أن يكون الحصاد بعد الرش بنحو ٥–١٠ أيام. ويؤدى الرش قبل الحصاد بفترة طويلة إلى انتثار بعض البذور، كما قد يؤدى الرش عند وجود نسبة عالية من الرطوبة فى التربة إلى ظهور نموات خضرية جديدة قبل الحصاد (Whitesides ١٩٨١).

التنفس وإنتاج الإثيلين

يتباين معدل تنفس قرون الفاصوليا حسب كلا من درجة الحرارة وطراز الفاصوليا، كما يلى:

معدل التنفس (بالملليلتر ثانى أكسيد كربون/كجم فى الساعة) فى كل من

الحرارة (°م)	الفاصوليا الخضراء العادية	الفاصوليا الخضراء الطويلة الرفيعة
صفر	١٠	٢٠
٥	١٧	٢٣
١٠	٢٩	٤٦
١٥	٤٦	١٠١
٢٠	٦٥	١١٠

وتنتج قرون الفاصوليا الخضراء الإثيلين بمعدل ٠,٠٥ ميكروليتر/كجم فى الساعة على ٥°م.

ويؤدى تعرض القرون لمصدر خارجى من الإثيلين وهى فى حرارة التخزين الموصى بها إلى فقدها للونها الأخضر وتلونها بالبنى. ويؤدى تعرضها للإثيلين بتركيز يزيد عن ٠,١ جزءًا فى المليون إلى تقصير فترة صلاحيتها للتخزين بنسبة ٣٠٪–٥٠٪ على ٥°م (Cantwell & Suslow ٢٠٠٧).

التداول

تجرى مختلف عمليات التداول فى محطات التعبئة التى يجب أن ينقل إليها المحصول سريعًا بعد الحصاد، ولكن يوصى بإجراء التعبئة فى الحقل لمحصول الفاصوليا الفائق الرفع، والرفيع جدًّا، والرفيع، لكى يقتصر تداوله على مرة واحدة قبل تبريده

أوليًا. وفى هذه الحالة، يتم جمع المحصول، وفرزه، وتعبئته فى عبوات التصدير فى عملية واحدة.

الفرز

يجرى فرز الفاصوليا الخضراء إما يدويًا، وإما آليًا. ويعد تقسيم الفاصوليا إلى رتب تجارية مختلفة من بين عمليات التداول الهامة. وقد سبقت الإشارة إلى التقسيم المستخدم فى الولايات المتحدة بنظام الـ sieve size.

الفرز اليدوى

يجرى الفرز فى محطات التعبئة – أثناء التعبئة – وذلك باستبعاد القرون الصغيرة جدًا، والزائدة النضج، والمصابة بالأمراض والآفات والمشوهة، والمجروحة، والذابلة، وغير المثلة للصنف، والخشنة الملمس، والمختلفة اللون ... إلخ.

ويراعى دائمًا توحيد قطر الثمار فى العبوة الواحدة.

الفرز الآلى

يجرى الفرز الآلى فى محطات التعبئة، حيث تمر قرون الفاصوليا التى تم حصادها آليًا على آلات تقوم بإزالة الأوراق والبقايا النباتية الأخرى، ثم تمر على سير متحرك لاستبعاد القرون غير الصالحة للتسويق، وما يبقى من أجزاء نباتية يدويًا.

وتكون تفاصيل عمليات الفرز الآلى، كما يلى:

١- التفريغ على سير متحرك offloading conveyor belt.

٢- المرور على جزء لفصل القرون عن كتل التربة، والحجارة، وغيرها من الأجزاء الصلبة المختلطة بالقرون، وهو الجزء الذى يعرف باسم gravity separator نظرًا لاعتماده فى الفصل على خاصية الجاذبية الأرضية.

٣- المرور على جزء لفصل القرون عن الأوراق، وأجزاء السيقان، والأجزاء الأخرى

الصغيرة المختلطة بالقرون بواسطة تيار قوى من الهواء، وهو الجزء الذى يعرف باسم trash eleminator.

٤- المرور على برميل دوّار للتخلص من القرون الصغيرة من خلال فتحات، ويعرف هذا الجزء باسم pin-bean eliminator.

٥- المرور على برميل دوّار ذات انخفاضات ضحلة فنجانية الشكل للتخلص من القرون المكسورة، وهو الجزء الذى يعرف باسم broken-bean eliminator.

٦- تمر القرون بعد ذلك على مناضد هزازة vibrating tables للتخلص من بقية الشوائب.

٧- يلى ذلك مرور القرون على سيور هزازة حيث تتعرض للغسيل بالماء vibrating washer، للتخلص من التربة العالقة بالقرون، وكذلك التخلص من جزء من حرارة الحقل.

٨- يعقب ذلك مرور القرون على مناضد لأجل فرزها يدويًا grading tables، حيث تزال القرون الزائدة النضج، والمتعفنة، والمشوهة ... إلخ.

٩- تمر القرون بعد ذلك بالإهتزاز إلى كراتين التعبئة المشمعة، حيث توزن، ثم تغلق آليًا، ويعرف هذا الجزء باسم carousel-type automatic box filler.

١٠- التبريد cooling بالدفع الجبرى للهواء، ثم التخزين البارد لحين الشحن.

التعبئة

التعبئة للتسويق المحلى

يفضل تعبئة الفاصوليا – لأجل التسويق المحلى – فى صناديق بلاستيكية، أو فى أقفاص الجريد المبطنة بالكرتون المضلع المثقب، مع تجنب استعمال أجولة الجوت أو البولى بروبلين، ذلك لأنها تزيد كثيرًا من نسبة الجروح والأضرار الميكانيكية التى تحدث بالقرون، فضلاً عن أنها لا تسمح بالتهوية الجيدة، وترفع كثيرًا من الرطوبة النسبية داخل العبوة؛ مما يؤدى – مع غياب التبريد فى حالات التسويق المحلى – إلى زيادة أعفان القرون.

ويراعى أن تكون العبوات ممتلئة، ولكن دون كبس أو ضغط وألا يزيد مستوى القرون فى العبوة عن ارتفاع العبوة ذاتها، لكى لا يحدث ضغط على القرون عند وضع العبوات فوق بعضها البعض.

التعبئة والتصدير

تعبأ الفاصوليا لأجل التصدير فى عبوات كرتون مضلع مشمع سعة ٣ أو ٥ كجم، تكون أبعادها ٣٠ × ٢٠ × ١٢.٥ سم، أو ٤٥ × ٣٠ × ١٢.٥ سم، على التوالى، وبها فتحات طولية جانبية للتهوية لا تقل نسبتها عن ٥٪ من السطح الخارجى للعبوة لكى تكون التهوية جيدة، ولا تزيد عن ٧٪ لكى لا تتأثر متانتها.

يتم اختيار القرون الصالحة للتصدير بعناية، وتعبأ بطريقة منتظمة، بحيث توضع القرون فى العبوة فى صفين أو ثلاثة، مع توحيد اتجاه أعناق القرون فى كل صف منهم. ويفيد تبطين عبوات الكرتون بورق السوليفان فى تقليل فقد الرطوبة من القرون.

كما يمكن التعبئة فى عبوات المستهلك، وهى عبارة عن أكياس من ورق السوليفان المثقب تتسع لنحو ٢٥٠، أو ٥٠٠ جم من القرون، ثم توضع هذه العبوات داخل الصناديق الكرتونية.

التبريد الأوّلى

الهدف من التبريد الأوّلى

يجرى التبريد الأوّلى precooling فى خلال ساعتين من الحصاد أو ثلاث ساعات كحدٍ أقصى، حيث تؤدى سرعة التبريد إلى:

١- إبطاء معدل تنفس القرون.

٢- خفض الفقد الرطوبى من القرون.

٣- تقليل نشاط الكائنات المسببة للأعفان.

٤- منع تلون أطراف القرون باللون البنى.

٥- المحافظة على نضارة القرون.

هذا .. وتفقد القرون حوالى ٢٪ من رطوبتها فى خلال ساعة واحدة من الحصاد، وترتفع هذه النسبة إلى حوالى ٣٪ فى خلال ساعتين إضافيتين، ولكن نسبة الفقد تزيد إلى حوالى ١٠٪ إذا تأخر التبريد الأوّلى إلى خمس ساعات بعد الحصاد.

طرق التبريد الأوّلى

لا يمكن الاعتماد على غرف التخزين البارد فى تبريد الفاصوليا إلى الدرجة المطلوبة؛ لأن التبريد فيها يكون بطيئًا وقد يستغرق أكثر من ١٦ ساعة، ويقتصر دور المخازن المبردة على المحافظة على برودة المحصول المخزن والذى سبق تبريده أوليًّا.

ويجرى التبريد الأوّلى فى الفاصوليا إما بالماء البارد hydrocooling، وإما بالدفع الجبرى للهواء البارد forced-air cooling.

التبريد الأوّلى بالماء البارد

يعتبر التبريد الأوّلى بالماء البارد hydrocooling أفضل وسيلة لتبريد الفاصوليا نظرًا لأن الماء يعد أسرع وسيلة لانتقال الحرارة؛ وبذا .. يمكن تبريد كميات كبيرة من المحصول خلال فترة زمنية قصيرة. كما أن هذه الطريقة تحد من الفقد الرطوبى أو تمنعه أثناء التبريد.

لكن لا يفضل التبريد بتلك الطريقة إلا إذا كانت هناك ضرورة ملحة لذلك، ذلك لأن عملية النقع فى الماء تساعد على انتشار مسببات الأمراض، كما توفر الرطوبة الحرة بيئة مناسبة لنموها. وإذا ما استعمل الماء المكلور فإنه يجب أن يكون بتركيز ٥٥–٧٠ جزءًا فى المليون من الكلورين الحر عند pH = ٧، مع خلو الماء من العوالق العضوية. أما عند ارتفاع الـ pH عن ذلك فإنه يحسن زيادة تركيز الكلورين الحر إلى ١٥٠ جزءًا فى المليون، مع ضبط التركيز إليكترونيًّا على فترات متقاربة. ويتعين غسيل القرون بالماء أولاً لأجل التخلص من الأتربة والمخلفات العضوية التى تقلل من فاعلية الكلورين. وقبل البدء فى تركيب أجهزة الغسيل بالماء المكلور يتعين التخطيط للوسيلة التى سيتم عن طريقها التخلص من ماء التطهير بأمان (Boyette وآخرون ١٩٩٤).

ويجرى التبريد إما بمرور القرون على سير متحرك يتعرض "لدش" قوى من الماء البارد، وإما بغمرها فى قناة flume أو خزان tank ممتلئان بالماء البارد.

ويعد تبريد الفاصوليا أوليًا بغمرها فى قناة ممتلئة بالماء البارد طريقة حديثة نسبيًا، وفيها تغمر القرون المفروزة والدرجة مباشرة فى قناة طويلة تحتوى على ماء مضاف إليه الكلور (مكلور) على حرارة ١–٣°م، حيث يمكن خفض حرارة المنتج بصورة متجانسة من ٣٠°م إلى ٧°م فى خلال حوالى ٦ دقائق. ويفيد التبريد السريع فى منع حدوث التلون البنى فى أطراف القرون.

ومن أهم عيوب التبريد بهذه الطريقة ابتلال القرون، وهو ما يمكن أن يتسبب فى خسائر كبيرة — بسبب الأعفان — إذا ما سمح للمحصول بأن يدفأ من جديد بعد تبريده أوليًا، أو إذا ما لم يكن الماء مكلورًا بصورة جيدة. وتجدر الإشارة إلى أن القرون الدافئة المبتلة تكون شديدة القابلية للإصابة بعدد من الأعفان، مثل أعفان البثيم *Pythium*، والريزوبس *Rhizopus*، والعفن الرمادى الذى يسببه الفطر *Botrytis cinerea*، والعفن المائى الطرى الذى يسببه الفطر *Sclerotinia*. ولذا .. لا يجب إجراء التبريد الأولى بالماء البارد ما لم تتوفر مخازن باردة كافية لاستمرار التبريد بعد ذلك.

وعلى الرغم من أن جدر قرون الفاصوليا توفر لها حماية جيدة ضد الإصابات المرضية، إلا أن الكائنات الممرضة يمكن أن تصيبها من خلال الجروح، والخدوش، والأعناق. وتزداد احتمالات الإصابات المرضية كلما كثرت الجروح وازداد تعمقها فى القرن، وكلما ازدادت فترة الغمر فى الماء، وارتفعت حرارته.

ومن أهم ما تجب مراعاته لأجل نجاح عملية الكلورة، ما يلى:

١– ضرورة استمرار معاينة تركيز الكلور فى ماء التبريد باستعمال أوراق الاختبار الخاصة بذلك، أو بالأجهزة الإليكترونية.

٢– تجنب زيادة فترة بقاء المحصول فى الماء المكلور عما ينبغى.

٣- تغيير الماء كلما دعت الضرورة نظرًا لأن كفاءة الكلورة تنخفض كثيرًا كلما كثرت الشوائب فى ماء التبريد. ولذا يفضل إذا كان المحصول مُتربًا أن يغسل بالماء النظيف أولاً قبل أن يبرد أوليًا بالماء المكلور.

٤- ضرورة التخلص من الماء المكلور بطريقة آمنة لا تضر بالصحة العامة (عن جامعة ولاية نورث كارولينا — الخدمات الإرشادية بالإنترنت، تحت عنوان: Postharvest cooling and handling of grean beans and field peas، إعداد: M. D. Boyette وآخرون ٢٠٠٠).

يعاب على هذه الطريقة فى التبريد الأوّلى أنها تؤدى إلى زيادة الإصابة بالعيب الفسيولوجى الذى يعرف باسم الاحمرار الصدئ russeting بعد إخراج الفاصوليا من المخازن (Redit & Hamer ١٩٦١). وهو يشبه إلى حد كبير أعراض الإصابة بلفحة الشمس (Ramsey & Wiant ١٩٤١).

التبريد الأوّلى بالدفع الجبرى للهواء

إن أفضل وسيلة لإجراء التبريد الأوّلى هى طريقة الدفع الجبرى للهواء، وتجرى برص الكراتين وهى فى بالتات — فى صفين متقابلين أمام مروحة شفط على أن يفصل بينهما مسافة ١,٥م تقريبًا. ترص باليتات الكراتين بحيث تكون الفتحات الجانبية للكراتين متقابلة بين داخل النفق — الذى يفصل بين صفى البالتات — وخارجه. يغطى النفق ببلاستيك ثقيل من أعلى ومن الجانب المفتوح المقابل لمروحة الشفط. يؤدى تشغيل المروحة إلى توليد فرق ضغط فى الهواء بين داخل النفق وخارجه، مما يؤدى إلى اندفاع الهواء البارد — من خلال فتحات التهوية فى الكراتين — من خارج النفق إلى داخله، ثم ليسحب إلى خارج النفق مرة أخرى بواسطة مروحة الشفط ... إلخ.

يجب أن يكون الهدف من التبريد المبدئى هو التخلص من حوالى ٩٠٪ من حرارة الحقل فى خلال ساعة واحدة إلى ساعتين من بداية التبريد.

وتتأثر كفاءة التبريد الأوّلي بالدفع الجبري للهواء بالعوامل التالية:

١– فتحات التهوية vent holes فى العبوات والتى يجب ألا تقل مساحتها عن ٥٪ من مساحة السطح الخارجى للعبوة.

٢– ضرورة أن تكون الفتحات فى مواجهة النفق وخارجه.

٣– ضرورة عدم تواجد ممرات للهواء بين العبوات أو البالتات، أو تحت البالتات؛ حيث إن تواجدها يمكن أن يتسبب فى زيادة فترة التبريد الأوّلى بنسبة تصل إلى ٤٠٪.

٤– ضرورة عدم زيادة طول النفق عن ست بالتات لتجنب الاختلافات الكبيرة فى ضغط الهواء بين أول النفق وآخره.

المعاملة بالـ 1-MCP

أدت معاملة الفاصوليا الخضراء بالـ 1-MCP بمعدل ٠,٥ ميكروليتر/لتر قبل تخزينها على ٧°م إلى تأخير التغير اللونى، وتكون البقع البنية، وإلى خفض معدل التنفس؛ إلا أن إنتاج القرون للإثيلين ازداد فى مرحلة متأخرة من التخزين استجابة لمعاملة الـ 1-MCP. لقد أخرت المعاملة ظهور البقع البنية — التى هى أحد أعراض التعرض للحرارة المنخفضة — بنحو خمسة أيام. كذلك قل تكون المساحات المائية المظهر بنسبة ٥٠٪ فى القرون التى سبقت معاملتها. ويعنى ذلك أن المعاملة بالـ 1-MCP قللت من أعراض الشيخوخة والبرودة فى الفاصوليا الخضراء خلال فترة التخزين الطويلة؛ مما يدل على وجود دور للإثيلين المنتج داخليًا بالقرون (وهى غير كلايمكتيرية) فى شيخوختها (Cho وآخرون ٢٠٠٨).

التخزين

التخزين البارد العادى

تحتفظ قرون الفاصوليا الخضراء بنضارتها لمدة أسبوع إذا خزنت فى ٦–٧°م، ورطوبة نسبية حوالى ٩٥٪–١٠٠٪، حيث يمكن تخزينها لمدة ٨–١٢ يومًا بحالة جيدة. هذا إلا أن بقاء الفاصوليا على ٥°م لمدة ٧–٨ أيام قد يعرضها للإصابة بأضرار البرودة.