

Martin Geyer und Karin Hassenberg

Hygienisieren von Wurzelgemüse bei der Wäsche

Um den Verderb von Gemüse nach der Ernte bis zum Verbraucher zu verringern und die Kontamination mit humanpathogenen Keimen zu verhindern, wird die Nutzung von aktiven hygienisierenden Maßnahmen wie Chlordioxid, Wasserstoffperoxid oder Ozonwasser bei der Nachwäsche empfohlen. Diese stark oxidierenden Mittel werden seit Jahren erfolgreich bei der Trinkwasseraufbereitung eingesetzt. In welchem Maße eine Wirkung von Chlordioxid und ozonisiertem Wasser bei organisch verunreinigtem Wasser zu erwarten ist, sollte in den hier vorgestellten Versuchen untersucht werden.

Schlüsselwörter

Chlordioxid, Ozonwasser, CSB

Keywords

Chlorine dioxide, ozone, COD

Abstract

Geyer, Martin and Hassenberg, Karin

Sanitation of root vegetables

Landtechnik 64 (2009), no. 3, pp. 178 - 180, 3 figures, 8 references

For the treatment of washed carrots to prevent cross-contamination with human pathogens as well as plant pathogens sanitation with chlorinated and ozonated water is recommended. But usually wash and rinsing water in washing plants are loaded with organic substances (chemical oxygen demand (COD)), which limit the sanitation effect of these oxidizing agents. The task of this experimental study was to investigate the remaining inactivation potential of chlorine dioxide and ozone in tap water with increasing COD content.

■ Kartoffeln, Möhren und die meisten Freilandgemüse werden nach Ernte und Lagerung oder Kühlung aufwändig gewaschen, aufbereitet und anschließend verpackt und transportiert. Sie sollen danach möglichst lange ansprechend, frisch und knackig bleiben.

Häufig besteht jedoch das Problem, dass das Gemüse bereits nach wenigen Tagen im Handel oder beim Verbraucher zu faulen beginnt, da sich Pilze, Bakterien und Hefen auf der Gemüseoberfläche ansiedeln und rasant vermehren.

Gründe für eine Massenvermehrung der Keime

Die schnelle Entwicklung der Krankheitserreger kann unterschiedliche Gründe haben. Das vom Feld kommende Gemüse ist nicht steril, sondern wird von zahlreichen Mikroorganismen besiedelt. So fanden Amanatidou et al. beispielsweise eine Gesamtkeimzahl von 6,4 log koloniebildenden Einheiten pro Gramm Frischmasse auf unbehandelten Möhren [1]. Es hat sich auf dem Feld ein Gleichgewicht zwischen den verschiedenen Mikroorganismen (MO) eingestellt. Zu einem Befall, das heißt Eindringen in das pflanzliche Gewebe und Vermehren, kommt es erst dann, wenn sich schädliche Mikroorganismen gegenüber den unschädlichen Gegenspielern durchsetzen. Dies geschieht immer dann, wenn

- a) entweder bereits zu viele schädliche MO im Boden vorhanden sind, beispielsweise bei mangelhafter Fruchtfolge,
- b) die schädlichen MO beispielsweise durch Vernässung und Sauerstoffmangel im Boden im Vorteil sind oder
- c) wenn das Gemüse verletzt wird, wie es bei Ernte, Wäsche und Aufbereitung geschehen kann.

Es werden zum einen Eintrittspforten geschaffen und zum anderen ernährt der austretende Zellsaft die MO. Bewegliche Bakterien, beispielsweise Erwinia (*Pectobacterium carotovorum*), befinden sich auch im Inneren der Pflanzenorgane. Wird eine Mindestbefallsstärke an Bakterien überschritten (etwa 10^7 bis 10^8 Keime je g Frischmasse) und sind Temperatur und Luftfeuchte entsprechend hoch, kommt es zum Ausbruch der Krankheit [2].

Beispielsweise werden bei Kartoffeln die weltweiten jährlichen Verluste durch Erwinia auf 50 bis 100 Millionen Dollar geschätzt [3]. Auch Pilze, wie zum Beispiel *Thielaviopsis* infizieren Möhren bereits auf dem Feld. Liegen günstige Temperaturbedingungen nach der Ernte vor, breitet sich dieser Pilz entsprechend schnell aus und Möhren zeigen ungekühlt bereits wenige Tage nach der Ernte schwarze Sporenlager auf der Außenseite.

Abb. 1



Möhren in einem Trommelwaschmaschine. (Foto: Geyer)
 Fig. 1: Carrots in drum washer

Erkrankungsrisiko für den Menschen

Neben phytopathogenen Mikroorganismen spielen jedoch auch humanpathogene Erreger eine große Rolle. Colibakterien, Listerien und andere Erreger können Durchfallerkrankungen auslösen, die im schlimmsten Fall, insbesondere bei Kindern, geschwächten und alten Personen, zum Tod führen können. Die humanpathogenen Erreger können auf verschiedenen Wegen auf das Gemüse gelangen. Tiere, wie Vögel, Füchse oder Wildschweine setzen ihren Kot auf dem Feld ab, der mit dem Gemüse bei der Ernte aufgenommen, ins Packhaus transportiert und in der Waschmaschine verteilt wird. In sich entwickelnden Ländern wird oft Beregnungswasser aus Flüssen entnommen, das stark durch Fäkalien belastet ist. Die Folge ist die allgemein bekannte „Rache Montezumas“, sprich Durchfallerkrankungen. Auch mangelhafte Hygiene im Betrieb, beispielsweise durch frei laufende Tiere oder durch infizierte/erkrankte Arbeitskräfte, stellt ein Risiko dar. Ebenfalls kritisch kann es werden, wenn hygienisch nicht einwandfreies Brunnenwasser zur Wäsche eingesetzt wird. Das Risiko zu erkranken ist für den Verbraucher dann am größten, wenn die Ware vor dem Verzehr nicht gewaschen wird. Bereits durch intensives Waschen können 90 - 99% der MO (1 bis 2 log) von der Gemüseoberfläche entfernt werden [4].

Verschmutzung des Wassers behindert Desinfektion

Um Mikroorganismen abzutöten oder um ein Verbreiten der MO im und über das Waschwasser zu unterbinden, werden das Chlorieren oder Ozonieren des Waschwassers oder des Nachwaschwassers empfohlen. Eine Übersicht zur Wäsche mit ozonisiertem Wasser bei Obst und Gemüse gibt beispielsweise Khadre et al., wobei durchschnittlich von Reduzierungen der Gesamtkeimzahl von 2 log berichtet wird [5]. Häufig sind die Wirkungen dieser Maßnahmen jedoch unbefriedigend, obwohl in der Literatur und von den Herstellern positive Wirkungen konstatiert werden [6]. In klarem Wasser bei exakt überwachten Laborbedingungen haben Chlorverbindungen und in Was-

ser gelöstes Ozon eine sehr gute keimabtötende Wirkung [7]. Führt man die Versuche jedoch bei infizierten Möhren oder Kartoffeln durch oder enthält das Wasser organische Bestandteile, ist die Wirkung stark begrenzt.

Ziel dieser Untersuchung war es, herauszufinden, in wie weit sich eine organische Verschmutzung des Behandlungswassers, wie sie bei der Gemüsewäsche Standard ist, auf die Inaktivierung von *Pectobacterium carotovorum* und *Escherichia coli* mit Chlordioxid oder mit ozoniertem Wasser auswirkt.

Die organische Verschmutzung von Wasser wird in der Abwassertechnik üblicherweise als CSB-Wert (Chemischer Sauerstoffbedarf) in Milligramm O_2 ausgewiesen und gibt an, wie viel mg Sauerstoff benötigt werden, um den organischen Anteil im Abwasser zu oxidieren und damit unschädlich zu machen. Der Grenzwert zum Einleiten von Gemüsewaschwasser in den Vorfluter liegt beispielsweise bei einem CSB-Wert von 110 mg O_2 je Liter Wasser, was etwa 1,5g frischer Möhre entspricht. Die CSB-Werte im Waschwasser üblicher Möhrenwaschmaschinen liegen meist weit über 1000 mg/l (Abbildung 1).

Material und Methoden

Ozonisiertes Wasser wurde mit dem Ozongenerator Bewazon 1 ($0,02 \text{ g } O_3 \text{ min}^{-1}$, BWT Wasser Technik Schriesheim, Deutschland) erzeugt. Die Wassertemperatur wurde mittels eines Thermostaten 45 (Haake, Karlsruhe, Deutschland) auf 10°C eingestellt. Chlordioxidlösung wurde hergestellt, indem 3,85 g Salz (DK DOX[®] Komponente 2, Dr. Küke GmbH, Hannover, Deutschland) in 250 ml Lösung (DK DOX[®] aktiv, Komponente 1, Dr. Küke GmbH, Hannover, Deutschland) gelöst wurden. Anschließend wurde die entstandene Lösung für 24 h bei 30°C aufbewahrt. Die resultierende Chlordioxidlösung hatte einen Gehalt von 800 bis 1200 mg/l an aktivem Chlordioxid.

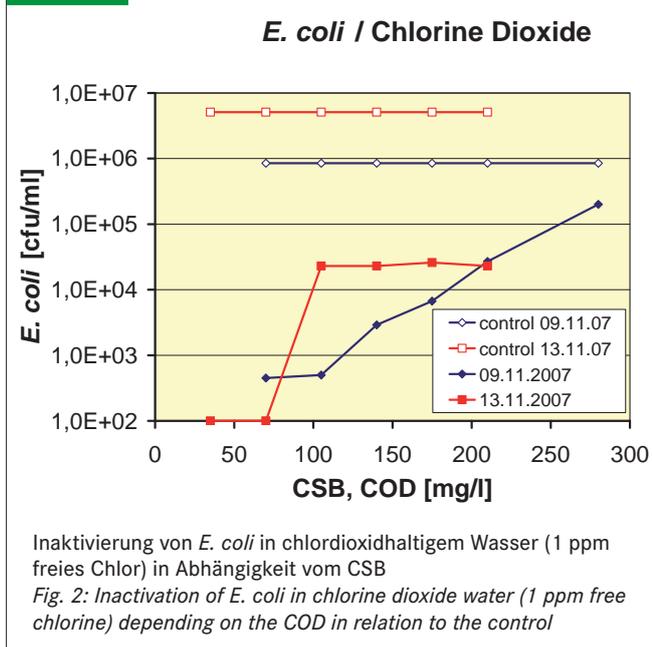
Die Ozon- und Chlordioxidkonzentrationen wurden mit einem LASA[®] 2plus Photometer und dem dazugehörigen Chlor/Ozon Küvettentest (Dr. Bruno Lange GmbH & Co., Düsseldorf, Deutschland) bestimmt und eingestellt.

Es wurden frische Karotten mit einem CSB-Wert von 70 mg/g Möhre mit einem Pürierstab fein zerkleinert und eingefroren. 0,1 bis 10 g dieses Möhrenpürees wurden mit *P. carotovorum* (DSMZ 30168) oder mit *E. coli* (DSMZ 1116)-Suspension (10^4 bis 10^6 koloniebildende Einheiten je Milliliter) in einem 100 ml Messkolben gemischt. Anschließend wurde mit Chlordioxidlösung (1 ppm freies Chlor) oder mit ozonisiertem Wasser (bis zu 4 ppm Ozon) bis zum Eichstrich aufgefüllt und die Suspensionen für 5 Minuten gerührt. Abschließend wurden die Suspensionen auf McConkey Agar (Merck, Darmstadt, Deutschland) in Petrischalen ausgestrichen und für 48 Stunden bei 37°C (*E. coli*) bzw. 30°C (*P. carotovorum*) inkubiert. Alle Versuche erfolgten in doppelter Bestimmung und wurden mehrmals wiederholt.

Ergebnisse

Die Wirkung von Chlordioxid war aufgehoben, wenn im Waschwasser bei *P. carotovorum* ein CSB-Wert von mehr als 140 mg

Abb. 2



und bei *E. coli* von mehr als 70 mg enthalten war. Die Wirkung von Ozon wurde durch das Vorhandensein von organischer Substanz deutlich stärker beeinflusst. Bereits 50 mg CSB/l (rund 0,7 g Möhrenpüree pro Liter Suspension) reichten aus, um den hygienisierenden Effekt bei *P. carotovorum* aufzuheben. Bei *E. coli* konnte bereits bei einem CSB-Wert von 35 mg/l keine Wirkung mehr beobachtet werden (**Abbildung 2 und 3**).

Diskussion

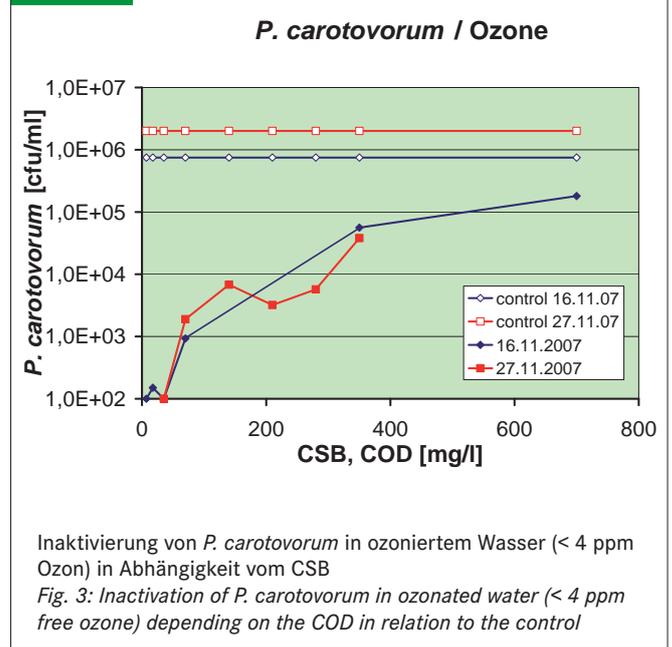
Die Ergebnisse zeigen, dass bereits kleinste Mengen organischer Substanz im Waschwasser (zwischen 0,5 und 2 g Möhre oder 35 bis 140 mg CSB/l) ausreichen, um die Wirkung der oxidierenden Hygienisierungsmittel einzuschränken oder zu unterbinden. Es kann angenommen werden, dass die starken Oxidationsmittel zuerst mit den im Waschwasser vorliegenden organischen Verbindungen reagieren, ohne die Bakterien anzugreifen. Weiterhin zeigen die Untersuchungen, dass eine gewisse Verweilzeit notwendig ist, um eine Wirkung zu erzielen. Da zudem nur eine begrenzte Menge Ozon in Wasser löslich ist und die Löslichkeit mit zunehmender Wassertemperatur signifikant sinkt [8], ist Ozon für den hier beschriebenen Verwendungszweck ungeeignet. Für Chlordioxid besteht die Möglichkeit, die Konzentration deutlich zu steigern, wobei bereits bei sehr geringen Konzentrationen eine Geruchsbeeinträchtigung vorliegt.

Schlussfolgerungen

Die Wirkung von in Wasser gelösten Oxidationsmitteln wie Chlordioxid oder Ozon zum Bekämpfen von Mikroorganismen auf frischem Gemüse ist begrenzt.

Um eine hohe Gemüsequalität zu erzeugen, sind bei der Produktion Feldhygiene, Fruchtwechsel und optimale Kulturführung notwendige Maßnahmen. Bei der Aufbereitung, insbesondere

Abb. 3



bei der Wäsche, ist zu beachten, dass sauberes, unbelastetes Wasser verwendet wird, ein häufiger Wasserwechsel stattfindet und die Anlage in festgelegten und dokumentierten Reinigungszyklen gewartet wird.

Werden alle diese Maßnahmen umgesetzt, kann in den meisten Fällen auf den Einsatz hygienisierender Oxidationsmittel verzichtet werden.

Literatur

- Bücher sind mit ● gekennzeichnet
- [1] Amanatidou A., Slump, R.A., Gorris L.G.M., Smid E.J.: High Oxygen and High Carbon Dioxide Modified Atmospheres for Shelf-life Extension of Minimally Processed Carrots. *Journal of Food Science* 65 (1) (2000), pp. 61-66
 - [2] Pérombelon, M.C.M.: Potatoes diseases caused by soft rot *Erwinias*: an overview of pathogenesis. *Plant Pathology* 51 (2002), pp. 1-12
 - [3] Wegener C.: Die Nassfäule der Kartoffel. Forschungsreport 2/2000 (2000) (Groß Lüsewitz) Züchtungsforschung, S. 40-43
 - [4] Beuchat L.R.: Surface decontamination of fruits and vegetables eaten raw: a review. (1998) WHO/FSF/FOS/98.2 Geneva: Food Safety Unit, World Health Organisation
 - [5] Khadre M.A., Yousef A.E., Kim J.-G.: Microbiological Aspects of Ozone Applications in Food: A Review. *Journal of Food Science* 66 (9) (2001), pp. 1242-1252
 - [6] Zagory D.: Effects of post-processing handling and packaging on microbial populations. *Postharvest Biology and Technology* 15 (1999), pp. 313-321
 - [7] Hassenberg K., Fröhling A., Geyer M., Schlüter O., Herppich W.B.: Ozonated wash water for inhibition of *Pectobacterium carotovorum* on carrots and the effect on the physiological behaviour of products. *Europ. J. Hort. Sci.* 73(1) (2008), pp. 37-42
 - [8] ● Gottschalk C., Libra J.A., Saupé A.: *Ozonation of Water and Waste Water*. Wiley-VCH, Weinheim, 2000

Autoren

Dr. Martin Geyer ist Leiter der Abteilung Technik im Gartenbau des Leibniz-Instituts für Agrartechnik Potsdam-Bornim e.V., Max-Eyth-Allee 100, 14469 Potsdam (Wissenschaftlicher Direktor: **Prof. Dr. R. Brunsch**), E-Mail: geyer@atb-potsdam.de

Dr. Karin Hassenberg ist wissenschaftliche Mitarbeiterin der Abteilung Technik im Gartenbau des Leibniz-Instituts für Agrartechnik Potsdam-Bornim e.V., E-Mail: khassenberg@atb-potsdam.de