



Diplomarbeit; Einfluss der energetischen Wasserbehandlung, Type NARASAN,  
auf Prozessparameter bei der Rohsalatproduktion

**PRIV. HÖHERE TECHNISCHE LEHRANSTALT FÜR  
LEBENSMITTELTECHNOLOGIE – HOLLABRUNN**

Abteilung: **LEBENSMITTELTECHNOLOGIE**  
Ausbildungsschwerpunkt: **FLEISCHWIRTSCHAFT**

---

**DIPLOMARBEIT**

**5AHLEF / Reife – und Diplomprüfung 2004/05**

<b>Thema</b>	Einfluss der energetischen Wasserbehandlung auf Prozessparameter bei der Rohsalatproduktion	
<b>Aufgabenstellung (Kurzfassung)</b>	Aufgrund der Einführung eines alternativen Wasserbehandlungssystems sollen die Auswirkungen auf Keimreduktion bei der Reinigung und das Abtropfverhalten im Vergleich zu konventionellem Trinkwasser festgestellt und beurteilt werden.	
<b>Kandidaten / Kandidatinnen</b>		<b>Betreuer / Betreuerin</b>
Leo Kirchmaier		Dipl.-Ing. Martin Schwabl
Josef Sägmüller		
<b>Externe Kooperationspartner</b>		
Firma / Institution: Fa. CLUB.menüs á la carte GmbH		
Betreuer / Kontaktperson: Ing. Roland Marsch		
Schriftliche Kooperationsvereinbarung liegt vor. ja		
<b>Budget:</b>		
Bedeckung durch: Kostenkalkulation Bestandteil des Kooperationsvertrages		
<b>Geplante Verwertung der Ergebnisse:</b>		
betrieblich und schulisch		



Diplomarbeit; Einfluss der energetischen Wasserbehandlung, Type NARASAN, auf Prozessparameter bei der Rohsalatproduktion

## Kurzreferat

Die Diplomarbeit „Einfluss der energetischen Wasserbehandlung auf Prozessparameter bei der Rohsalatproduktion“ entstand in Zusammenarbeit mit der Firma CLUB menüs á la carte Gesellschaft mbH & Co.KG. Die Firma CLUB menüs á la carte Gesellschaft mbH & Co.KG wollte feststellen, ob eine Wasserbehandlung mittels Energetisierung Einfluss auf die Salatproduktion hat, und damit herausfinden, ob es überhaupt sinnvoll ist, solch hohe Investitionskosten vorzunehmen. Die genaue Durchführung der Untersuchungen, deren Auswertung, Interpretation und Diskussion war Aufgabe der Diplomanden.

Das Ziel der Arbeit war es, eine eventuell auftretende Verbesserung der Reduktion der Keimzahlen durch mikrobiologische Untersuchungen hinsichtlich behandeltem und unbehandeltem Wasser nachzuweisen. Dafür wurde das Wasser abwechselnd durch den Wasserenergetisator geschleust, bzw. daran vorbei. Der Salat wurde jeweils vor dem Waschen in den Waschbecken als Rohware und nach der Waschstraße als Fertigprodukt untersucht. Insbesondere wurden zwei Salatprodukte, nämlich Vogerlsalat und eine Salatmischung aus 5 verschiedenen Sorten, im Hinblick auf die Reduktion der Gesamtkeimzahl, coliformen Keime und Hefen, beziehungsweise Schimmelpilze untersucht. Zusätzlich wurde noch eine Keimidentifizierung nach unterschiedlichen Methoden durchgeführt, um die genaue Mikroflora zu ermitteln.

Weiters wurde bei einem Salatprodukt, aus verarbeitungstechnischen Gründen dem Vogerlsalat, die Abtropfgeschwindigkeit mittels Trocknung bestimmt und mit der vom Salat, welcher mit energetisiertem Wasser behandelt worden war, verglichen. Diese Untersuchung ergab, dass es zu einer ganz leichten Erhöhung der Wasserabgabe der Salatblätter bei energetisiertem Wasser kommt, allerdings ist dieser Unterschied nicht aussagekräftig genug, um von einer Verbesserung zu sprechen. Das Wasser selbst wurde auf die Gesamthärte mittels Schnelltestsystem untersucht. Hier wurden keine markanten Unterschiede festgestellt. Es verändert sich nicht die Gesamthärte, sondern die Adhäsion des Kalziumkarbonats. Kalziumumwandlung in Aragonit.

Hinsichtlich der Mikrobiologie konnten Verbesserungen der Reduktion der Keimzahlen festgestellt werden.

## Diskussion

Bei dieser Arbeit ist die Interpretation der erhaltenen Ergebnisse und somit eine genaue Urteilsfindung aufgrund der vielen äußeren Einflüsse sehr schwierig. Um es trotzdem zu vereinfachen, wurde eine umfassende statistische Auswertung durchgeführt.

Bei der **mikrobiologischen Untersuchung** auf die Keimreduktionen wurden zwei verschiedene Produkte der Firma, einmal der Vogerlsalat und weiters die Deluxe Mischung aus fünf verschiedenen Salatkomponenten, untersucht. Somit kann auch ein aussagekräftiges Ergebnis festgestellt werden, als wenn nur ein Salat als Produkt untersucht worden wäre.

Die Ausgangskeimzahlen der Salate wurden durch die Keimzahlbestimmung der Rohware erfasst. Es wurde auf die Gesamtkeimzahl, Gehalt an coliformen Keimen und Hefen bzw. Schimmelpilze bestimmt. Anschließend wurden dieselben Parameter der Endkeimzahlen der Fertigware nach dem Verarbeitungs- und Waschprozess bestimmt. Somit wurde eine Keimreduktion aus dem Vergleich von Fertigware mit der Rohware errechnet.

Diese Keimreduktionen anschließend jedoch zu vergleichen, ist insofern nicht einfach, da viele äußere Einflüsse das Bild verfälschen können. So schwankt die Ausgangskeimzahl von Salaten oft erheblich. Dies können jahreszeitliche Schwankungen, aber auch die Witterung sowie die Beschaffenheit des Bodens, die Düngung oder die Qualität des Bewässerungswassers sein. So ist die Staubbelastung des Salates während der Trockenperiode sehr viel höher und nach längerer Regenperiode eine starke Verunreinigung durch Schlamm gegeben, was zu einer erhöhten mikrobiologischen Kontamination führt.

Diese Unterschiede der Rohware sind jedoch durch den Vergleich der Keimreduktionen von der Rohware mit dem Fertigprodukt nach dem Waschprozess ausgeschaltet.

Ein weiteres Problem ist durch eine repräsentative Probennahme gegeben. Hier wurde darauf geachtet, dass keine verfaulten oder anders belasteten Blätter, die optisch erkennbar waren, zur Bestimmung herangezogen wurden.

Es ist darauf hinzuweisen, dass äußere Blätter am stärksten mit Mikroorganismen kontaminiert sind und im Durchschnitt um mindestens eine Zehnerpotenz höhere Werte als die inneren Blätter aufweisen. Somit schwanken die Keimzahlen beträchtlich von Blatt zu Blatt. Dieses Problem ist vor allem bei der Deluxe Mischung ernst zu nehmen, da die Mischung aus fünf unterschiedlichen Salatkomponenten besteht und somit auch fünf verschiedene Ausgangskeimzahlen hat.

Die Ausgangskeimzahlen wurden durchschnittlich um 90% abgewaschen (dies entspricht einer 10er Potenz). Dieser Effekt wäre auch noch durch den Zusatz von Genuss säuren wie Apfel-, Wein- und Zitronensäure zu verstärken.

Der wichtigste Faktor jedoch ist das Waschwasser selbst, welches derzeit diskontinuierlich gewechselt wird und somit je nach aktuellem Verschmutzungsgrad einen anderen Einfluss auf den Waschprozess selbst hat.

Dadurch könnten die Werte der Untersuchung stark verfälscht worden sein, falls das Waschwasser schon stark belastet war. Eine Abhilfe würde hier durch einen kontinuierlichen Wasserfluss gegeben sein.

Aber auch die Zerkleinerung spielt eine große Rolle bei der Haltbarkeit des Endproduktes. Dies gilt insbesondere für die Deluxe Mischung. Denn solange das Salatblatt intakt ist, besiedeln die Mikroorganismen nur die Blattoberfläche und haben nur eine beschränkte Vermehrungschance.

Durch das Schneiden wird jedoch die Blattstruktur zerstört und somit verteilen sich die Keime auch auf der Schnittfläche. Durch den austretenden Zellsaft finden diese gute Wachstumsbedingungen durch das nährstoffreiche Milieu. Daher ist es sehr wichtig immer gut geschliffene Messer zu verwenden, um größere Wundränder zu vermeiden.

Durch eine umfangreiche **statistische Auswertung** konnte festgestellt werden, dass es zu einer Verbesserung der Reduktion durch energetisiertes Wasser gekommen ist. Um ein aussagekräftiges Ergebnis zu erhalten, wurde das 95% Niveau gewählt, welches in der Lebensmittelindustrie am verbreitetsten ist. In der Medizin wird meist ein  $\alpha$  von 0,01 oder 0,001 gewählt, da hier ein größerer Unterschied gegeben sein muss, um einen signifikanten Unterschied herauszufinden.

Die Signifikanz wurde durch den Doppel t-Test ermittelt. Somit waren die Gesamtkeimzahl und die coliformen Keime vom Vogersalat sowie die Gesamtkeimzahl der Deluxe Mischung als signifikant anzusehen. Dies bedeutet, dass es hier zu einem positiven Effekt hinsichtlich der Keimreduktion gekommen ist.

Außerdem wurden die statistischen Streubereiche für die Grundgesamtheit, d.h. die Keimzahlen der Rohware ermittelt. Vereinfacht kann gesagt werden, die Gesamtkeimzahl des Vogersalats liegt im Bereich von  $1,68 \cdot 10^6 < \mu < 7,79 \cdot 10^6$  Keimen pro g Probe und die der Deluxe Mischung zwischen  $1,06 \cdot 10^6 < \mu < 4,73 \cdot 10^6$  Keimen pro g Probe.

Somit ist mit einer Risikowahrscheinlichkeit von 5% ( $\alpha = 0,05$ ) ein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Behandlungsverfahren gegeben.

Eine Möglichkeit den positiven Effekt der Wasserbehandlung zu bestätigen, wäre die Auswirkung einer Veränderung des Zeta-Potenzials.

Das so genannte Zeta-Potenzial ist die Kraft, die dafür sorgt, dass Zellen in einer Lösung nicht verklumpen, sondern sich durch ihre negative Ladung gegenseitig abstoßen und wohl unterschieden ihren Raum einnehmen können.

Nähert sich das Zetapotenzial dem Nullpunkt (ob IEP oder Ladungsnullpunkt) dann überwiegt die Van der Waal'sche Anziehung und die Partikeln agglomerieren oder flocken, je nach Stoffart.

Wenn also das Zetapotenzial durch äußere Einflüsse wie z.B. durch Energetisierung des Wassers verändert wird, so könnte es zu einem Zusammenballen bzw. zu einer Agglomeratbildung von Zellen (Keimen) kommen.

Das würde sich somit als eine scheinbare Verminderung der Keimzahlen bei den Untersuchungsmethoden auswirken.

Denn wenn nun solche Keimhaufen bzw. Keimverbände bei der eigentlichen Bestimmung auf einen Nährboden aufgebracht werden, so werden diese später lediglich als eine einzige Kolonie bildende Einheit ausgezählt, obwohl es in Wirklichkeit weit mehr wären.

Auch die **Abtropfgeschwindigkeit** zeigt, dass kein signifikanter Unterschied zwischen behandeltem und unbehandeltem Wasser besteht.

Bei dieser Bestimmung wurde aus verarbeitungstechnischen Gründen nur der Vogersalat untersucht. Es wurden jedoch ausreichend Stichproben (60 und 120) gezogen, um ein aussagekräftiges Ergebnis zu erhalten.

Hier wurde die Fähigkeit des Salatblattes, das Waschwasser nach dem Wasch- und Schleuderprozess wieder rasch abzugeben, bestimmt. Eine Verbesserung der Wasserabgabe würde sich positiv auf die Verarbeitung des Vogersalates auswirken, da dieser somit auch nicht so stark geschleudert werden müsste, um die gleiche Abtrocknung zu erreichen. Da sich ein langsames Schleudern besser auf die Blattstruktur auswirken würde, könnte etwaigen Verderbsorganismen das Eindringen in das Blattinnere erschwert werden. Dies würde sich somit auch positiv auf die Haltbarkeit auswirken.

Die **Keimidentifikation** zeigt das ganze Spektrum der Salatflora des Vogerlsalates sowie der Deluxe Mischung. Den größten Anteil haben die Pseudomonaden an der Salatflora. Hier ist vor allem Ps. fluoreszens, cepalca und putida zu erwähnen.

Zu Beginn der Haltbarkeitsfrist kommt es zu einem Anstieg an coliformen Keimen, welche jedoch infolge der Lagerung durch Pseudomonaden unterdrückt werden. Mit fortschreitender Lagerungsdauer werden die Pseudomonaden jedoch durch die Hefen bzw. Schimmelpilze gehemmt. Zu den identifizierten Enterobacteriaceen gehören Citrobacter freundii, Enterobacter sakazakii, Enterobacter cloacae, Klebsiella oxytoca, Klebsiella pneumoniae, Shigella boydii und Shigella flexneri.

Außerdem ist die Rhanella quailis als wichtiger Vertreter der Salatflora zu erwähnen.

Zu der identifizierten Gram positiven Flora zählen vor allem die Koagulase positiven Staphylokokken, welche als Lebensmittelvergifter bekannt sind.

Weiters konnten auch Verderbs- und Lebensmittelvergifter wie Bacillus cereus und Bacillus subtilis nachgewiesen werden.

Beide zu untersuchende Produkte enthielten weitgehendst das gleiche Keimspektrum, wobei bei Vogerlsalat mehr Pseudomonaden enthalten waren.

Meist ist jedoch nicht von einer Gefahr auszugehen, da diese Keime im Normalfall durch die Pseudomonaden unterdrückt werden und somit zu niedrige Keimzahlen erreichen, um Toxine zu bilden.

**Die Energetisierung des Wassers führt in den oben genannten Bereichen zu einem positiven Effekt hinsichtlich der Keimreduktion des Salates während des Waschvorganges. Keinen Einfluss hat die Energetisierung auf die Abtropfgeschwindigkeit.**

## Überblick über Reduktionen (Rohware – Fertigware):

Wasser: <b>UNBEHANDELT</b>			Wasser: <b>BEHANDELT</b>		
<b>Vogerlsalat</b>			<b>Vogerlsalat</b>		
Medium	Reduktion	S	Medium	Reduktion	S
PCA	0,28	0,19	PCA	0,83	0,12
YGC	0,29	0,26	YGC	0,30	0,36
CHR-C	0,29	0,07	CHR-C	0,57	0,21
Wasser: <b>UNBEHANDELT</b>			Wasser: <b>BEHANDELT</b>		
<b>Deluxe Mischung</b>			<b>Deluxe Mischung</b>		
Medium	Reduktion	S	Medium	Reduktion	S
PCA	0,39	0,35	PCA	0,61	0,13
YGC	0,51	0,28	YGC	0,47	0,014
CHR-C	0,39	0,21	CHR-C	1,69	0,21

## Gegenüberstellung der statistischen Ergebnisse:

### Gegenüberstellung – Statistik - Vogerlsalat

Medium	Bewertung im 95% Niveau
PCA Gesamtkeimzahl	<b>Signifikanter</b> Unterschied aufgrund des Doppel-t Tests
CHR-C Coliforme Keime	Nicht auswertbar durch Doppel-t Test, es müsste $\chi^2$ Verteilung angewendet werden
YGC Hefen bzw. Schimmelpilze	<b>Nicht signifikanter</b> Unterschied aufgrund des Doppel-t Tests

### Gegenüberstellung – Statistik – Deluxe Mischung

Medium	Bewertung im 95% Niveau
PCA Gesamtkeimzahl	<b>Signifikanter</b> Unterschied aufgrund des Doppel-t Tests
CHR-C Coliforme Keime	<b>Signifikanter</b> Unterschied aufgrund des Doppel-t Tests
YGC Hefen bzw. Schimmelpilze	<b>Nicht signifikanter</b> Unterschied aufgrund des Doppel-t Tests

## Zusammenfassung

Bei dieser Arbeit wurde eine neue Art der Wasserenergetisierung anhand von Prozessparameter bei der Salatproduktion untersucht. Es wurden mehrere chemische als auch mikrobiologische Analysen durchgeführt, um eventuell auftretende Unterschiede festzustellen. Die Ergebnisse wurden zusätzlich einer statistischen Auswertung unterzogen um die Interpretation zu erleichtern.

Verglichen wurden zwei Produkte, nämlich Vogerlsalat und die Deluxe Mischung. Die Deluxe Mischung besteht aus 5 verschiedenen Komponenten.

Im genaueren wurde die Reduktion der Keimzahlen durch den Waschprozess und die Abtropfgeschwindigkeit der Salatblätter nach dem Verarbeiten bestimmt. Dadurch sollte eine Verbesserung der Reduktion der Keimzahlen durch energetisiertes Wasser erreicht werden. Beide Produkte wurden im Hinblick auf die Gesamtkeimzahl, coliforme Keime und Hefen, bzw. Schimmelpilze miteinander verglichen.

Weiters wurde eine Keimidentifikation zur Erfassung der genauen Salatflora beider Produkte mittels Miniatursysteme und Differenzierungsnährböden durchgeführt. Somit konnte fast das gesamte Spektrum der Salatflora bestätigt werden. Sie brachte zum Ergebnis, dass ein Großteil der Salatflora vor allem Pseudomonaden, Enterobacteriaceen und Gram positive Kokken ausmachen.

Das Wasser selbst wurde auch im Hinblick auf die Gesamthärte untersucht; hier konnte jedoch kein Unterschied festgestellt werden.

Bei der statistischen Auswertung handelt es sich um den Doppel-t Test, welcher zwei Mittelwerte miteinander vergleicht und gleiche Varianzen voraussetzt.

Dieser Test führte zu dem Ergebnis, dass es zu einem Unterschied im Bereich der Gesamtkeimzahl und der coliformen Keime bei Vogerlsalat sowie der Gesamtkeimzahl der Deluxe Mischung gekommen ist. Somit wäre eine Verbesserung der Keimreduktionen in diesen Bereichen durch die Wasserenergetisierung gegeben.

Dies wäre aber auch auf eine Veränderung des Zetapotenzials der Keime im Wasser zurückzuführen. Denn diese würden somit Agglomerieren und ein verfälschtes Bild beim Auszählen auf den Nährmedien zeigen.

Zusammenfassend kann gesagt werden, die Wasserenergetisierung hat relativ hohe Investitionskosten, jedoch konnten durchaus positive Effekte hinsichtlich der Mikrobiologie festgestellt werden.

Eine Rentabilität ergibt sich durch

- a) Wettbewerbsvorteil
- b) Längere Haltbarkeit der Salate
- c) Verkalkungsverhinderung der Gemüse-Salatwaschanlage
- d) Umweltfreundlich durch Einsparung an Lebensmittelchemie.

Diplomarbeit; Einfluss der energetischen Wasserbehandlung, Type NARASAN,  
auf Prozessparameter bei der Rohsalatproduktion

