراسة المرجعية :

في سوريا كما في كثير غيرها من البلدان النامية ، تتم عملية تبريد الثمار المعدة للتخزين طويل الأمد مثل ثمار التفاح في غرفة التخزين نفسها ، وتكاد تغيب عنلية التبريد الأولي أو الابتدائي كحلقة مستقلة من سلسلة المعالجة التبريدية للثمار[2،3]. وعملية التبريد الابتدائي هي حلقة من حلقات السلسلة التبريدية الهدف منها تخليص المنتج من حرارة الحقل وتخفيض درجة حرارته من درجة حرارة القطاف الى درجة حرارة التخزين [6،7،8] .

على المستوى العالمي تستخدم من أجل التبريد الأولي للخضار والفواكه عدة طرق أهمها:

1- التبريد باستخدام الهواء البارد ذو الضغط الجوي النظامي ، وهذه الطريقة هي الأكثر استخداما وتصلح لتبريد كافة أنواع الخضار والفواكه [7،8،] .
2- التبريد باستخدام الماء البارد بطريقة الرش أو بطريقة التغطيس، وتبرد بهذه الطريقة منتجات مثل الحمضيات والبندورة والخوخ والمشمش ، الا أنها لاتصلح لتبريد منتجلت أخرى كالملفوف والبطاطا وكثير غيرها [10] .
3- التبريد بالتخلية باستخدام ضغوط أقل من الضغط الجوي النظامي، ويشيع انتشار هذه الطريقة في كثير من دول العالم وذلك لتبريد الفواكه بعد الجمع مباشرة في الحقل نفسه باستخدام محطات تبريد متحركة خاصة [11 ،10] .

من حيث سرعة التبريد تحتل الطريقة الثالثة المركز الأول إلاّ أن ما يعاب عليها الفقد الكبير في وزن المنتج حيث يمكن أن يصل الفقد إلى (2% ÷ 1) من وزنه الأولي للمنتج [10] إضافة إلى تأثيراتها السلبية على بعض أنواع الخضار والفواكه

وخاصة الكبيرة الحجم (البطاطا مثلاً)، وقد لاقى استخدام هذه الطريقة نجاحاً لافتاً عند تبريد الخضار الورقية نظراً لكبر السطح المعرض لعملية التخلية .

تعتبر طريقة التبريد باستخدام الماء البارد بطريقتي الرش أو التغطيس من طرق التبريد السريعة أيضاً وتقع في المرتبة الثانية من حيث سرعة إنجاز عملية التبريد إلاّ أن ما يعاب عليها عدم إمكانية استخدامها لتبريد بعض الأنواع من الثمار فمثلاً لايمكن استخدام هذه الطريقة لتبريد العنب أو لتبريد البطاطا نظراً للتأثيرات السلبية التي تسببها للمنتج، تستخدم هذه الطريقة بنجاح من أجل تبريد ثمار التفاح والدراق والخوخ وغيرها [12، 15، 18].

تعتبر طريقة التبريد باستخدام الهواء البارد طريقة عامة وتصلح للاستخدام في تبريد كافة أنواع الخضار والفواكه. ويعاب عليها زمن التبريد الطويل نسبياً، كما أن الفقد بوزن الثمار أثناء استخدام هذه الطريقة في التبريد ليس قليلاً ويعتبر فقداً معنوياً وقد يصل في بعض الأحيان إلى 0,5% إلى 1% بحسب نوع المنتج المعالج [11].

من المعروف أن أهم المعايير التكنولوجية للهواء المؤثرة على عملية التبريد هي درجة الحرارة وسرعة وضغط الهواء. بالنسبة للمعيارين الأوليين فقد درس تأثيرهما بإسهاب من قبل كثير من الباحثين ويكاد لايخلو مرجعاً علمياً مختصاً من شرح تأثيرهما على الخضار والفواكه من حيث سرعة التبريد والنقص في الوزن وغير ذلك، إضافة إلى ذلك فإن كثير من البلدان قد وضعت مواصفات خاصة لمنتجاتها من حيث شروط التبريد المناسبة لها [6، 16].

أما من حيث تأثير تغير ضغط الهواء على عملية تبريد الثمار فقد كان الاهتمام نحو استخدام نظام التبريد بالتخلية نظراً للسرعة الكبيرة في إنجاز التبريد، وتستخدم هذا النظام كثير من دول العالم مثال الولايات المتحدة، وانكلترا وفرنسا غيرها [13، 14]. أما بخصوص استخدام هواء ذو ضغط أعلى من الضغط الجوي، ففي الواقع لا توجد معلومات كثيرة في هذا الخصوص. تشير بعض المراجع [5 ،9، 2]، إلى استخدام أنظمة تبريد تحتوي على تصاميم خاصة تهدف إلى رفع جزئي في

ضغط هواء التبريد عن طريق استخدام موجهات لحركة الهواء البارد ضمن غرف التبريد نفسها أو في أنفاق تبريد تعتمد هي الأخرى على وجود أقنية خاصة لمرور الهواء البارد ضمن كومات المنتج ودفع الهواء إلى المرور في ممرات إجبارية نتيجة لاختلاف في الضغط ضمن النفق أو غرفة التبريد. إلاّ أن الهدف من ذلك هو بالدرجة الأولى هو إيصال الهواء البارد إلى كامل صناديق المنتج دون ترك أمكنة ميتة في نفق أو غرفة التبريد لا يصلها الهواء كما هو الحال والشائع في طرق التبريد التقليدية.

تشير المراجع [5، 8، 12] إلى إمكانية استخدام ضغط أعلى من الضغط الجوي في تبريد الثمار ويذكر في هذ المراجع أن الفقد في الكتلة عند استخدام هذه التقانة كان أقل بكثير منه عند استخدام الطرق التقليدية. إلاّ أن هذا المرجع لايعطي أية فكرة عن زمن العملية عند استخدام هذه الضغوط ولا عن الاستهلاك الطاقوي والوفر في الطاقة الناتج عن اعتمادها [، 13،14].

تذكر بعض المراجع [17، 8، 13،5] معلومات هامة حول استخدام ضغوط أعلى من الضغط الجوي في تبريد وتجميد ابعض المواد الغذائية غير المغلفة وبينت أن نسبة الفقد في الوزن لم تزد عن 0,3–0,4% عند استخدام ضغوط بحدود 0,6– 0,7mPa .

يتبين مما سبق أنه لا توجد معلومات كافية حول دراسة عملية تبريد الثمار باستخدام ضغوطاً أعلى من الضغط الجوي وتأثير هذه الطريقة على نظام التبريد ككل من حيث زمن العملية التبريدية والفقد بالوزن والطاقة الكهربائية المستهلكة على عملية التبريد وكذلك على المظاهر الحسية والتغيرات الفيزيولوجية على الثمار الخاضعة للدراسة ، وهو مايتم دراسته في عملنا الحالي.

2.أهداف البحث:

1– دراسة تأثير استخدام ضغط أعلى من الضغط الجوي على زمن التبريد.

2- دراسة تأثير استخدام ضغط أعلى من الضغط الجوي على الفقد في وزن الثمار أثناء التبريد الابتدائي.
3- دراسة تأثير استخدام ضغط أعلى من الضغط الجوي على الشدة التنفسية للثمار خلال التبريد الابتدائي
4- دراسة تأثير استخدام ضغط أعلى من الضغط الجوي على استهلاك الطاقة الكهربائية خلال عملية التبريد الابتدائي.

3. مواد البحث وطرقه:

3-1- مواد البحث:

- المادة المدروسة :

أجريت الدراسة التجريبية على ثمار التفاح صنف غولدن (التفاح الأصفر) .حيث احضرت الثمار خلال الأيام العشرة الأولى من شهر تشرين الأول 2018 من المنطقة الغربية من محافظة حمص (منطقة جبل الحلو)، اختيرت الثمار متماثلة في الحجم في طور النضوج التقني وخالية من الاصابات المرضية ومن الجروح والكدمات .

- الأجهزة المستخدمة في التجارب:

1- من أجل تحقيق الضغوط المطلوبة تم استخدام حوجلة معدنية متحملة للضغط صنعت لهذه الغاية ، يمكن فتحها ووضع العينات ثم اعادة احكام اغلاقها ومتابعة التجربة.

2- من أجل تحقيق الضغوط المطلوبة استخدم ضاغط هواء مناسب ، كما استخدم مقياس ضغوط للتأكد من الضغط داخل الحوجلة . يبين الشكل(1) حوجلة الضغط والضاغط ومقياس الضغوط المستخدمة .

الشكل (1) حوجلة الضغط والضاغط المستخدمة في الدراسة

3-غرفة تبريد تجريبية من أجل الحصول على درجات الحرارة المنخفضة .

4- ساعة (عداد) كهربائي ملحق بجهاز التبريد ويوصل عبره أيضا ضاغط الهواء وذلك من أجل تحديد كمية الطاقة الكهربائية المستهلكة عند إجراء التجارب بمختلف الشروط.

5- من التجهيزات المستخدمة أيضاً: مقاييس حرارة الكترونية تستخدم لقياس درجات الحرارة عن بعد تيرموبار كما استخدم ميزان الكتروني بدقة 0,0001 غرام.

6- من أجل قياس الشدة التنفسية للثمار تم استخدام ديكساترات زجاجية صغيرة يمكن ادخالها إلى حوجلة الاختبار عند قياس الشدة التنفسية وقد قيست وفق [4].

3-2- طريقة اجراء التجارب :

تمت هذه التجارب وفق التسلسل التالي:

1- توزن العينة بدقة وتوضع في سلة شبكية في حوجلة الاختبار .

2- يوضع العنصر الحساس من مقياس الحرارة (التيرموبار) على عمق معين من سطح احدى ثمار العينة المختبرة . (تم ادخال الحساس حتى عمق 3cm من سطح الثمرة في كافة التجارب).

3- تغلق حوجلة الاختبار، ويتم شحتها بالهواء المضغوط حتى الحد المطلوب في كل تجربة ، وتوضع في غرفة التبريد عند الدرجة 0C°

4- تؤخذ قراءة العداد الكهربائي قبل بداية كل تجربة وفي نهايتها.

5- يحدد زمن بدء التجربة بدقة.

7- تؤخذ قراءات تغير درجة حرارة الثمار مع الزمن مرة كل خمسة عشر دقيقة.

8- عند وصول درجة حرارة الثمار إلى الحد المطلوب والمحدد مسبقاً تؤخذ قراءات قيم الطاقة الكهربائية المستهلكة – كما يحدد الزمن المنقضي على تبريد العينة.

9- يتم اخراج العينة من الجهاز وتوضع في مكان دافىء ويتم إعادة وزنها عند وصول درجة حرارتها إلى الوضع الأولي قبل التبريد وذلك من أجل تحديد تغير الوزن [1،4] .

10- يتم الكشف على العينة من حيث الشكل والقوام والظواهر المرضية الفيزيولوجية.

II- اختبار الشدة التنفسية للثمار وفق [4]

4- النتائج والمناقشة:

قبل عرض النتائج التي تم التوصل إليها من المفيد ذكر الملاحظات التالية:

1- تعتبر التجارب المجراة تحت الضغط الجوي النظامي هي التجارب الخاصة بعينات الشاهد.

2- ثبتت آلة التبريد على العمل ضمن المجال : فصل التبريد عند وصول درجة حرارة الهواء حتى الدرجة $-1C°$ وعمل آلة التبريد عند ارتفاع درجة حرارة الهواء إلى $+1C°$.

3- اجريت التجارب على نفس العينة عند الانتقال من ضغط إلى آخر أي أن نفس العينة تم تبريدها أولاً تحت الضغط الجوي النظامي ثم أعيد تدفئتها إلى درجة الحرارة الابتدائية وأعيد تبريدها تحت الضغط 1 بار ثم 2 بار وهكذا بنفس السياق .

4- العنصر الحساس من مقياس الحرارة (على عمق 3 سم من السطح) بقي على وضعيته عند الإنتقال من ضغط إلى آخر .

1- نتائج تبريد ثمار التفاح :

1-زمن التبريد: تبين معطيات الجدول (1) تغير درجة حرارة الثمار مع الزمن عند تغير الضغط المستخدم .

جدول (1) : تغير درجة حرارة الثمار مع الزمن عند ضغوط مختلفة.

الضغط المطبق bar	الزمن المنقضي على بداية التجربة min											
	0	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180
ضغط جوي	20	19,4	17,7	16,2	15,2	13,7	11,4	9,1	6,4	4,7	4,0	3,7	2,8
1	20	17,8	15,5	14,0	12,7	9,0	6,1	3,3	2,5				
2	20	16,2	12,8	10,0	7,3	4,8	2,4						
3	20	15,7	11,0	5,0	2,5								
4	20	15,7	9,5	2,5									

2- النقص في الوزن : من خلال اعادة وزن العينة بانتهاء كل تجربة تم تحديد النسبة المئوية للنقص في الوزن وكانت النتائج كما في الجدول (2) .

جدول (2) : تأثير تغير الضغط على النسبة المئوية للنقص في الوزن

الضغط المطبق	تغير وزن ثمار التفاح		
Bar	الوزن الابتدائي(gr)	الوزن النهائي(gr)	النسبة المئوية للنقص في الوزن (%)
ضغط جوي نظامي	3097,6991	3090,0792	0,25
1	3090,0652	3084,0073	0,20
2	3084,0043	3080,0562	0,12
3	3080,0033	3076,9873	0,09
4	3076,4450	3073,9450	0,08

3- تأثير رفع ضغط الهواء على الشدة التنفسية للثمار : دلّت تجارب تحديد الشدة التنفسية لثمار التفاح صنف غولدن تحت الضغوط المختلفة إلى النتائج الواردة في الجدول (3) .

جدول (3) تأثير رفع ضغط الهواء على الشدة التنفسية للثمار

الضغط المطبق	الشدة التنفسية
ضغط جوي	5,46
1 bar	6,04
2 bar	8,75
3 bar	9,96
4 bar	10,22

4- استهلاك الكهرباء أثناء التبريد : من خلال متابعة قراءة العداد الكهربائي الملحق بالجهاز خلال كل تجربة ثم تحديد كمية الطاقة الكهربائية المستهلكة ، جدول (4).

جدول (4) تأثير التبريد بضغوط مختلفة على كمية الطاقة الكهربائية المستهلكة .

الضغط المطبق	الطاقة الكهربائية المستهلكة (Kw)
ضغط جوي	0,6
1 bar	0,5
2 bar	0,45
3 bar	0,35
4 bar	0,25

5- مناقشة النتائج:

من خلال معطيات الجدول (1)، يستنتج وجود تناسباً عكسياً بين ضغط الهواء المستخدم في التبريد وزمن التبريد حيث أدى رفع ضغط الهواء بمقدار 1 بار إلى اختصار الزمن اللازم للتبريد بمرور 1,5 مرة أما رفع الضغط إلى 2 بار فادى إلى اختصار زمن التبريد بحدود 2 مرة أما استخدام هواء بضغط 4 بار، فأدى إلى اختصار زمن التبريد بأكثر من ثلاث مرات.

نظرياً يحسب الزمن اللازم لتبريد منتج غذائي ذو شكل منتظم (ثمار التفاح مثلاً) بالعلاقة التجريبية التالية :

$$\tau_{tg} = \rho \frac{R^2}{a}\left[\left(\frac{2,3}{Bi} + 0,8\right)\lg\frac{to - tm}{te - tm} + 0,12\right]$$

حيث : A , a , R : ثوابت تتعلق بشكل ونوع المنتج المعالج to , te , tm درجات حرارة المنتج الأولية والنهائية والوسط المبرد وبالتالي فالمتغير في هذه العلاقة عند تغير الضغط المطبق هو رقم بيو اللابعدي Bi حيث : $Bi = \frac{\alpha e R}{\lambda}$ حيث R هو نصف قطر الثمرة و λ هـ الناقلية الحرارية لنسيج الثمرة ، أما αe فهو عامل الحمل الحراري على سطح الثمرة وهي قيمة تتعلق بطريقة التبادل الحراري في جهاز التبريد وتتعلق بالدرجة الأولى برقم رينولدز Re ورقم Nu (نيوسلت) تتعلق قيمة الرقم Nu بخواص الهواء والتي تتغير كثيراً بتغير ضغطه مايعني في المحصلة ارتفاعاً ملحوظاً بعامل الحمل الحراري αe وبالتالي برقم Bi الذي ينعكس بشكل مباشر على قيمة الزمن اللازم للتبريد كما تبين من العلاقة السابقة.

كما تدل معطيات الجدول (2) أن رفع ضغط الهواء المستخدم في التبريد أدى إلى إنخفاض قيمة النقص في وزن ثمار التفاح مقارنة مع قيمة النقص في الوزن عند عينات الشاهد (الضغط الجوي النظامي)، حيث ادى رفع ضغط الهواء حتى 4 بار إلى انخفاض نسبة الفقد بالوزن بحدود الثلاثة أضعاف عند التفاح وفي الواقع يمكن أن يكون ذلك من النتائج المتوقعة.

رياضياً تحسب قيمة الفقد بالوزن كنتيجة لعملية البخر من سطح الثمار باعتبارها سطحاً رطباً بعلاقة دالتون التالية:

$$\Delta G` = \beta \cdot F\,(P - pair)\tau - (2)$$

حيث:

β – معامل التبخير عند Kg/m2 . Pa . Sec

F – السطح المعرض للتبخير m2 .

τ – زمن العملية Sec

والمتغيرات الوحيدة في هذه العلاقة عند الانتقال من الضغط الجوي النظامي إلى ضغوط أعلى هي قيمة المقدار (P – Pair) حيث :

P – هو الضغط الجزئي لبخار الماء على سطح الثمرة مباشرة .

Pair– الضغط الجزئي لبخار الماء في الهواء المحيط.

إن رفع الضغط يؤدي إلى كبر قيمة Pair وبالتالي تصغير قيمة المقدار (P – Pair) وبدوره ينعكس على قيمة الفقد الكلي $\Delta G`$ خلال عملية التبريد . إضافة إلى أنه وكما يلاحظ من العلاقة (2). فإن قيمة النقص في الوزن $\Delta G`$ على علاقة طردية مع الزمن اللازم للعملية التبريدية τ أي أن قصر الزمن اللازم للتبريد يؤدي بدوره إلى انخفاض إضافية بالقيمة $\Delta G`$.

ومن ناحية تأثير الهواء المضغوط على الشدة التنفسية ،فقد لوحظ أنه بارتفاع الضغط ترتفع الشدة التنفسية عند التفاح ،كما تشير الى ذلك معطيات الجدول (3) حيث وصلت الشدة التنفسية عند التفاح إلى حدود 10 mg CO2/Kg hr عند ضغط 4 بار في حين كانت بحدود 5 mg CO2/Kg hr عند الضغط الجوي النظامي أي أن الارتفاع بحدود الضعف. إلاّ أن هذا الارتفاع وبالأخذ بعين الاعتبار زمن التبريد الذي انخفض بحدود الـ 3 مرات فإن المحصلة الكلية لكمية المواد المستهلكة في عملية التنفس خلال كامل عملية التبريد سيكون أقل في حال استخدام

الضغوط المرتفعة، وعليه فإن ارتفاع الشدة التنفسية وبالرغم من اعتبار ذلك سلبياً فإن المحصلة العامة لكمية المواد المستهلكة وللنقص في وزن المنتج (نقص الماء بنتيجة التنفس ونتيجة عملية البخر) كان أقل عند استخدام الضغوط المرتفعة وخاصة عند التبريد بضغط هوائي مساوياً لـ 4 بار.

ومن ناحية الطاقة الكهربائية المستهلكة مع تغير الضغوط فقد تبين أن الطاقة الكهربائية المستهلكة عند استخدام الضغوط المرتفعة كانت أقل بأكثر من 2 مرة عند تبريد التفاح [جدول 4]. مع العلم أن الطاقة الكهربائية المستهلكة من قبل ضاغط الهواء قد دخلت في حساب الاستهلاك. ومرد ذلك إلى زمن التبريد الذي انخفض إلى أكثر من ثلاثة أضعاف.

6- الاستنتاجات والتوصيات:

- الاستنتاجات:

من خلال النتائج التي تم التوصل إليها في هذا العمل يمكن استنتاج مايلي:

1- ترافق استخدام ضغوط أعلى من الضغط الجوي الى قصر المدة الازمة لتبريد ثمار التفاح بشكل طردي وكانت أقصر الأزمان عند استخدام ضغط مقداره 4 بار .

2- أدى استخدام الضغوط المرتفعة إلى تخفيض قيمة النقص في الوزن الذي يحصل أثناء العمليات التبريدية وترافق مقدار الانخفاض في نقص الوزن بشكل عكسي مع قيمة الضغط المستخدم .

3-ترافق استخدام ضغوطا أعلى من الضغط الجوي الى ازدياد الشدة التنفسية وتناسب الإرتفاع في الشدة التنفسية طردياً مع الضغط المطبق.

4- أدى رفع ضغط الهواء إلى انخفاض في كمية الطاقة الكهربائية المستهلكة أثناء عملية التبريد. ويعود ذلك إلى الاختصار الواضح في زمن العملية التبريدية ككل.

- التوصيـات :

1- اقتراح استخدام هذه الطريقة في تبريد التفاح على المستوى الإنتاجي.

2- اجراء دراسة اقتصادية متكاملة لهذه الطريقة ومقارنتها مع الطرق الأخرى .

المراجع المستخدمة :

1- أنطون ، يوسف ،2010، تقانة الخزن والتبريد _ القسم العملي _ منشورات جامعة البعث _كلية الهندسة الكيميائية والبترولية .

2- الحامض ،عدنان حسين ،2001 - تعبئة و تخزين الثمار " الجزء الأول " جامعة حلب – كلية الزراعة .

3- قطنا هشام ، القطب محمد عدنان ،1993 - تعبئة و تخزين ثمار الفاكهة و الخضار- منشورات جامعة دمشق –كلية الزراعة .

4- عبدالله حسن ، 1990- تعبئة و تخزين الفاكهة والخضار – الجزء العملي – منشورات جامعة دمشق- كلية الزراعة .

−5

5-Burg, S. P., & Burg, E. A. (1966). Fruit storage at sub atmospheric pressures. Science, 153(3733), 314e315.

6- Gautam, D. M. and D. R. Bhattrai (2012). Postharvest Hortiulture. Bhawani Printers, Chabahil Kathmandu, Nepal. 105-110p.

7-Kader, A. A. . 2002. Postharvest Technology of Horticultural Crops. Univ. Calif. Agri. and Nat. Res. Pub. 3311

8-Kader Adel A. (2013). Postharvest Technology of Hortiultural Crops – An Overview from Farm to Fork. Department of Plant Sciences, University of California

9- Guillou,R. 1985.Some engineering aspects of cooling fruits and vegetables.Transactionsof theASAE 1(1):38,39,42

10-Gast, K.L.B. and Flores, R. 1991. Precooling produce. Kansas State Univer. Cooper. Ext. Ser. Pub. MF-1002 Manhattan, Kansas,

11-FAO (1986). Improvement of Postharvest Fresh Fruits and Vegetables Handling.

12-NPHC (2017). Postharvest handling operatins and management of apple: An Extension Material. Natinal Postharvest Research Centre, Paro, Bhutan.

13-Thompson,J.F.andY.L. Chen.1988.Comparative energy use of
vacuum, hydro and forced ait coolers for fruits and vegetables. ASHRAE Trans.94(l): 1427-143

14-PEART ,R,M and BROOK,R,C ,1989-Analysis of agricaltural energy systems .elsevier science publishers,NY,USA,p.420

15- PRIME,V,P , 1991-Precooling and storage of fruits and vegetables , philadalphia , hort .ac. -867p.

16-SHARPLES R, O, 1997-the influence of preharvest conditions on the quality of stored fruits -/Acta.Hortic. no.157.

17-Wills, R. B. H. (2007). Postharvest: An introductin to physiology and handling of fruit, vegetables and ornamentals. Sydney: UNSW Press; Cab Internatinal. 262p.
–18- Zahradnik,J.W.andL.E. Reinhart.1972.In-stack hydro of apples.Transactions of the ASAE l5(1):f4l-145.