

TECHNOLOGIE DE DECONTAMINATION : VAPEUR SOUS VIDE



1. PRINCIPE DE LA TECHNOLOGIE VAPEUR SOUS VIDE

La technologie de traitement thermique dite « vapeur sous vide » appelée aussi VSV (Vacuum-Steam-Vacuum), consiste à traiter par la vapeur vive des denrées alimentaires, pour leur décontamination, dans une enceinte résistant à la fois au vide et à la pression.

Le procédé consiste à

- 1) Instaurer dans l'enceinte contenant les produits à traiter, un vide (d'environ 0.9 bar) afin de soustraire l'air et l'humidité contenus,
- 2) Injecter de la vapeur saturée à haute température, sous pression (température comprise entre 104 à 143°C). Celle-ci se condense à la surface de l'aliment et permet d'inactiver les germes de surface.
- 3) Soumettre l'aliment à nouveau au vide pour extraire l'eau de condensation de la vapeur de l'aliment chaud, par évaporation, et refroidir très rapidement la surface de l'aliment.

Un cycle dure typiquement, seulement quelques dizaines de secondes : les temps de mise sous vide sont compris entre 0.1 et 10 secondes, et l'injection de vapeur entre 0.1 et 5 secondes.

En fonction des applications, plusieurs cycles peuvent être nécessaires pour atteindre les niveaux de décontamination souhaités.

Ce procédé diffère de la Détente Instantanée Contrôlée (DIC) par le fait qu'une seule enceinte est utilisée pour l'ensemble du process et que la mise sous vide finale est progressive, non brutale. Aucune expansion (« puffing ») du produit traité n'est attendue.

2. APPLICATIONS

Ce procédé est utilisé pour le séchage et la décontamination des produits secs et pulvérulents et pour la décontamination de surface des aliments.

Le procédé VSV est utilisé pour le séchage et la décontamination simultanée de poudres et produits secs : fruits, légumes, champignons déshydratés, épices et plantes aromatiques, graines oléagineuses, amandes et fruits à coques, céréales entières ou floconnées, fruits semi-déshydratés (raisins sultanas), etc.

Il a été également appliqué (expérimentalement) à différents fruits et légumes frais afin de décontaminer leur surface pour limiter par la suite la propagation de la contamination lors des opérations de découpes des produits destinés à la 4^e gamme¹.

- **Impacts microorganismes**

¹ produits agricoles et préparations crues, prêtes à l'emploi ; il peut s'agir par exemple de salades, de crudités (carottes râpées...), ou de légumes épluchés, prêts à cuire, conditionnés en sachet de plastique, parfois dans une atmosphère modifiée, et conservés par réfrigération.

Le procédé VSV est un procédé HTST (High Temperature Short Time) qui permet d'être efficace pour la décontamination microbienne grâce aux hautes températures qui sont utilisées.

C'est principalement la température du traitement (en milieu humide) qui mène à la destruction des germes ; le fait d'appliquer un vide en début de cycle permet d'assurer un traitement homogène favorisant la dispersion et le contact de la vapeur avec le produit, même pour les particules poreuses de solides divisés sec.

L'efficacité du procédé VSV pour l'inactivation bactérienne vient du traitement thermique. La montée en température brutale induit un choc thermique. Le changement de condition est si rapide que les microorganismes n'ont pas le temps de s'adapter : ils subissent des dommages irréversibles au niveau de la membrane cellulaire, notamment une perméabilisation induisant des modifications internes. Ceci aboutit à une dénaturation des composés protéiques, membranaires, puis la lyse menant à la mort de la cellule.

La société Stéripure donne les réductions obtenues avec sa technologie pour de nombreux produits déshydratés (fruits secs, champignons, herbes) sur la page <http://www.steripure.fr/cas-client/>

Produit	Avant VSV	Après VSV
Basilic	Micro-organismes aérobies à 30° : 1 600 000 UFC/g Entérobactéries : 850 UFC/g	Micro-organismes aérobies à 30° : 250 UFC/g Entérobactéries : <10 UFC/g
Mélange plantes médicinales	Bactéries gram-résist : >10 000 UFC/g Escherichia-coli : Présence	Bactéries gram-résist : <100 UFC/g Escherichia-coli : Absence
Herbes de Provence	Flore totale : 190 000 UFC/g Coliformes totaux 30° : >15 000 UFC/g Moisissures : >15 000 UFC/g	Flore totale : <10 UFC/g Coliformes totaux 30° : <10 UFC/g Moisissures : <10 UFC/g

- **Impacts produits**

Le procédé permet de préserver en parallèle les qualités organoleptiques des produits car :

- l'application d'une haute température au produit est très courte et
- le refroidissement est rapide grâce à la mise sous vide en fin de cycle, ce qui permet de limiter encore plus l'impact du traitement thermique sur le produit. Le procédé peut donc être utilisé pour la décontamination de produits fragiles thermiquement.

Le traitement VSV, de type HTST, permet de préserver les qualités organoleptiques des produits secs et pulvérulents, comparés à d'autres traitements thermique décontaminants. Pour les produits les plus sensibles thermiquement, la température de la vapeur saturée peut être diminuée et compensée par une augmentation du nombre de cycle de traitement.

Par son mode d'action le VSV permet des décontaminations thermiques très rapides. Ce process est bien adapté aux produits secs puisque la dernière étape de tirage au vide permet de retirer l'eau qui a pu s'adsorber lors de l'étape de décontamination. Il est d'ailleurs utilisé actuellement pour la débactérisation d'épices (y compris avec des formes géométriques complexes tels que les bâtons de cannelle) ou de fruits

à coque (amande, noix, noisettes...).

3. IMPACTS ECONOMIQUES ET ENVIRONNEMENTAUX

Economie	
Investissement	Important Il existe des entreprises spécialisées qui font de la prestation à façon ce qui permet de bénéficier de la technologie sans avoir besoin d'assumer seul l'investissement
Coûts d'exploitations	Limite: Coûts de main d'œuvre et maintenance Possibilité de traiter de petits lots Limite de capacité (production non continue)
Consommables	non

Environnement	
Consommation en eau	Oui pour la vapeur
Consommation énergie	oui
Rejets	Emission d'eau

4. CONTRAINTES REGLEMENTAIRE

Pas de contrainte réglementaire car technologie de décontamination thermique reposant sur les mécanismes classiques de destruction des microorganismes.

5. IMPACT PRODUCTION BIOLOGIQUE

Pas d'impact sur le caractère biologique des produits. Procédé physique utilisable pour les produits bio.

6. ÉQUIPEMENTS, CONSTRUCTEURS, MATURITE...

Les marchés principaux concernent les applications de séchage et de décontamination simultanée de produits secs et pulvérulents.

- **Maturité de la technologie**

Il existe quelques équipements qui exploitent ce principe. Elle est exploitée commercialement.

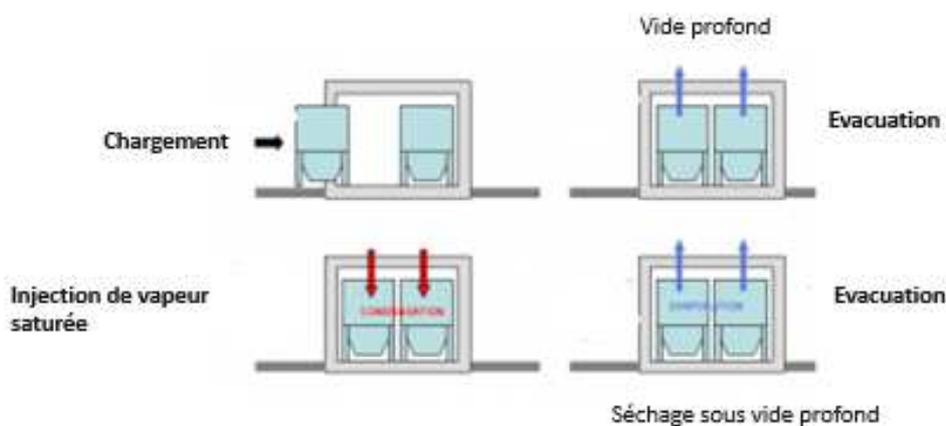
En France, la société STERIPURE utilise cette technologie pour proposer des prestations de service pour la décontamination d'herbes, épices, fruits secs, fruits et légumes déshydratés et graines lorsque les produits présentent une charge bactérienne élevée en salmonelle, E-coli, moisissures, levures, infestations (insectes, larves).

Les volumes traités vont de 500kg à plusieurs tonnes. (<http://www.steripure.fr/>)

- **Equipements / fournisseurs**

La technologie utilisée par Stéripure a été développée par la société suisse **Napasol** (www.napasol.com)

Napasol fournit des équipements de pasteurisation et de stérilisation appropriés pour le traitement des aliments à faible teneur en humidité, comme les noix, les graines, herbes, épices, extraits de plantes et de fruits secs.



La machine est remplie par des conteneurs sur rail avant les phases de vide, de préchauffage puis d'inject.

Enfin, le produit est vidé dans un refroidisseur.

Source : Napasol

Capacités des installations allant de 200 kg/h à 13000 kg/h pour répondre à tous vos besoins en matière de débit



La société Hosokawa est notamment spécialisée dans la commercialisation de sécheurs sous-vide pour une large palette d'applications.

C'est un système de traitement en batch dans une cuve sous pression avec injection de vapeur.

Au total elle propose 7 tailles d'équipement avec des volumes de traitement allant de 1 litre à 22 000 litres.

<http://www.hosokawamicron.fr>

<http://www.hosokawamicron.fr/technologies/sechage/sechage-par-lot/secheur-a-vis-conique.html#downloads>

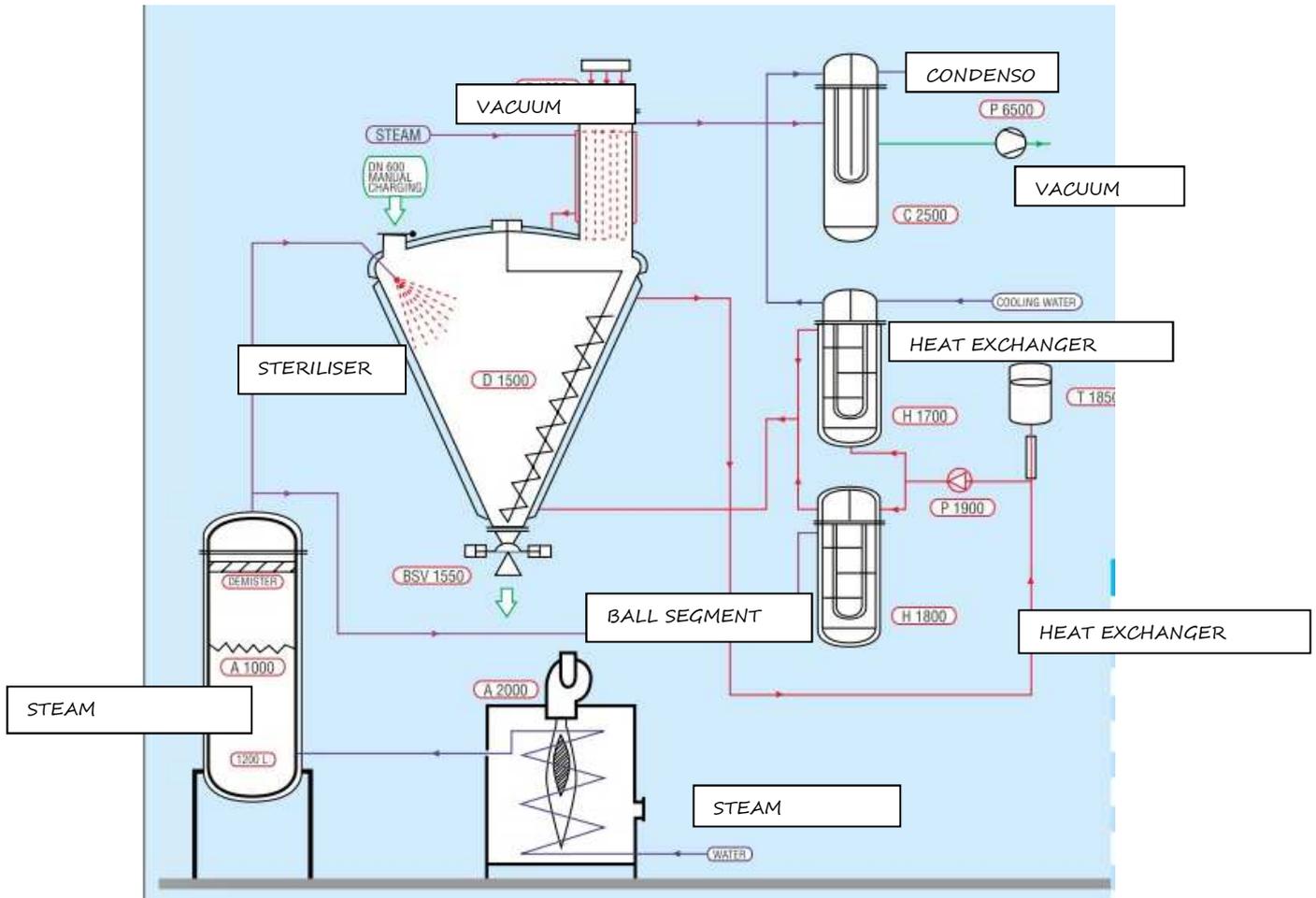


Figure 1 : Représentation schématique d'une installation de séchage VSV Hosokawamicon

7. BIBLIOGRAPHIE UTILE

Produits	Température de traitement T °C	Autres paramètres	Articles
Model food powder particles	z values of 15.4 °C (no lag time) and 17.2 °C (lag time) °C	Heat-resistant, validated wild-type bacteria <i>Bacillus subtilis</i> <i>Cronobacter sakazakii</i> H30	Hörmansperger, 2016
Peppercorns and sunflower kernels	times (0.5-5.0 min) at 75, 85, 95, and 105°C	<i>E. faecium</i> can be used as a potential surrogate for <i>Salmonella</i> and <i>E. coli</i> O157:H7	Shah, 2016
Flaxseed	75°C, 85°C, 95°C, and 105°C	<i>E. faecium</i> can be used as a potential surrogate for <i>Salmonella</i> and <i>E. coli</i> O157:H7	Shah, 2015
Cantaloupes	127 to 143°C. times ranged from 0.33 to 0.45 s and 0.45 to 5.0 s	<i>Listeria innocua</i> inoculated	Geveke, 2007
Spices - black pepper	100–130°C - times of 5–20 s	Aerobic mesophilic bacteria, as well as moisture content, volatile oil content and volatile oil composition	Lilies, 2006
Cantaloupes	°C	Mesophilic bacteria, yeasts and moulds (fungi), and <i>Pseudomonas</i> spp.	Ukuku, 2006
Hot dog	110°C steam for 0.1 s	<i>Listeria innocua</i> inoculated	Huan, 2005
Beef hot dogs	138°C for at least 25 s for 8 log reduction	<i>Listeria innocua</i> inoculated	Huan, 2004
<i>Listeria monocytogenes</i> , <i>Salmonella</i> Heidelberg, and <i>Escherichia coli</i> O157:H7	60 to 80 degrees C	D-values of these organisms ranged from 0.05 to 20 s	Huan, 2004
Chicken carcasses, other foods (hot			Kozempel, M, 2003

dogs, fruits and vegetables, catfish)			
Cantaloupes, grapefruit, mangoes, papayas, avocados, peaches, carrots, cucumbers and kiwis	138–143°C; steam time 0.1–0.2 s		Kozempel, M, 2002

Hörmansperger JT, Buchmann L, Merz S, Schmitt R, Beyrer M, Windh, EJ. **Microbial decontamination of porous model food powders by Vacuum-Steam-Vacuum treatment.** Innovative Food Science & Emerging Technologies (2016) Available online 21 January 2016.

Shah, Manoj; Asa, G; Graber, K; Sherwood, J; Bergholz, T **Inactivation of pathogens on peppercorns and sunflower kernels using a pilot scale vacuum steam pasteurization system** - Journal of Food Protection 79.Suppl. A: 151. (2016)

Shah, Manoj; Sherwood, J; Graber, K; Bergholz, T **Evaluation of vacuum steam pasteurization to inactivate Salmonella PT30, Escherichia coli O157:H7, and Enterococcus faecium on flaxseed.** Journal of Food Protection 78. Suppl. A: 28. (2015)

Geveke, D J; Kozempel, M; Feze, N; Tou Vang Johnson, N; et al.. **Confirmation of the vacuum/steam/vacuum process for the reduction of bacteria on cantaloupe using a commercial prototype** - Fruit Processing 17.3: 160-163. (2007)

Lilie, M; Hein, S; Wilhelm, P; Mueller, U. **Decontamination of spices by combining mechanical and thermal effects – an alternative approach for quality retention.** International Journal of Food Science & Technology 42.2: 190-193. (2007)

Ukuku, DO, Fan, X, Kozempel, M F. **Effect of vacuum-steam-vacuum treatment on microbial quality of whole and fresh-cut cantaloupe,** Journal of Food Protection 69.7: 1623-1629. (2006)

Annous BA, Kozempel MF. **Surface pasteurisation with hot water and steam.** In Microbiology of fruits and vegetables. Edited by Sapers GM, Gorny JR, Yousef AE, CRC Press (2006 ;) p 448-494.

Huang, Lihan. **Dynamic measurement and mathematical modeling of the temperature history on hot dog surfaces during vacuum-steam-vacuum processes.** Journal of Food Engineering 71.1: 109-118. (2005)

Huang, L. **Numerical analysis of heat transfer during surface pasteurization of hot dogs with vacuum-steam-vacuum technology.** Journal of Food Science 69.9: E455-E464. (2004)

Huang, L. **Thermal Resistance of Listeria monocytogenes, Salmonella Heidelberg, and Escherichia coli O157:H7 at Elevated Temperatures,** Journal of food protection.;67(8):1666-70. (2004)

Kozempel, M; Goldberg, N; Craig, J C, Jr. **The vacuum/steam/vacuum process.** Food Technology 57.12: 30-33. (2003)

Kozempel, M; Goldberg, N; Dickens, J A, Ingram, K D, Craig, J C, Jr. **Scale-up and field test of the vacuum/steam/vacuum surface intervention process for poultry.** Journal of Food Process Engineering 26.5: 447-468. (2003)

Kozempel, M; Radewonuk, E R; Scullen, OJ; Goldberg, N. **Application of the vacuum/steam/vacuum surface intervention process to reduce bacteria on the surface of fruits and vegetables.** Innovative Food Science and Emerging Technologies 3.1: 63-72. (2002)

Sommers, C; Kozempel, M; Fan, Xuetong; Radewonuk, E R. **Use of vacuum-steam-vacuum and ionizing radiation to eliminate Listeria innocua from ham** Journal of Food Protection 65.12: 1981-1983. (2002)

Kozempel, M F; Marshall, DL; Radewonuk, E R; Scullen, O J; Goldberg, N; et al **A rapid surface intervention process to kill *Listeria innocua* on catfish using cycles of vacuum and steam.** Journal of Food Science 66.7: 1012-1016. (2001)

Kozempel, M; Goldberg, N; Radewonuk, E R; Scullen, O J; Craig, J C, Jr. Rapid hot dog surface pasteurization using cycles of vacuum and steam to kill *Listeria innocua*. Journal of Food Protection 63.4: 457-461. (2000)

Fine F, Gervais P. **Décontamination des produits déshydratés à usage alimentaire. Techniques de l'ingénieur** (2010) F1 136 p109-126.

<http://www.hosokawamicron.nl/technologies/industrial-dryers/sechage-par-lot/secheur-a-vis-conique.htm>

Nut pasteurization. Minimising impact on appearance, colour and flavour. CAMEON IVARSSON. NAPASOL AG. Binningerstr. 95, Allschwil, 4123. Switzerland.