

Essai d'entreposage frigorifique de pommes Braeburn en atmosphère pauvre en oxygène

J.-P. SIEGRIST et P.-Y. COTTER, Agroscope RAC Changins, Centre d'arboriculture et d'horticulture des Fougères, CH-1964 Conthey

 E-mail: jean-pierre.siegrist@rac.admin.ch
Tél. (+41) 27 34 53 511.

Résumé

L'entreposage frigorifique de pommes Braeburn en atmosphère contrôlée à basse teneur en oxygène (LO, 1,5%) et 1% de gaz carbonique permet de réduire la maladie du cœur brun et de maintenir une bonne fermeté des fruits. Les résultats dépendent également de la date de récolte et du calibre des fruits. Cette variété dégage beaucoup de gaz carbonique dans les chambres frigorifiques à atmosphère contrôlée. Un adsorbant surdimensionné est conseillé pour maintenir le taux de gaz carbonique à 1% et un rinçage à l'azote est nécessaire après les phases de régénération du charbon pour éviter une augmentation de la teneur en oxygène.

ditions, appelées LO (pour *Low Oxygen*), sont un compromis intéressant pour l'entrepositaire, car elles sont plus simples à appliquer et à contrôler dans de grandes salles frigorifiques commerciales. Dans la maladie du brunissement du cœur, décrite par SIEGRIST et COTTER (1998), on sait que les gros fruits sont plus sensibles à cette affection qui se développe après stockage, lorsqu'ils sont à température ambiante pendant leur phase de maturation.

Matériel et méthode

Les fruits utilisés pour réaliser cet essai proviennent des six vergers précédemment décrits dans la publication de SIEGRIST et COTTER (2002). Ceux du verger de Charrat n'ont pas été stockés à cause de la charge irrégulière des arbres. Deux dates de récolte sont pratiquées, en utilisant les paramètres de la fenêtre optimale de maturité indiquée dans le tableau 2. Les tests de maturité de ré-

Tableau 1. Variantes d'entreposage Low Oxygen (LO) et dates de récolte 2003-2004.

Variantes récolte	Variantes AC	% CO ₂	% O ₂
1 ^{re} récolte	Témoin	1%	2%
	Low Oxygen (LO)	1%	1,5%
2 ^e récolte	Témoin	1%	2%
	Low Oxygen (LO)	1%	1,5%

Tableau 2. Résultats des analyses à la récolte et fenêtre optimale de maturité.

Provenance	Dates de récoltes	Poids (g)	Sucre (°Brix)	Fermeté (kg/m ²)	Acide malique (g/l)	Amidon (note 1-10)	Indice Streif
Première récolte							
Riddes	02.10.03	162	9,5	9,3	6,4	5,6	0,175
Saxon	02.10.03	164	10,2	9,4	7,0	6,9	0,134
Channay	07.10.03	193	11,6	9,0	6,8	3,8	0,204
Tolochenaz	06.10.03	193	11,3	8,6	6,8	6,1	0,125
Saint-Prex	02.10.03	197	11,7	9,4	7,4	4,4	0,183
Seconde récolte							
Riddes	09.10.03	151	9,6	8,3	5,7	5,1	0,170
Saxon	09.10.03	157	10,7	7,7	6,6	6,5	0,111
Channay	16.10.03	190	11,7	8,7	7,4	4,6	0,213
Tolochenaz	16.10.03	183	11,7	9,0	5,3	4,6	0,213
Saint-Prex	16.10.03	198	11,8	8,7	7,5	5,1	0,196
Début de la fenêtre optimale de récolte			9,5	9,2	7,5	4,0	0,242
Fin de la fenêtre optimale de récolte			11,8	8,2	6,5	6,0	0,139

 Avant la fenêtre optimale de récolte

 Après la fenêtre optimale de récolte

Introduction

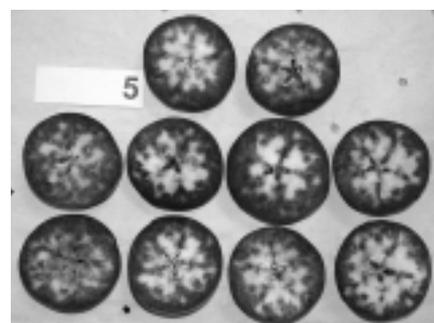
La variété de pomme Braeburn se conserve normalement jusqu'au mois d'avril en atmosphère contrôlée. Toutefois, malheureusement, certains lots présentent des problèmes de brunissement du cœur. Des essais de stockage, avec des basses teneurs en oxygène (ULO = *Ultra Low Oxygen*, 1% d'O₂) introduites par paliers successifs, ont été réalisés (SIEGRIST et COTTER, 2002). Ces conditions ULO ont permis de réduire partiellement l'apparition de la maladie du cœur brun, par rapport à des conditions d'entreposage à 2% d'oxygène. Dans le but d'améliorer encore ces résultats, une teneur en oxygène fixée à 1,5% a été testée lors de la saison d'entreposage 2003-2004. Ces con-

colte sont réalisés à l'aide du laboratoire automatique «Pimprenelle» sur un échantillon de 25 pommes et le test d'amidon se fait sur 10 fruits. Les fruits destinés à l'entreposage sont immédiatement refroidis et maintenus à une température de 0,5 °C avec une humidité relative d'environ 92-94%. Dès qu'une première récolte des cinq vergers est terminée et que la marchandise est totalement refroidie, les différentes variantes d'atmosphère décrites dans le tableau 1 sont établies. L'oxygène des microcellules frigorifiques est évacué à l'azote jusqu'à 5%, puis la respiration des fruits consomme l'oxygène restant et, en quelques jours, les teneurs de respectivement 1,5 et 2% sont atteintes puis stabilisées. Le gaz carbonique simultanément dégagé est alors éliminé et maintenu au seuil de 1%. L'opération est répétée avec les fruits de la seconde récolte. Les contrôles effectués en fin de conservation sont décrits dans la publication citée précédemment.

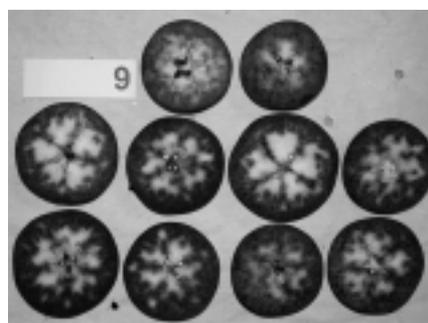
Résultats

Stade de maturité à la récolte 2003

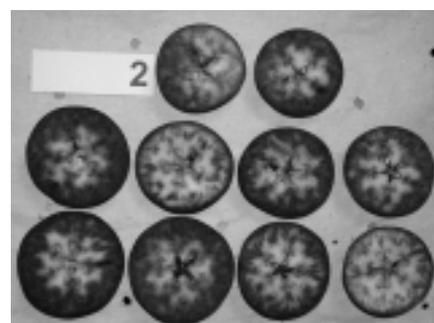
Malgré l'été caniculaire de 2003, les dates de récolte ne sont pas très différentes des années précédentes. Les résultats des analyses à la récolte figurent dans le tableau 2. La fermeté est le paramètre qui diminue le plus entre les



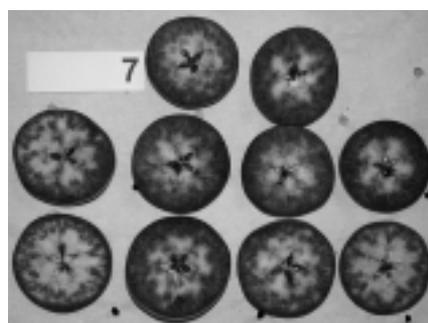
1a. Tolochenaz, récolte du 9 octobre 2003.



1b. Tolochenaz, récolte du 16 octobre 2003.



1c. Riddes, récolte du 2 octobre 2003.



1d. Riddes, récolte du 9 octobre 2003.

Fig. 1. Test amidon: faible régression entre les deux dates de récolte.

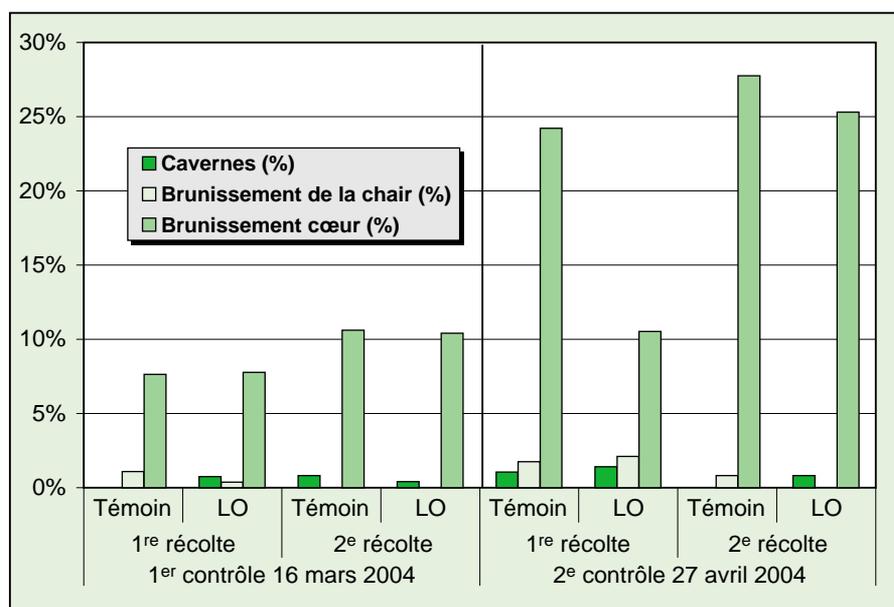


Fig. 2. Maladies d'entreposage selon les contrôles, dates de récolte et variantes d'atmosphère.

deux récoltes. Étonnamment, l'amidon est encore très présent lors des secondes récoltes. La cueillette s'effectue bien entendu sur des arbres différents, expliquant en partie la variabilité des résultats. Les figures 1a à 1d du test amidon montrent bien la faible régression de l'amidon intervenue entre les deux dates de récolte. Grâce à la transformation de cet amidon en sucre par hydrolyse durant les premières semaines de stockage, les teneurs en sucre vont ainsi augmenter de un à deux points en conservation.

Maladies d'entreposage

La figure 2 présente le pourcentage moyen de fruits atteints par les trois principales maladies de conservation, pour les cinq vergers, en fonction des dates de récolte et des conditions d'atmosphère. Au premier contrôle du 16 mars, l'incidence du brunissement de la chair et de la formation de cavernes est très faible. Le cœur brun est déjà plus fréquent, mais les symptômes sont discrets. Ils ne pénalisent pas, par conséquent, la qualité gustative des pommes. Seule différence observée lors de ce contrôle: les fruits des premières récoltes sont légèrement moins atteints. Au contrôle du 27 avril, la part de fruits atteints de brunissement de la chair et de cavernes reste au-dessous du seuil critique de 8%. Par contre, les manifestations du brunissement du cœur dépassent les limites acceptables partout, sauf pour les premières récoltes où la maladie est moins fréquente et les symp-

Tableau 3. Résultats des mesures de fermeté (kg/m²) après entreposage et maturation sept jours à 19 °C.

Variantes récolte	Variantes AC	Dates des analyses
1 ^{re} récolte	Témoin	16.03.04
		27.04.04
	LO 1,5%	16.03.04
		27.04.04
2 ^e récolte	Témoin	16.03.04
		27.04.04
	LO 1,5%	16.03.04
		27.04.04

Fig. 3. Incidence de la maladie du cœur brun selon la provenance, les dates de récolte et les variantes d'atmosphère.

tômes plus faibles avec la variante LO. L'observation plus détaillée par verger de cette maladie du brunissement du cœur (fig. 3) montre que ce sont les premières récoltes des vergers de Saint-Prex, Tolochenaz et Channay dans les conditions LO qui sont les moins touchées. Par contre, pour les vergers de Saxon et de Riddes, ce sont les fruits des secondes récoltes en conditions LO qui ne présentent pratiquement pas de dégâts. Ces résultats montrent bien l'importance de la date de récolte sur la conservation des pommes Braeburn. Les fruits de chaque verger se comportent différemment selon l'année, mais surtout en fonction de la charge des arbres. Les années de faible production, les fruits sont plus gros et malheureusement plus difficiles à conserver. La figure 4, où sont indiqués les poids moyens des pommes par verger, illustre ce constat. L'application d'une teneur en oxygène de 1,5% permet bien de réduire et de retarder l'apparition du brunissement du cœur mais, par précaution, les gros fruits ne doivent pas être longtemps stockés. Le suivi de l'entreposage de lots provenant d'essais d'éclaircissage sur la variété Braeburn au Centre des Fougères confirme ces observations. Plus l'éclaircissage des arbres est sévère, plus les fruits deviennent gros et sensibles aux maladies de conservation.

Influence sur la qualité

L'évolution et le maintien de la qualité des fruits en conservation sont très satisfaisants dans cet essai (fig. 5). Seule la fermeté présente des différences significatives entre les variantes de traitement. Comme on peut s'y attendre, la fermeté de la chair est plus faible pour

Fig. 5. Résultats d'analyses selon les variantes d'atmosphère, les dates de récolte et les contrôles.

Riddes	Saxon	Tolochenaz	Channay	Saint-Prex
8,3	8,2	7,7	8,2	8,5
7,9	7,9	7,2	8,5	7,9
8,4	8,8	8,4	9,1	8,7
8,1	8,4	8,2	8,3	8,6
7,6	7,7	8,4	8,6	8,5
7,1	7,3	8,1	8,2	7,9
8,0	7,8	8,6	8,2	8,7
7,5	7,1	8,2	8,6	8,3

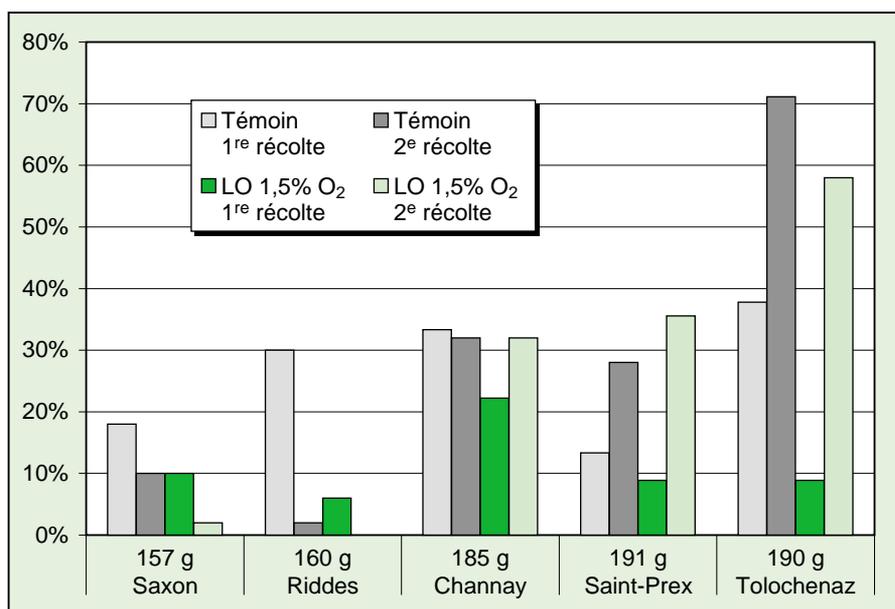
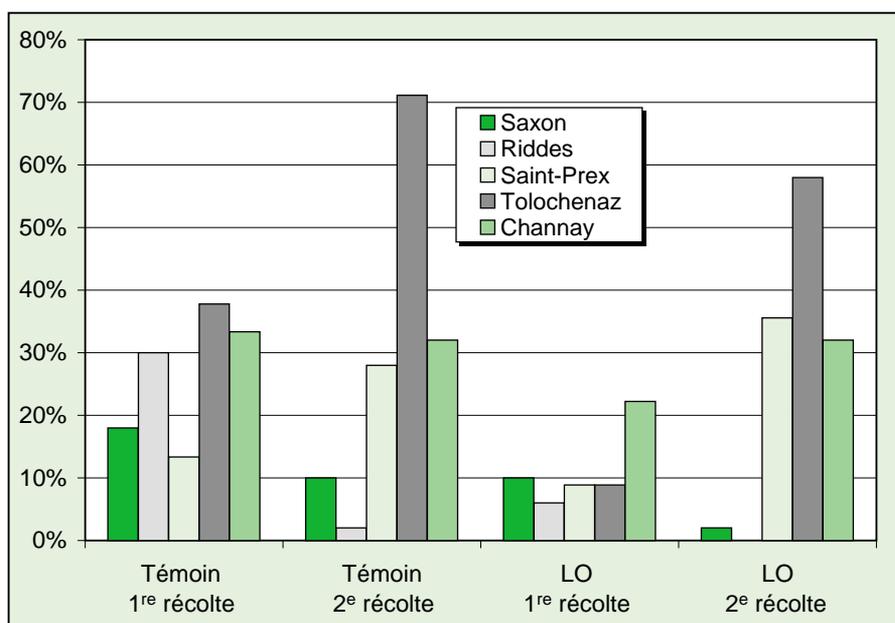
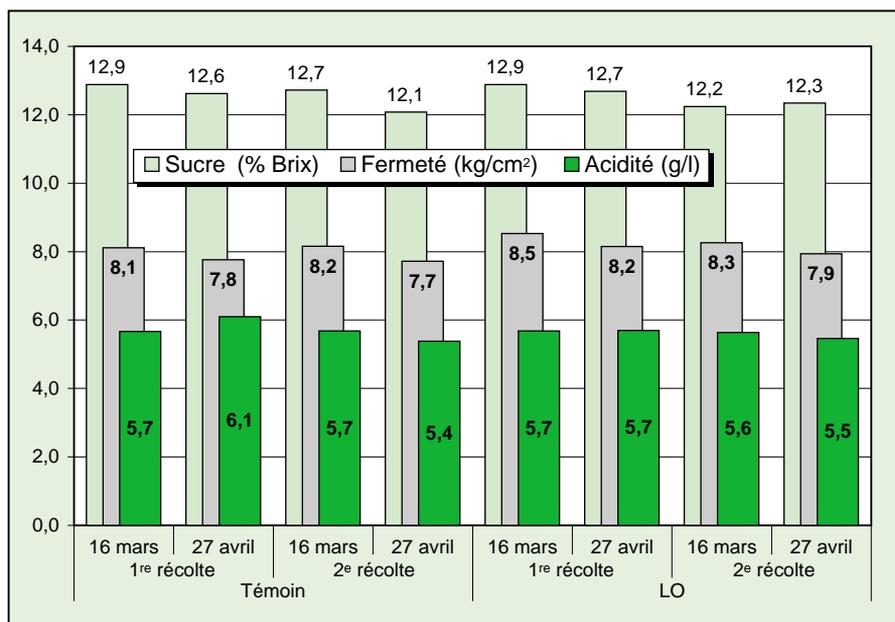


Fig. 4. Incidence de la maladie du cœur brun selon les vergers et le poids des fruits.



les fruits de la seconde récolte. En plus de réduire les dégâts dus aux maladies, les conditions d'atmosphère LO permettent de maintenir une meilleure fermeté par rapport à la variante témoin. Pratiquement tous les vergers obtiennent des résultats concordants (tabl. 3). Même si le gain n'est que de quelques centaines de grammes, cet avantage précieux maintient le croquant et la jutosité de la chair des pommes quelques jours de plus sur la table du consommateur.

Discussion

Les quantités de pommes Braeburn entreposées en atmosphère contrôlée augmentent chaque année. Par conséquent, la durée du stockage augmente aussi, d'où les risques de voir apparaître des maladies dans les lots conservés longtemps. Les conditions LO à 1,5% d'oxygène offrent le meilleur compromis pour lutter contre l'apparition de la maladie du cœur brun, car une plus basse teneur à 1% risque toujours de favoriser la formation de cavernes, même lorsqu'elle est appliquée par paliers (SIEGRIST et COTTER, 2002). L'effet sur le brunissement du cœur est légèrement inférieur à la variante LO testée cette saison.

Dans la pratique, les premières expériences des entrepositaires ont été difficiles avec cette variété. La variété Braeburn dégage beaucoup de gaz carbonique, rendant difficile le maintien rigoureux à 1% du taux de CO₂ dans les chambres frigorifiques. L'adsorbent chargé d'éliminer le CO₂ est très sollicité pour ce processus. La capacité de l'appareil ou des appareils devient souvent insuffisante pour maintenir le CO₂ des autres salles frigorifiques de l'entrepôt. Par ailleurs, à chaque cycle d'adsorption du CO₂ succède un cycle de régénération du charbon avec de l'air frais. Les résidus d'oxygène présents en fin de cycle dans le charbon sont souvent à l'origine d'une augmentation de la teneur en oxygène des chambres, rendant difficile le maintien des conditions recommandées. Pour remédier à cet inconvénient, il est possible d'évacuer ces résidus d'oxygène par un court rinçage à l'azote après la phase de régénération du charbon. Cet azote est la plupart du temps disponible, puisqu'il est fourni par le générateur d'azote utilisé pour établir les conditions d'atmosphère dans les chambres en début de stockage. La modification de l'adsorbent ne peut être effectuée que par un installateur, mais certains appareils sont conçus dès le départ pour pouvoir opérer le rinçage à l'azote.

Conclusions

- ❑ Les conditions LO (1,5% d'oxygène) permettent de réduire la part de fruits atteints par le brunissement du cœur en fin de période de stockage. La gravité des symptômes est également diminuée.
- ❑ Le maintien de la fermeté de la chair est supérieur en conditions LO. Les qualités gustatives sont ainsi mieux préservées pour le consommateur.
- ❑ Les dates de cueillette de Braeburn, définies selon les paramètres de la fenêtre optimale de récolte, sont valables.
- ❑ Des arbres faiblement chargés produisent des gros fruits, plus délicats à conserver. Pour une conservation prévue jusqu'à fin avril, début mai, l'entrepositaire a intérêt à choisir des lots récoltés tôt, d'un calibre petit à moyen. Au-delà de cette période, les risques de maladies de conservation augmentent fortement pour certains lots.
- ❑ La production de gaz carbonique de la variété Braeburn est importante et rend difficile le maintien des taux de CO₂ à 1% et de O₂ à 1,5%. Pour faire face à ces contraintes supplémentaires, un adsorbent de gaz carbonique surdimensionné est nécessaire, de même qu'un rinçage à l'azote pour éviter une augmentation de la teneur en oxygène.

Bibliographie

SIEGRIST J.-P., COTTER P.-Y., 1998. Essai d'entreposage frigorifique de pommes Braeburn en atmosphère contrôlée. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* **30** (5), 293-299.

SIEGRIST J.-P., COTTER P.-Y., 2002. Essai d'entreposage frigorifique de pommes Braeburn en atmosphère contrôlée ULO par paliers. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* **34** (6), 357-364.

Summary

Cold storage of Braeburn apples in LO controlled atmosphere

Cold storage of Braeburn apples in controlled atmosphere with low oxygen (LO 1,5%) and 1% carbonic gas allows reducing brown heart disease and keeping a good firmness of the fruits. The results also depend on harvesting date and of fruit calibre. This variety gives off much carbonic gas in cold rooms with controlled atmosphere. An oversize scrubber is recommended to maintain the carbonic gas rate at 1% and a nitrogen rinse is needed after the coal regeneration phase to avoid increasing the oxygen rate.

Key words: Braeburn, storage, apples, controlled atmosphere, LO, CO₂, O₂, firmness, quality.

Zusammenfassung

LO-Kühlagerungsversuch mit der Apfelsorte Braeburn

Mittels der Kühlagerung in kontrollierter Atmosphäre mit tiefem Sauerstoffgehalt (LO 1,5%) und mit 1% Kohlendioxid kann bei der Sorte Braeburn die Kernhausbräune reduziert und die Fruchtfleischfestigkeit länger beibehalten werden. Die Resultate werden aber auch vom Erntezeitpunkt sowie der Fruchtgrösse beeinflusst. Braeburn entwickelt in kontrollierter Atmosphäre viel Kohlendioxid in den Lagerräumen. Ein überdimensionierter Aktivkohleabsorber ist empfehlenswert um den Kohlendioxidgehalt bei 1% zu halten. Eine zusätzliche Waschung mit Stickstoff ist zudem angezeigt um eine Erhöhung des Sauerstoffgehaltes zu vermeiden.

Riassunto

Prova di conservazione in frigorifero delle mele Braeburn in atmosfera controllata LO

La conservazione frigorifera delle mele Braeburn in atmosfera controllata a basso tenore d'ossigeno LO (1,5% O₂) e 1% d'anidride carbonica permette di ridurre la malattia dell'imbrunimento del cuore e di mantenere inoltre una buona fermezza dei frutti. I risultati dipendono ugualmente dalla data di raccolta e dalla pezzatura dei frutti. Questa varietà sviluppa molta anidride carbonica nelle celle frigorifere ad atmosfera controllata. Si consiglia l'uso di un assorbitore sopradimensionato per mantenere il tasso d'anidride carbonica al 1% ed è necessario un risciacquo all'azoto, dopo la fase di rigenerazione del carbonio, per evitare un aumento del tenore in ossigeno.