

# Traitement à l'ozone des fraises et des framboises

Séverine GABIOUD REBEAUD<sup>1</sup>, Guillaume PERRIER<sup>1</sup>, Pierre-Yves COTTER<sup>1</sup>, André ANÇAY<sup>1</sup>, Luyen VUONG<sup>2</sup>  
et Danilo CHRISTEN<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Agroscope, 1964 Conthey, Suisse

<sup>2</sup>ozone.ch, 2400 Le Locle, Suisse

Renseignements: Séverine Gabioud Rebeaud, e-mail: severine.gabioud@agroscope.admin.ch, tél. +41 58 481 34 11, www.agroscope.ch



Photo Carole Parodi, Agroscope

## Introduction

Les fraises et les framboises représentent 80 % de la production de petits fruits en Suisse (Fruit-Union Suisse 2016). La surface de culture de fraises correspond à 518 ha, situés principalement dans les cantons de Thurgovie et Berne. Quant aux framboises, elles couvrent une surface totale de 151,1 ha, essentiellement dans les régions de Thurgovie, Vaud et Genève. La diversité des variétés et des modes de culture (plein champ, hors-sol,

sous abris, etc.) permet d'offrir aux consommateurs des fraises et des framboises indigènes de mai à novembre. Une fois cueillies, les baies sont acheminées jusqu'aux consommateurs par différents canaux de distribution, tels que la vente directe, le commerce de gros ou de détail. Indépendamment du canal de distribution, les attentes des consommateurs en termes de qualité sont élevées: les baies doivent avoir une apparence visuelle irréprochable, être exemptes de défauts, de meurtrissures et de pourritures, et avoir une qualité

gustative optimale. Cette dernière est principalement caractérisée par la teneur en sucre et par la qualité des arômes.

La durée de conservation des fraises et des framboises est limitée à quelques jours. Les fruits commercialisés rapidement peuvent être refroidis à 10–14 °C pour limiter les pertes durant le transport et le conditionnement. Cette température permet d'éviter la formation de condensation lorsque les baies sont remises à température ambiante et de maintenir ainsi l'aspect brillant des fruits, synonyme de fraîcheur pour le consommateur. Certains canaux de distribution nécessitent un entreposage de quelques jours à 0 °C, notamment en cas de récoltes abondantes ou de conditions de marché défavorables. A cette température, le métabolisme respiratoire et les processus de maturation sont fortement ralentis. Les fruits doivent cependant être réchauffés par paliers de température jusqu'à 10–14 °C afin d'éviter la formation de condensation lorsqu'ils sont remis à température ambiante (Fruit-Union Suisse 2012). Le développement rapide de pourritures lors du stockage amène à des pertes qui peuvent être non négligeables. L'incidence et l'intensité des dégâts varient en fonction de la variété, du type de production, des conditions climatiques précédant la récolte, du stade de maturité au moment de la cueillette, du délai de mise au froid ou encore de la température et de la durée d'entreposage. Entreposer les baies à basse température (0–1 °C) permet de ralentir la croissance des moisissures, mais non de les éliminer. Lorsque les conditions sont favorables au développement des micro-organismes, les fruits deviennent rapidement impropres à la consommation et les pertes économiques engendrées peuvent être importantes. Pour limiter les effets de telles pertes, des solutions alternatives doivent être trouvées.

L'ozone a un fort potentiel d'oxydation et agit comme désinfectant. Composé de trois atomes d'oxygène, il se dégrade rapidement en dioxygène lorsqu'il est en contact avec la matière. Il ne laisse donc pas de résidus. L'ozone peut être appliqué soit sous forme gazeuse, soit dissout dans l'eau. De nombreuses études ont évalué l'efficacité d'un traitement à l'ozone contre le développement de maladies parasitaires sur différents types de fruits et de légumes (Miller *et al.* 2013). Les résultats ne sont pas toujours cohérents pour un même type de produit horticole. L'efficacité du traitement est en effet influencée par de nombreux facteurs, tels que l'espèce bactérienne ou fongique et son stade de développement, la concentration en ozone et la durée d'exposition, la température et l'humidité relative dans la chambre frigorifique (Pascual

**Résumé** ■ Les fraises et les framboises sont des fruits fragiles qui se dégradent rapidement après la récolte. Les pertes sont principalement causées par le développement de maladies fongiques, en particulier lorsque les conditions d'entreposage ne sont pas optimales. Dans cette étude, un traitement à l'ozone appliqué sous forme gazeuse a été testé dans le but de prolonger le stockage des baies en réduisant les pertes dues au développement de pourritures. Les résultats montrent que l'ozone est efficace pour ralentir la croissance des micro-organismes et qu'il n'altère pas la qualité des fruits en termes de teneur en sucre, acidité et couleur dans la majorité des essais. Dans certains tests, l'ozone a légèrement accéléré le ramollissement des fraises, mais cette différence n'a pas été perçue par le panel de dégustateurs.

*et al.* 2007). L'influence de ces facteurs a également été montrée sur les fraises et les framboises (Horvitz et Cantalejo 2014).

Cette étude a pour but de déterminer si un traitement à l'ozone permet de réduire le développement des pourritures fongiques durant l'entreposage à court terme de fraises et de framboises, sans altérer la qualité commerciale et gustative.

## Matériel et méthodes

### Fruits

Les essais ont été menés durant l'été 2016 sur les variétés de fraises «Murano» et de framboises «Tulameen» cultivées sous tunnel sur substrat au centre de recherche Agroscope de Conthey et sur la variété de fraises «Laetitia» cultivée en production biologique en plein champ à Vétroz (Valais). Les fruits de 1<sup>er</sup> choix ont été répartis aléatoirement dans les différentes variantes d'essai détaillées dans le tableau 1.

### Entreposage et traitement à l'ozone

Les fruits ont été entreposés dans des microcellules de 0,2 m<sup>3</sup> à une température de 8 °C et une humidité relative de 92 %. Dans chaque essai, la moitié des fruits a été traitée deux fois par jour durant 1 h 30 avec de l'ozone à une concentration de 2 à 3 ppm. L'autre moitié des fruits a été entreposée dans une microcellule sans ozone (lot témoin).

### Maladies fongiques

Afin d'évaluer l'influence du traitement à l'ozone sur le développement des maladies fongiques, les fruits atteints de moisissures ont été dénombrés sur des lots de 60 fraises ou de 100 framboises.

### Paramètres physico-chimiques

La teneur en sucre, l'acidité et la couleur ont été déterminées sur 60 fraises ou 100 framboises à la récolte et après un entreposage de quatre et/ou huit jours selon les essais décrits dans le tableau 1. Dans le cas des fraises, la fermeté a également été mesurée. La couleur des fruits (composante «a») a été analysée sur chaque fruit à l'aide d'un colorimètre (Chromamètre CR-400, Minolta). La mesure de la fermeté a été réali-

sée au moyen d'un appareil Durofel muni d'un embout de 0,5 cm<sup>2</sup> (Giraud-Technologie, SETOP) et est exprimée en indices Durofel (ID<sub>50</sub>). Quinze fraises ou 25 framboises par échantillon ont ensuite été réduites en jus au moyen d'un robot mixeur avec centrifugeuse pour les analyses des teneurs en sucre et d'acidité. La teneur en sucre (°Brix) a été mesurée à l'aide d'un réfractomètre (ATAGO, modèle PR-1) et l'acidité (g acide citrique/kg) a été déterminée par titration (titrimètre Metrohm, 719S, Titrino).

### Qualité sensorielle

Dans le but de déterminer si les fruits traités ou non à l'ozone présentaient des différences de qualité sensorielle (aspect, goût, texture, etc.), un test discriminatif de type «2 parmi 5» a été effectué. L'épreuve dite du «2 parmi 5» consiste à présenter aux sujets cinq échantillons de produits dont deux proviennent d'un même lot et trois de l'autre lot. Il est alors demandé aux sujets de regrouper les échantillons perçus comme identiques. Ce test a été effectué avec un panel de vingt personnes sur les fraises de la variété «Murano» entreposées durant quatre et huit jours avec et sans traitement à l'ozone.

Tableau 1 | Description des essais

Type de fruit	Essai n°	Variété	Date de récolte	Durée d'entreposage (en jours)
Fraise	1	Laetitia	04.07.16	4 et 8
	2	Murano	11.07.16	8
	3		18.07.16	4 et 8
	4		02.08.16	8
	5		08.08.16	8
Framboise	1	Tulameen	21.06.16	8
	2		27.06.16	8
	3		11.07.16	8

### Analyse des données

Les analyses statistiques ont été réalisées à l'aide du logiciel XLSTAT 2016.



Photo Carole Parodi, Agroscope



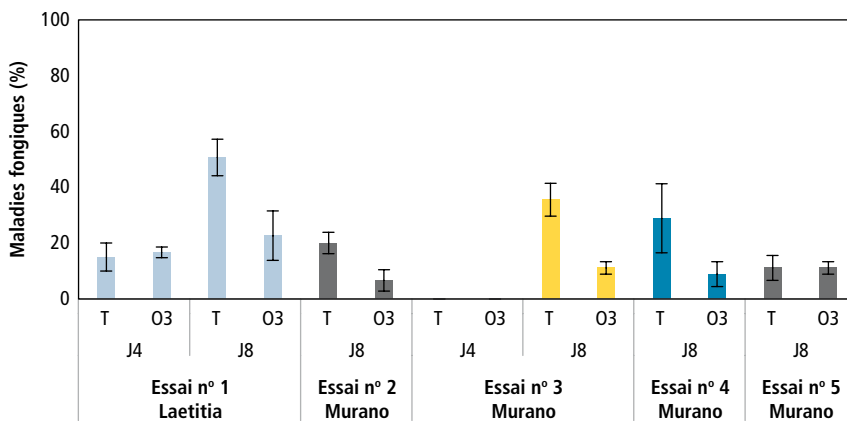
## Résultats et discussion

### Influence de l'ozone sur les maladies fongiques

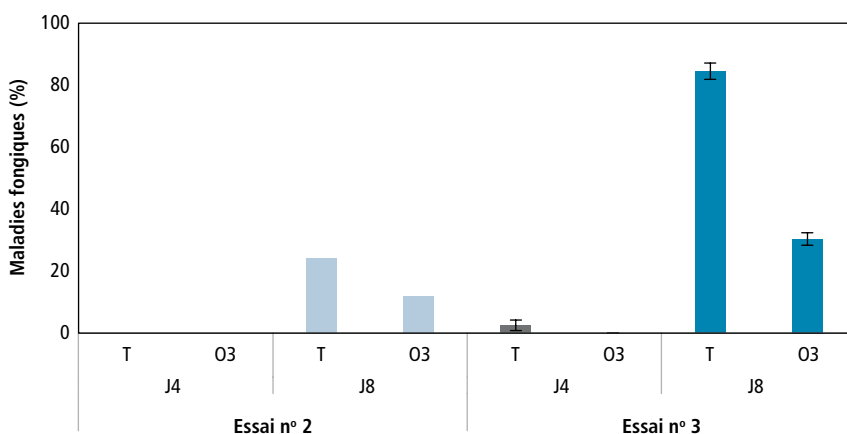
Les fraises et les framboises sont des fruits sensibles au développement de maladies fongiques, en particulier après la récolte. Constitués de larges cellules aux membranes fines, les tissus sont facilement endommagés lors de la récolte et des manipulations post-récolte, ce qui favorise le développement des moisissures. Les fraises sont surtout sujettes aux attaques d'oïdium (*Podosphaera aphanis*) et de pourriture grise (*Botrytis cinerea*). Les framboises, quant à elles, sont particulièrement sensibles à la pourriture grise. Les résultats obtenus dans cette étude montrent que le traitement à l'ozone appliqué deux fois par jour durant 1 h 30 à une concentration de 2 à 3 ppm a permis de réduire en moyenne de moitié l'incidence des maladies fongiques sur les fraises et les framboises (fig. 1 et 2). L'effet était particulièrement visible après huit jours d'entreposage. Durant les quatre premiers jours d'entreposage, et, ce indépendamment du traitement à l'ozone, les fraises «Murano» et les framboises «Tulameen» sont restées intactes, contrairement aux fraises «Laetitia» cultivées en plein champ, dont environ 15 % des fruits traités ou non avec l'ozone étaient pourris. Les maladies fongiques se sont surtout développées entre le quatrième

et le huitième jour sur les deux fruits testés. La température de 8 °C a en effet été trop élevée pour une telle durée d'entreposage et ne correspond pas aux recommandations établies pour la pratique, mais elle a permis de mesurer l'impact du traitement à l'ozone sur les moisissures en favorisant leur développement. A noter également que les résultats ont varié selon la date de récolte pour un même type de fruits issu de la même parcelle. Plusieurs facteurs peuvent être à l'origine de ces différences: l'état physiologique des fruits à la récolte, les conditions climatiques précédant la cueillette ou encore la quantité de spores présentes sur les baies avant la mise en frigo.

L'efficacité d'un traitement à l'ozone a également été démontrée par Bialka et Demirci (2007) sur les spores de *Salmonella* et d'*Escherichia coli* inoculées sur des fraises et des framboises. Toutefois, ces auteurs ont obtenu des résultats moins satisfaisants en lavant les baies avec de l'eau ozonée. Pérez *et al.* (1999) relèvent par ailleurs que le traitement perd de son efficacité une fois les baies placées à température ambiante (shelf life): l'ozone détruit en effet les micro-organismes au moment du traitement, mais sa durée de vie étant très courte (il se dégrade rapidement en dioxygène), il ne permet pas de lutter contre les maladies une fois le traitement terminé.



**Figure 1** | Influence du traitement à l'ozone sur le développement des maladies fongiques sur les fraises des variétés «Laetitia» (essai n° 1) et «Murano» (essais n° 2–5) entreposées durant quatre (J4) ou huit jours (J8). T: fruits témoins et O3: fruits traités à l'ozone.



**Figure 2** | Influence du traitement à l'ozone sur le développement des maladies fongiques sur les framboises de la variété «Tulameen» entreposées durant quatre (J4) et huit jours (J8). T: fruits témoins et O3: fruits traités à l'ozone.

## Influence de l'ozone sur les paramètres physico-chimiques

### Teneur en sucre et acidité

Les teneurs en sucre et en acidité jouent un rôle primordial dans la qualité gustative des fraises et des framboises. Les fruits sucrés sont en général mieux appréciés par les consommateurs. L'acidité est également importante, car un fruit peu acide est souvent considéré comme fade et peu savoureux. Une trop forte acidité n'est cependant pas souhaitée, surtout si elle est liée à une trop faible teneur en sucre. Les résultats de cette étude montrent que le traitement à l'ozone n'a pas influencé de manière significative les teneurs en sucre et en acidité des baies dans la majorité des essais (tabl. 2 et 3). Ces paramètres ont également très peu évolué durant l'entreposage (tabl. 2 et 3). Ces résultats confirment que la teneur en sucre et en acidité est déterminée au moment de la récolte et qu'elle est principalement influencée par des facteurs variétaux et culturaux, comme l'ont montré Carlen *et al.* (2005) sur les fraises.

**Tableau 2 | Influence du traitement à l'ozone sur les paramètres physico-chimiques (teneur en sucre, acidité et couleur) des fraises des variétés «Laetitia» et «Murano», à la récolte et après quatre ou huit jours d'entreposage. R: récolte, T: fruits témoins, O3: fruits traités à l'ozone et nd: non déterminé. Les valeurs moyennes avec les mêmes lettres ne sont pas différentes à  $p \leq 0,05$  selon le test de Fisher.**

Essai n°	Variété	Jours après récolte	Variante	Teneur en sucre (°Brix)	Acidité (g ac. citr./kg)	Couleur (a)
1	Laetitia	0	R	9,6 a	8,9 a	36,8 c
		4	T	9,6 a	8,6 a	37,4 bc
		4	O3	9,1 ab	7,9 a	38,7 a
		8	T	9,6 a	8,9 a	38,3 ab
		8	O3	8,7 b	8,8 a	38,8 a
2	Murano	0	R	nd	nd	nd
		8	T	8,2 A	9,1 A	36,6 A
		8	O3	8,8 A	8,7 A	36,7 A
3	Murano	0	R	7,9 a	8,1 a	38,7 a
		4	T	8,3 a	7,8 a	40,0 a
		4	O3	8,0 a	8,1 a	39,5 a
		8	T	8,0 a	7,3 a	38,6 a
		8	O3	8,9 a	7,3 a	39,2 a
4	Murano	0	R	7,7 A	7,2 A	39,4 A
		8	T	7,5 A	7,3 A	38,2 A
		8	O3	7,8 A	7,0 A	39,1 A
5	Murano	0	R	7,6 a	7,5 a	40,5 a
		8	T	7,7 a	8,7 a	39,1 b
		8	O3	7,5 a	7,9 a	39,2 b

### Couleur

La couleur est également un critère déterminant dans le choix des consommateurs. Les fruits rouge brillant sont particulièrement attrayants car cette couleur est souvent associée à un goût sucré et fruité. La couleur rouge des fraises et des framboises est due à la présence de pigments phénoliques appelés anthocyanes et elle est déterminée au moment de la récolte. En post-récolte, cette couleur rouge peut évoluer vers le rouge-sombre sous l'effet de l'oxydation des pigments, surtout dans le cas des framboises, ou vers le brun lorsque les fruits commencent à pourrir (Edin *et al.* 1999). Dans cette étude, l'ozone n'a que faiblement influencé la couleur des fruits traités (tabl. 2 et 3). La couleur des fraises a très peu évolué durant l'entreposage, alors que le rouge des framboises est devenu sombre, indépendamment du traitement à l'ozone. L'ozone, au fort pouvoir oxydant, n'a donc pas influencé de manière négative la couleur des fruits, ce qui corrobore l'hypothèse que ce traitement n'agit qu'en surface, sans oxyder les pigments. Ces résultats confirment les observations de Giuggioli *et al.* (2015) et de Bialka et Demirci (2007) sur framboises, ainsi que de Nadas *et al.* (2003) sur fraises.

### Fermeté

La fermeté des fraises est assurée par des composés pectiques qui, associés à de la cellulose, forment des protopectines insolubles. Les fruits se ramollissent durant

**Tableau 3 | Influence du traitement à l'ozone sur les paramètres physico-chimiques (teneur en sucre, acidité et couleur) des framboises de la variété «Tulameen», à la récolte et après quatre ou huit jours d'entreposage. R récolte, T: fruits témoins et O3: fruits traités à l'ozone. Les valeurs moyennes avec les mêmes lettres ne sont pas différentes à  $p \leq 0,05$  selon le test de Fisher.**

Essai n°	Jours après récolte	Variante	Teneur en sucre (°Brix)	Acidité (g ac. citr./kg)	Couleur (a)
1	0	R	11,6 a	24,9 a	31,1 b
	8	T	11,8 a	20,5 b	34,2 a
	8	O3	11,3 a	21,1 b	34,3 a
2	0	R	11,6 A	22,7 C	36,3 A
	4	T	12,0 A	26,2 AB	36,5 A
	4	O3	11,9 A	26,7 A	36,5 A
	8	T	11,4 A	24,3 BC	35,0 B
	8	O3	11,3 A	23,0 C	34,8 B
3	0	R	13,0 a	28,4 ab	30,1 c
	4	T	13,7 a	26,3 bc	37,0 ab
	4	O3	13,2 a	29,8 a	37,2 ab
	8	T	13,4 a	25,2 c	36,7 b
	8	O3	13,0 a	26,3 bc	37,5 a

l'entreposage sous l'effet d'enzymes pectinolytiques (Risser et Navatel 1997). Dans cette étude, la fermeté des fraises a peu évolué durant les huit jours d'entreposage, en particulier dans le cas de la variété «Murano» (fig. 3). Le traitement à l'ozone a légèrement renforcé le ramollissement des baies selon les variétés et les dates de récolte. Les fruits traités à l'ozone ont été significativement moins fermes après quatre ou huit jours d'entreposage dans les essais n° 1 («Laetitia»), 2 et 3 («Murano»). Aucune influence n'a par contre été observée dans les essais n° 4 et 5 («Murano»). Dans les tests significatifs, les différences de valeurs de fermeté ont été toutefois relativement faibles (environ 6 ID<sub>50</sub>). Le traitement à l'ozone n'est donc pas le seul facteur influençant l'évolution de la fermeté des fraises. En effet, celle-ci peut varier jusqu'à 20 ID<sub>50</sub> selon les variétés (Carlen *et al.* 2005).

Certaines études ont montré un ralentissement du ramollissement des fraises sous l'effet de l'ozone (Nadas *et al.* 2003), tandis que d'autres n'ont observé aucune différence de fermeté entre les fruits traités et non traités (Bialka et Demirci 2007).

#### Influence de l'ozone sur la qualité sensorielle

Les résultats du tableau 4 indiquent que le panel n'a pas différencié les fruits traités ou non à l'ozone. Ces résultats sont cohérents avec d'autres études qui ont

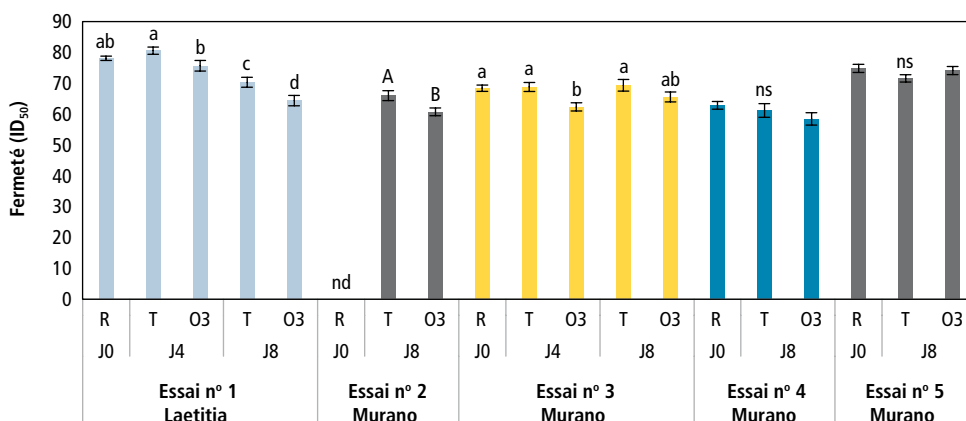
**Tableau 4 |** Test «2 parmi 5» effectué sur les fraises de la variété «Murano» entreposées durant quatre ou huit jours et traitées ou non avec l'ozone. P: probabilité de succès selon la loi binomiale.

Essai n°	Variété	Jours après récolte	Nombre de participants	Nombre de tests réussis	P	Résultat
3	Murano	4	20	2	0,285	non significatif
4	Murano	8	19	1	0,270	non significatif

montré que l'ozone n'influçait pas la qualité sensorielle des baies (Allende *et al.* 2007, Nadas *et al.* 2003). La qualité des fraises et des framboises est fonction de nombreux facteurs tels que la date de récolte, la variété, la charge ou le type de production. Aussi, des tests d'analyse sensorielle supplémentaires sont nécessaires pour déterminer l'influence de ces facteurs sur la qualité des fruits par rapport à un traitement à l'ozone. Enfin, il est intéressant de noter que la mesure de fermeté des fraises entreposées durant quatre jours a montré une différence significative d'environ 6 ID<sub>50</sub>, mais que le panel de dégustateurs n'a pas perçu cette différence.

## Conclusions

- Un traitement à l'ozone gazeux à une concentration de 2 à 3 ppm appliqué deux fois par jour durant 1 h 30 limite efficacement le développement de maladies fongiques sur les fraises et les framboises entreposées durant huit jours à 8°C.
- Dans la majorité des essais, l'ozone n'a pas influencé les teneurs en sucre et en acidité, ni la couleur des fruits.
- La fermeté des fraises traitées a parfois été légèrement plus faible que celle des fruits non traités; toutefois, cette différence n'a pas été perçue par le panel de dégustateurs.
- Les fraises «Murano» traitées ou non à l'ozone et entreposées durant quatre ou huit jours n'ont pas pu être différenciées par le panel de dégustateurs, ce qui indique que l'ozone n'a pas eu d'influence sur la qualité sensorielle de ces fruits.
- Le traitement des fraises et des framboises à l'ozone a donc un potentiel intéressant pour améliorer la rentabilité du stockage de ces fruits en réduisant les pertes causées par les maladies fongiques. ■



**Figure 3 |** Influence du traitement à l'ozone sur la fermeté des fraises des variétés «Laetitia» et «Murano» à la récolte (J0) et après quatre (J4) ou huit jours (J8) d'entreposage. T: fruits témoins et O3: fruits traités à l'ozone, nd: non déterminé.

<b>Summary</b>	<p><b>Ozone treatment on strawberries and raspberries</b></p> <p>A rapid degradation of strawberries and raspberries is observed after harvest due to their fragility. The development of fungal diseases is the main cause of fruit losses and this is principally happening when storage conditions are not optimal. In this study, a treatment with gaseous ozone was tested with the aim to extend the storage life of the berries by reducing the losses caused by the development of rot. Results show that ozone is effective to slow down microorganisms growth without altering key fruit quality parameters (sugar, acidity and color) in most of the trials. In few experiments, a slight increase of strawberries softening caused by the ozone treatment was observed, but the difference with non treated fruits was not perceived by the panel of tasters.</p> <p><b>Key words:</b> Strawberries, raspberries, ozone, fungal disease, quality.</p>	<b>Zusammenfassung</b>	<p><b>Ozonbehandlung von Erdbeeren und Himbeeren</b></p> <p>Erdbeeren und Himbeeren sind empfindliche Früchte, die nach der Ernte schnell verderben. Die Schäden sind hauptsächlich auf die Entwicklung von Pilzkrankheiten zurückzuführen, insbesondere wenn die Lagerbedingungen nicht optimal sind. In der vorliegenden Studie ist eine Behandlung mit gasförmigem Ozon durchgeführt worden, mit dem Ziel die Lagerdauer von Beeren zu verlängern und die durch Verfaulung bewirkten Schäden zu reduzieren. Die Resultate zeigen, dass Ozon effizient zur Verlangsamung des Wachstums von Mikroorganismen beiträgt und die Qualität in Bezug auf Zuckergehalt, Säure und Farbe in der Mehrheit der Versuche nicht beeinträchtigt. In gewissen Tests, hat das Ozon das Weichwerden der Erdbeeren leicht beschleunigt, aber dieser Unterschied ist vom Verkosterausschuss nicht wahrgenommen worden.</p>	<b>Riassunto</b>	<p><b>Trattamento all'ozono di fragole e lamponi</b></p> <p>Le fragole e i lamponi sono dei frutti fragili che si degradano rapidamente dopo il raccolto. Le perdite sono principalmente causate dallo sviluppo di malattie fungine, in particolare, quando le condizioni di stoccaggio non sono ottimali. In questo studio si è testato un trattamento di ozono gassoso con lo scopo di prolungare lo stoccaggio delle bacche, riducendo le perdite dovute allo sviluppo di marciumi. I risultati mostrano che l'ozono rallenta la crescita di microorganismi e che nella maggior parte delle prove non altera la qualità dei frutti in termini di tenori in zucchero, acidità e colore. In alcune prove l'ozono ha leggermente accelerato il rammollimento delle fragole, ma questa differenza non è stata percepita dal panel di degustatori.</p>
----------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

**Remerciements**

Les auteurs remercient l'entreprise ozone.ch pour la mise à disposition et le support technique de l'installation de traitement à l'ozone.

**Bibliographie**

Allende A., Marín A., Buendía B., Tomás-Barberán F. & Gil M. I., 2007. Impact of combined postharvest treatments (UV-C light, gaseous O<sub>3</sub>, superatmospheric O<sub>2</sub> and high CO<sub>2</sub>) on health promoting compounds and shelf-life. *Postharvest Biol. Tec.* **46**, 201–211.

Bialka K. L. & Demirci A., 2007. Utilization of Gaseous Ozone for the Decontamination of *Escherichia coli* O157:H7 and *Salmonella* on Raspberries and Strawberries. *Food Protect.* **70**, 1093–1098.

Carlen C., Potel A. M., Bellon C. & Ançay A., 2005. Qualité des fraises: effets de la variété, du rapport feuille/fruit, de la période de récolte et du stade de maturité. *Revue suisse Vitic. Arboric. Hortic.* **37**, 87–93.

Edin M., Gaillard P. & Massardier P., 1999. Le framboisier. CTIFL, 208 p.

Ançay A., Baroffio C., Michel V., 2012. Guide des petits fruits. Fruit-Union Suisse et Agroscope Changins-Wädenswil, 2012. Fruit-Union Suisse, 2016. Surface des baies 2016. Fruit-Union Suisse, 12 p.

Giuggioli N., Briano R., Girgenti V. & Peano C., 2015. Quality Effect of Ozone Treatment for the Red Raspberries Storage. *Chem. Eng. Trans.* **44**, 25–30.

Horvitz S. & Cantalejo M. J., 2014. Application of Ozone for the Postharvest Treatment of Fruits and Vegetables. *Crit. Rev. Food Sci.* **54**, 312–339.

Miller F. A., Silva C. L. M. & Brandão T. R. S., 2013. A Review on Ozone-Based treatments for Fruit and Vegetables. *Food Eng. Rev.* **5**, 77–106.

Nadas A., Olmo M. & García J. M., 2003. Growth of *Botrytis cinerea* and strawberry quality in ozone-enriched atmospheres. *J. Food Sci.* **68**, 1798–1802.

Perez A. G., Sanz C., Ríos J. J., Olías R. & Olías J. M., 1999. Effects of Ozone Treatment on Postharvest Strawberry Quality. *J. Agric. Food Chem.* **47**, 1652–1656.

Pascual A., Llorca I. & Canut A., 2007. Use of ozone in food industries for reducing the environmental impact of cleaning and disinfection activities. *Trends Food Sci. Tech.* **18**, 29–35.

Risser G. & Navatel J. C., 1997. La fraise: plant et variétés. CTIFL, 103 p.