

## FACTEURS DE DÉGRADATION DES CHAMPIGNONS

---

Plusieurs facteurs affectent la conservation des champignons, qu'ils soient physiques, chimiques ou microbiologiques. En effet, l'activité enzymatique, la croissance microbienne, la résistance aux chocs et à l'écrasement sont tous des facteurs affectant les qualités organoleptiques des champignons (BURTON *et al.*, 1992, ARES *et al.*, 2007).

### FACTEURS CHIMIQUES

Les facteurs chimiques sont les principaux responsables de la dégradation des champignons. En effet, comme les champignons possèdent un haut taux d'humidité et de respiration comparativement aux fruits et légumes frais, cela accélère la détérioration au niveau chimique (CHIRIFE *et al.*, 1992 et ARES *et al.*, 2007).

Premièrement, la respiration des champignons cause une déshydratation de ceux-ci et une augmentation de CO<sub>2</sub> dans l'emballage. Cela augmente la vitesse de détérioration et comme le taux de respiration diffère considérablement entre les espèces de champignons, il est impossible de généraliser la vitesse de dégradation chez les différentes espèces. La réfrigération permet de ralentir ce processus à condition de maintenir adéquatement la chaîne de froid (ARES *et al.*, 2007)

Deuxièmement, l'activité enzymatique des champignons entraîne leur brunissement. La tyrosinase, appartenant au polyphénol oxydase, oxyde les composés phénoliques contenus dans les champignons. La tyrosinase et l'oxydation spontanée sont toutes deux responsables du brunissement (ARES *et al.*, 2007, SAXENA *et al.*, 2003 et JOLIVET *et al.*, 1998). Encore une fois, la réfrigération demeure une solution simple et efficace pour ralentir ces mécanismes (MOHAPATRA *et al.*, 2010).

Troisièmement, le changement de texture des champignons est aussi dû à des activités enzymatiques ou parfois microbiologiques. La dégradation des protéines et des polysaccharides crée la perte d'eau et un amollissement de la chair (ARES *et al.*, 2007 et JEAN, 2015a)

### FACTEURS PHYSIQUES

Entre la cueillette et l'arrivée des champignons chez le consommateur, il est possible que ceux-ci aient été endommagés par écrasement ou chocs. Même si l'écrasement des champignons ne dure que 10 secondes, la tyrosinase contenue dans ceux-ci va être stimulée et le brunissement sera accéléré. Ce genre de traitement peut équivaloir à un vieillissement de 7 jours à une température de conservation de 5 °C. Il est donc important d'opter pour un emballage qui réduira les chances de compressions ou de chocs des champignons entre eux et sur les parois externes de l'emballage (BURTON *et al.*, 1992).

## FACTEURS MICROBIOLOGIQUES

Un autre type de dégradation des champignons est dû à la croissance microbienne à leur surface. En effet, comme les champignons sont habituellement conservés à des températures de réfrigération, les bactéries Gram négatives psychrotrophes, tels les *Pseudomonas*, ont les conditions parfaites pour croître. La dégradation par les bactéries lactiques, les levures ou les moisissures n'a cependant pas été observée (JACXSENS *et al.*, 2001). Comme les champignons possèdent un pH relativement neutre et une activité de l'eau élevée, la croissance des bactéries psychrotrophes est accélérée (CHIRIFE *et al.*, 1982 et SUGIYAMA *et al.*, 1975). Ces bactéries ont des activités pectinolytiques sur les végétaux réfrigérés et les enzymes de dégradation vont engendrer des défauts de texture, de la pourriture molle, des mauvaises odeurs et une dégradation de goût des aliments. De plus, comme ces bactéries sont ubiquitaires, il y a de bonnes chances de les retrouver à la surface des champignons (Jean, 2015a). Selon certaines études, des emballages à haut taux d'oxygène (15 à 25 %) ou de dioxyde de carbone (10 à 20 %) pourraient inhiber la croissance de ces bactéries (ANTMANN *et al.*, 2008 et ARES *et al.*, 2007).

Une autre bactérie pourrait poser problème lors de la conservation des champignons, mais cette fois-ci elle serait dommageable pour la santé des consommateurs et non pour l'apparence des champignons. En effet, *Clostridium botulinum* est une bactérie anaérobie et ubiquitaire qui croît à des pH >4,7 et des  $A_w > 0,94$ , elle produit une toxine qui même à faible dose s'avère dangereuse pour la santé. Bien qu'elle ne croisse généralement qu'à des températures plus élevées que 10 °C, certaines souches peuvent croître à 3,3 °C. Aussi, il est très risqué de n'avoir que la température comme barrière à la croissance de *Clostridium*, puisque la chaîne de froid peut être facilement brisée (JEAN, 2015b).

Les champignons emballés peuvent créer un environnement favorable à la croissance de cette bactérie, puisqu'ils utilisent une bonne partie de l'oxygène contenu dans l'emballage. Il est donc important d'avoir un emballage aéré ou ayant des concentrations d'oxygène adéquates qui évitera la croissance de la bactérie. Une étude menée en 1975 a montré que des champignons inoculés d'une souche de *C. botulinum* avant le début de la conservation peuvent, après quelques jours, contenir une assez grande quantité de toxine pour être dangereux tout en apparaissant encore comestibles. Bien que ces champignons aient été inoculés en laboratoire, ils démontrent tout de même un risque à prendre en considération lors d'emballage à faible taux d'oxygène (SUGIYAMA *et al.*, 1982).

## RÉFÉRENCES

- ANTMANN, G., G. ARES, P. LEMA and C. LAREO. (2008). *Influence of modified atmosphere packaging on sensory quality of shiitake mushrooms*. *Postharvest Biology and Technology*, 49(1), p. 164-170.
- ARES, G., C. LAREO and P. LEMA. (2007). *Modified Atmosphere Packaging for Postharvest Storage of Mushrooms*. A Reviews. *Fresh Produce: Global Science Books*, 1(1), p. 32-40.
- BRENNAN, M., G. LE PORT & R. GORMLEY. (2000). *Post-harvest Treatment with Citric Acid or Hydrogen Peroxide to Extend the Shelf Life of Fresh Sliced Mushrooms*. *LWT - Food Science and Technology*, 33(4), 285-289. doi:<http://dx.doi.org/10.1006/fstl.2000.0657>.
- BURTON, K. and R. NOBLE. (1993). *The influence of flush number, bruising and storage temperature on mushroom quality*. *Postharvest Biology and Technology*, 3(1), p. 39-47.
- CHIRIFE, Jorge & C. F. FONTAN. (1982). *Water activity of fresh foods*. *Journal of Food Science*, 47(2), p. 661-663.
- JACXSENS, L., F. DEVLIEGHERE, C. VAN DER STEEN and J. DEBEVERE. (2001). *Effect of high oxygen modified atmosphere packaging on microbial growth and sensorial qualities of fresh-cut produce*. *International Journal of Food Microbiology*, 71(2-3), p. 197-210.
- JEAN, Julie. (2015a). *Module 3: Les Microorganismes pathogènes*. STA-1004 Aliments et microorganismes, 105 p.
- JEAN, Julie. (2015b). *Module 4: Les Microorganismes d'altération*. STA-1004 Aliments et microorganismes, 38 p.
- JOLIVET, S., N. ARPIN, H. WICHES and G. PELLON. (1998). *Agaricus bisporus browning: a review*. *Mycological Research*, 102(12), p. 1459-1483.
- MOHAPATRA, D., Z. BIRA, J. KERRY, J. FRÍAS and F. RODRIGUES. (2010). *Postharvest Hardness and Color Evolution of White Button Mushrooms (Agaricus bisporus)*. *Journal of Food Science*, 75(3), p. E146-E152.
- SAXENA, J., H. GOURAMA, S. L. CUPPETT & L. B. BULLERMAN. (2003). *CONTROLLED-ATMOSPHERE STORAGE | Applications for Bulk Storage of Foodstuffs*. In B. Caballero (Ed.), *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition (Second Edition)* (p. 1601-1607).
- SUGIYAMA, H. & K. H. YANG. (1975). *Growth potential of Clostridium botulinum in fresh mushrooms packaged in semipermeable plastic film*. *Applied microbiology*, 30(6), p. 964-969.

## LES PROCÉDÉS DE CONSERVATION DE LONGUE DURÉE DES CHAMPIGNONS

---

### ATMOSPHÈRE MODIFIÉE (GAZ)

- L'atmosphère modifiée combinée avec une conservation à basse température augmente la durée de conservation des produits frais par le processus de respiration naturel des végétaux et les échanges gazeux restreints ( $O_2$  et  $CO_2$ ) à travers la paroi de plastique du contenant. (PAUL and RAI, 2010)
- Divers facteurs influencent l'efficacité de l'emballage avec atmosphère modifiée, entre autres, les caractéristiques du film plastique (surface, perméabilité aux gaz), la température, le volume occupé par l'air dans l'emballage, le poids, la vitesse de respiration du champignon et la composition initiale du mélange de gaz (OLIVEIRA *et al.*, 2012).
- Une combinaison du traitement par atmosphère modifiée et d'injection d'argon à haute pression pourrait étendre la durée de vie des champignons à 15 jours à 4 °C. Résultats de l'utilisation combinée de l'argon (HAP) et de l'atmosphère modifiée (MAP): HAP-MAP (traitement combiné) > MAP > HAP > AIR (témoin).
- Le procédé d'atmosphère modifiée est souhaitable puisqu'il augmente la durée de conservation des champignons frais par le remplacement du gaz atmosphérique par une concentration réduite d' $O_2$  et un enrichissement en  $CO_2$ . Cela ne permet pas de réduire la vitesse de respiration des champignons, mais peut potentiellement inhiber la croissance microbienne et les désordres physiologiques par la préservation de la qualité du produit.
- Concentrations de gaz habituellement utilisés : 5 %  $O_2$ , 10 %  $CO_2$ , 85 %  $N_2$ .
- Habituellement, la concentration d' $O_2$  est gardée relativement basse, entre 1 et 5 %, mais ne doit pas être inférieure à 1 % pour éviter la respiration anaérobie et la croissance de pathogènes. De même, la concentration de  $CO_2$  doit être élevée, sans toutefois dépasser 12 % car cela peut causer des dommages physiologiques aux champignons, comme le brunissement. (OLIVEIRA *et al.*, 2012)
- Dans les conditions d'atmosphère modifiée, l'humidité relative atteint rapidement la saturation due à la transpiration des champignons. Cela entraîne une condensation importante qui conduit à la détérioration du produit et qui se reflète par une décoloration, une croissance de microorganismes de détérioration et un ramollissement. La solution pour minimiser ces inconvénients serait l'utilisation d'un film microperforé plutôt que l'utilisation du film de polyéthylène basse densité (LDPE) communément utilisé. (OLIVEIRA *et al.*, 2012)
- Une concentration d'oxygène de 5 % est optimum pour la conservation. De plus, une concentration inférieure n'est pas recommandée parce qu'elle peut promouvoir le développement et la production de toxines de *Clostridium botulinum*. (ROY, ANANTHESWARAN and BEELMAN, 1995)

- En réduisant la quantité d'O<sub>2</sub> et en élevant la concentration de CO<sub>2</sub> dans l'emballage, la vie post-cueillette des champignons peut être rallongée. La réduction de la vitesse de respiration, tout comme la diminution de production d'éthylène, minimise les activités métaboliques, retarde le brunissement enzymatique et conserve l'apparence visuelle. (KADER, 1993)
- Fournisseur de gaz comprimé (Air liquide) : <http://www.gaz-industriels.airliquide.com/fr/votre-activite/alimentaire-boissons/fruits-legumes/conditionnement-sous-atmosphere-modifiee-map.html>, Consulté le 17 juillet 2015.
- Matériel d'emballage : barquettes operculables. Site Internet de Cascades consulté le 17 juillet 2015. Lien Web : [http://food-packaging.cascades.com/media/filer\\_public/2015/03/11/b\\_integral\\_fr\\_bro.pdf](http://food-packaging.cascades.com/media/filer_public/2015/03/11/b_integral_fr_bro.pdf)

## SOUS VIDE

Un vide très intense n'est pas toujours synonyme d'une meilleure qualité de préservation. Une mise sous vide complète donne une sensation plus désagréable en bouche qu'un demi-vide. Les champignons qui subissent un traitement de mise sous vide complet présentent souvent une détérioration de la couleur plus importante, des qualités organoleptiques globales et des changements de structure détériorés. Ceci serait particulièrement dû au stress mécanique plus intense que subissent les champignons conservés sous un vide complet. (KANG *et al.*, 2000)

- Un sac de polyéthylène basse densité (LDPE) semble être le plus efficace d'un point de vue qualité-prix.
- Exemple de fournisseur : Site Internet de Cascades visité le 17 juillet 2015. Lien Web : <http://food-packaging.cascades.com/fr/catalogue/recherche/categorie/fruits-et-legumes/>
- Attention à la détérioration par *Clostridium botulinum* (mortel).
- Le sous vide complet n'est pas recommandé pour les champignons frais.

## BARQUETTE ET CELLOPHANE

Des études récentes ont révélé que parmi les différents films d'emballage [chlorure de polyvinyle (PVC), deux types de polyéthylène (PE6 et PE11), la polyoléfine (PO), et de polypropylène bi-orienté (BOPP)], le BOPP aurait maintenu l'apparence post-récolte des champignons le plus efficacement, en réduisant significativement l'incidence des hyphes aériens disgracieux et en limitant le ramollissement des champignons. Les échantillons présentaient aussi de plus petites diminutions initiales en protéines solubles, des augmentations plus faibles de la teneur en sucres et des niveaux inférieurs d'accumulation de malodialdéhyde pendant le stockage. (XING *et al.*, 2008)

## CONTENANT DE PLASTIQUE AÉRÉ

Se rapproche énormément d'un champignon qui ne serait pas emballé étant donné qu'il est exposé à l'air libre, aux odeurs externes et aux changements de température (*Chilling injury*).

## ABSORBEUR D'HUMIDITÉ

La respiration naturelle des champignons entraîne un haut taux d'humidité dans l'emballage. Ceci entraîne une condensation qui permet le développement microbien ainsi que la dégradation prématurée du produit.

Une étude a réalisé qu'une combinaison d'absorbants d'humidité pouvait être très efficace pour ralentir ce processus. La meilleure combinaison trouvée se composait en pourcentage massique (% m/m) de 0,55 g de bentonite, 0,25 g de sorbitol et 0,2 g de CaCl<sub>2</sub>. Ce mélange peut rester en poudre, et donc exercer son efficacité pendant au moins 5 à 6 jours. On note aussi que la température d'entreposage n'a pas d'effet notable sur l'efficacité de ces composés. (MAHAJAN *et al.*, 2008)

Le sorbitol n'est pas recommandé puisqu'il favorise le ramollissement des tissus. Par contre, le gel de silice (Silica gel) est un absorbant d'humidité efficace qui ne modifie pas la composition de gaz en atmosphère modifiée mais qui contrôle la condensation et par le fait même ralentit la vitesse de détérioration des champignons. (VILLAESCUSA and GIL, 2003)

## RÉFÉRENCES

KADER, A. (1993). *The physiological and biochemical bases of oxygen and carbon dioxide effects on fruits and vegetables*. Postharvest Biology and Technology, 3(3), p. 182.

KANG, J., W. PARK, W. and D. LEE. (2000). *Quality of enoki mushrooms as affected by packaging conditions*. Journal of the Science of Food and Agriculture, 81(1), p. 109-114.

MAHAJAN, P., F. RODRIGUES, A. MOTEL and A. LEONHARD. (2008). *Development of a moisture absorber for packaging of fresh mushrooms (*Agaricus bisporus*)*. Postharvest Biology and Technology, 48(3), p. 408-414.

OLIVEIRA, F., M. SOUSA-GALLAGHER, P. MAHAJAN and J. TEIXEIRA. (2012). *Development of shelf-life kinetic model for modified atmosphere packaging of fresh sliced mushrooms*. Journal of Food Engineering, 111(2), p. 466-473.

PAUL, S. and D. RAI. (2010). *An empirical approach for assessment of safe storage period for button mushroom (*Agaricus bisporus*) based upon color changes under modified atmosphere packaging*. Journal of Food Processing and Preservation, 34, p. 557-570.

ROY, S., R. ANANTHESWARAN and R. BEELMAN. (1995). *Fresh Mushroom Quality as Affected by Modified Atmosphere Packaging*. Journal of Food Science, 60(2), p. 334-340.

VILLAESCUSA, R. and M. GIL. (2003). *Quality improvement of *Pleurotus* mushrooms by modified atmosphere packaging and moisture absorbers*. Postharvest Biology and Technology, 28(1), p. 169-179.

XING, Z., Y. WANG, Z. FENG and Q. TAN. (2008). *Effect of Different Packaging Films on Postharvest Quality and Selected Enzyme Activities of *Hypsizygus marmoreus* Mushrooms*. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 56(24), p. 11838-11844.