

## 10. Ergebnisdiskussion

### 10.1. Zusammenfassung der Ergebnisse des Systemvergleichs

Bei der Auswahl eines Sterilisationssystems kommt es auf die für den Betrieb sinnvolle Kombination der möglichen technischen Einrichtung in Verbindung mit der Sterilisationsleistung an. Nicht immer ist es sinnvoll, ein System zu wählen, das die beste Produktqualität verspricht, aber sich nur sehr schwer in die vorgegebene Infrastruktur des Betriebes einpassen läßt oder eine zu geringe Sterilisationsleistung aufweist. So werden neue Sterilisationssysteme nur sehr zögerlich in Betrieben akzeptiert. Dieses trifft selbstverständlich auch auf den Hydroklaven zu. Dennoch wurde der Hydroklav im Zuge eines Gebäudeneubaus der wohl weltweit modernsten Fischdauerkonservenfabrik „Richter & Greif Feinkost“ in Cuxhaven als Hauptsterilisationssystem gewählt. Obwohl es bei der Einführung des Systems erhebliche Probleme in der Prozeßsteuerung und mit einigen technischen Einrichtungen gab, hat sich das Verfahren mittlerweile etabliert und besitzt im Gegensatz zu den herkömmlichen Verfahren sehr große Vorteile.

Der wohl größte Vorteil besteht darin, daß das System kontinuierlich arbeitet, und in den nahezu vollautomatisierten Produktionsprozeß eingebunden werden kann. Dadurch, daß die Dosen in Kartuschen mit Hilfe von Wasser durch das System geführt werden, sind in dem Gerät wenig mechanisch arbeitende Teile eingebaut. Dieses verspricht einen geringen Wartungsaufwand.

Durch die neu entwickelten Strahlapparate entfällt das Einführen der Dosen über eine Druckschleuse in den Hydroklaven. Diese Druckschleusen waren bzw. sind in den meisten herkömmlichen kontinuierlich arbeitenden Autoklaven der limitierende Faktor. Durch den Wegfall dieses Faktors wird in dem Hydroklaven eine sehr hohe Sterilisationsleistung von bis zu 200 Dosen/min und Linie erreicht.

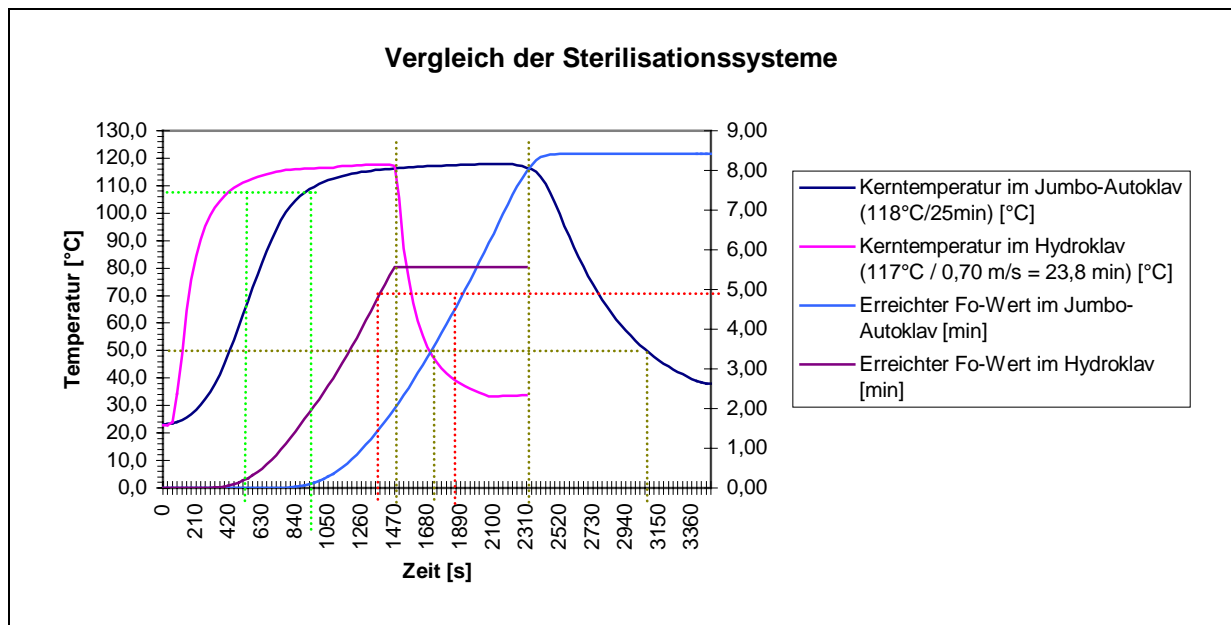
Auch der Platzbedarf des Hydroklaven kann relativ einfach auf die gegebenen Umstände des Betriebes angepaßt werden, da es sich um eine lange Rohrleitung handelt. Diese Leitung kann z.B. gebündelt an einem Ort, oder aber auch als einzelne Leitung unter Decken oder außerhalb des Produktionsgebäudes angebracht werden.

Dadurch, daß die Dosen in den Kartuschen von dem Transportwasser turbulent umströmt werden, erreicht man einen sehr hohen Wärmeübergang und die Sterilisation ist somit sehr effizient. Beim Hydroklaven können keine „Wärmelöcher“ entstehen, ebenso ist es nicht möglich, daß die Dosen durch verschiedene Platzierungen im System unterschiedlich wärmebehandelt werden. Dieses hat zur Folge, daß jede Dose die gleiche Wärmebehandlung erfährt und die Dosen somit „eine wie die andere“ den gleichen Sterilisationsgrad aufweisen. Aus diesem Grund kann auf hohe Sicherheitszuschläge, wie es bei den herkömmlichen Systemen notwendig ist, verzichtet werden und die Wärmebelastung bzw. Kochschädigung weiter minimiert werden.

Einen weiteren Vorteil besitzt der Hydroklav durch seinen sehr geringen Wasserverbrauch. Mit einem Verbrauch von 0,05 l/kg Produkt liegt dieser Wert um ein Vielfaches unter dem der herkömmlichen Verfahren. Dieses ist nicht nur aus Sicht der Betriebskostensparnis erfreulich, sondern auch aus ökologischer Sicht sehr zu begrüßen. Insbesondere kann sich der Wasserverbrauch als ein sehr großes Entscheidungskriterium erweisen, berücksichtigt man, daß zur Zeit viele Kommunen ihre Preise für die Wasserentsorgung erheblich erhöhen.

Zur Führung des Systems sind qualifizierte Mitarbeiter notwendig. Ohne das physikalische und verfahrenstechnische Verständnis für das System ist es dem Anlagenführer nicht möglich, bei eventuellen Störungen in den Ablauf einzugreifen, ohne daß es unter Umständen zum Kollabieren des Systems kommt. Steht die Anlage erst einmal, dauert es eine gewisse Zeit, bis sich die Sterilisationsparameter nach der Behebung des Fehlers wieder in den vorgegebenen Normen bewegen. So besteht bei einem Stillstand das Risiko, daß bis zu ca. 6.200 Dosen nicht richtig sterilisiert worden sind und nicht mehr in den Handel gelangen dürfen. Bei richtiger Prozeßführung mit qualifiziertem Personal und regelmäßiger Wartung (insbesondere der Austausch der Kartuschen nach ca. 3200 Betriebsstunden) ist dieses Risiko sehr gering und kann fast ausgeschlossen werden. Obwohl es sich beim Hydroklaven um ein sehr komplexes System handelt, ist eine Person für die Steuerung und die Kontrolle des Verfahrens ausreichend. Alle über den Tag gemessenen Sterilisationsparameter und Störungen werden von dem System aufgezeichnet und können mit Hilfe von Ausdrucken genau und gut dokumentiert werden. Dieses ist besonders wichtig für die Erstellung und Durchführung eines HACCP-Konzeptes im Betrieb.

Wie bereits beschrieben, ist der Wärmeübergang in den Dosen im Hydroklaven sehr schnell. Vergleicht man das Sterilisationsverfahren des Hydroklaven mit dem des Jumbo-Autoklaven wird dieser Vorteil recht deutlich.



Die genauen Temperatur-Zeit-Messungen und  $F_0$ -Wert-Berechnungen sind dem Anhang III zu entnehmen. Für den Hydroklav Tabelle A15 und für den Jumbo-Autoklav Tabelle A13.

### Abbildung 1: Vergleich der Sterilisationsverfahren in Bezug auf den Wärmeübergang

Vergleicht man die Verfahren in Bezug auf das Erreichen der Kerntemperatur von  $110^{\circ}\text{C}$  (in der Abbildung grün-gestrichelt), so wird diese Temperatur im Jumbo-Autoklaven nach ca. 16 Minuten erreicht. Im Hydroklaven wird dieser Wert bereits nach 8 Minuten erreicht, was einen wesentlich effektiveren Wärmeübergang bestätigt. Auch die Kühlung des Produktes von ca.  $118^{\circ}\text{C}$  auf  $50^{\circ}\text{C}$  ist im Hydroklaven um einiges effizienter. Hier steht eine Kühlzeit im Hydroklaven von 3,75 Minuten der im Jumbo-Autoklaven mit 13,75 Minuten gegenüber (in der Abbildung braun-gestrichelt). Auch der geforderte  $F_0$ -Wert von 5,0 min wird im Hydroklaven bereits nach ca. 23,2 Minuten erreicht. Im Jumbo-Autoklav wird dieser Wert erst nach ca. 32,1 Minuten erreicht (in der Abbildung rot-gestrichelt).

Durch den Wegfall der hohen Sicherheitszuschläge in der Temperaturführung zum Erreichen des geforderten  $F_0$ -Wertes und die kürzeren Sterilisationszeiten werden im Hydroklaven wesentlich geringere Kochschädigungswerte erzielt. Dieses wirkt sich selbstverständlich sehr positiv auf die sensorische Beurteilung der Produkte aus. Auch kann hierdurch ein sehr hoher Standard in Bezug auf die Produktqualität garantiert werden.

Ein Nachteil des Hydroklaven ist die eingeschränkte Flexibilität. So können im Hydroklaven nur wenige Dosenformate sterilisiert werden. Durch die vorgegebenen Rohrlängen der einzelnen Abschnitte des Hydroklaven und die nur in Grenzen möglichen Durchflußgeschwindigkeiten der Kartuschen, sind die Möglichkeiten der Variation der Sterilisationsparameter nicht so hoch wie bei einem Autoklaven mit Kessel. Für Betriebe, die große Stückzahlen von Produkten in ein und demselben Dosenformat produzieren, ist dieses jedoch kein Problem. Die Rohrlängen, aber auch der Querschnitt des Rohrsystems, können bei der Planung des Sterilisationssystems auf die Bedürfnisse des produzierten Produktes angepaßt werden.

Die extrem hohen Kosten für die Wartung bzw. den Austausch der Kartuschen können im ersten Moment vielleicht eine abschreckende Wirkung haben. Berücksichtigt man jedoch den sehr geringen Wasserverbrauch und die sehr hohe Sterilisationsleistung des Hydroklaven, sind die Kosten schnell vergessen.

Es gibt dennoch ein Problem bei der Sterilisation im Hydroklaven, was noch nicht gelöst worden ist und wahrscheinlich auch nicht behoben werden kann. Durch den Transport der Dosen durch das Rohrsystem mit vielen Radien kann es nicht vermieden werden, daß die Dosen die Rohrwandungen berühren. Hierbei entstehen geringe Schleifspuren am Dosenfalz, die bei den heute verwendeten lithographierten Dosen eine Beeinträchtigung des äußeren Erscheinungsbildes bewirken.

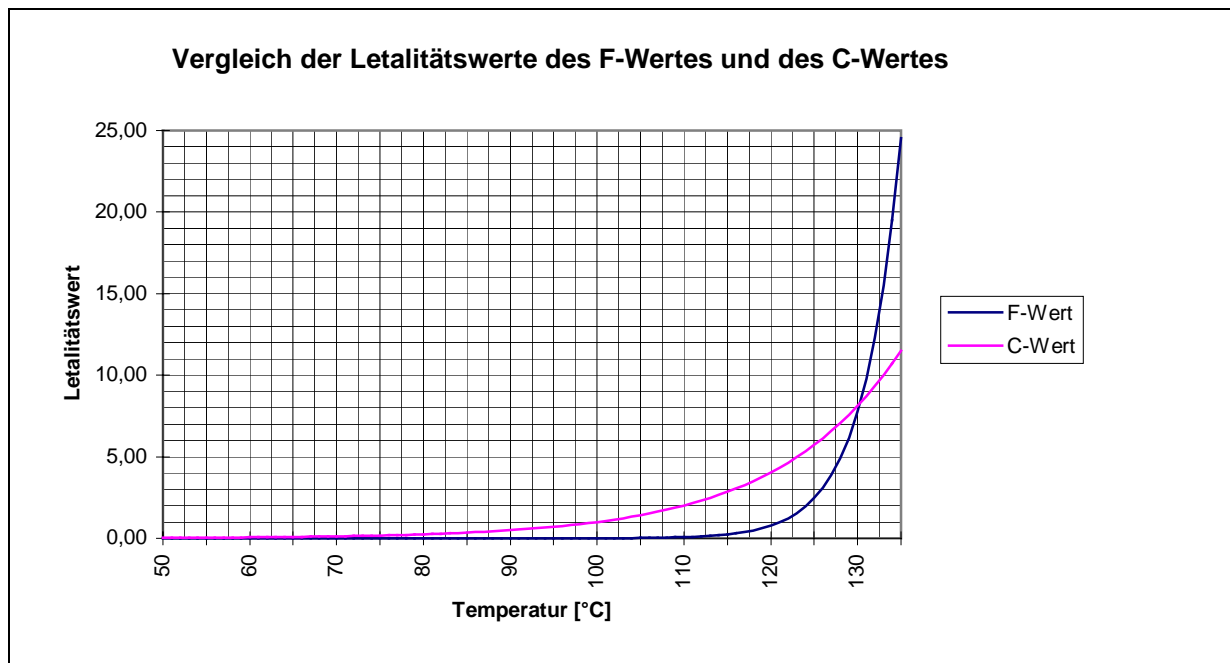
Insgesamt kann das System des Hydroklaven mittlerweile als ausgereift bewertet werden. Nicht nur die hohe Sterilisationsleistung bei geringen Betriebskosten, sondern auch der geringe Wasserverbrauch und die hohe Produktqualität bei der Sterilisation im Hydroklaven, können als großer Vorteil für das System gewertet werden. Für Dauerkonservenherstellungsbetriebe, die eine große Anzahl von Produkten in einem identischen Dosenformat herstellen, könnte sich die Investition in ein neues Sterilisationssystem wie den Hydroklaven durchaus positiv auf die Herstellungskosten des Produktes auswirken. Ebenso kann mit diesem System der Produktionsvorgang weiter automatisiert werden. So läßt sich das System sehr gut in eine vollautomatische Endverpackung integrieren. Bei Betrieben, die eine Vielzahl von Dosenformaten verwenden, kann die fehlende Flexibilität des Hydroklaven durch das Kombinieren mehrerer Sterilisationssysteme, wie es bei der Firma „Richter & Greif“ praktiziert wird, sehr gut kompensiert werden. Durch die gute Wärmeausnutzung und die Kreislaufführung des in den einzelnen Abschnitten unterschiedlich warmen Wassers im Hydroklaven kann das System nicht nur nach ökonomischen, sondern auch nach ökologischen Gesichtspunkten als sehr fortschrittlich angesehen werden. Es hat sich bei den Versuchen gezeigt, daß mit dem Sterilisationssystem des Hydroklaven eine sehr hohe Produktqualität erreicht werden kann, die nur sehr schwer oder vielleicht gar nicht mit den herkömmlichen Verfahren erreichbar ist. Dennoch muß bemerkt werden, daß auch die anderen für die Versuche verwendeten Sterilisationssysteme ihre Vorzüge haben. So ist die Sterilisationsleistung des Jumbo-Autoklaven durch die Größe seines Kessels fast so groß wie die des Hydroklaven. Auch die Energieverbrauchsdaten sind im Gegensatz zu vielen anderen Sterilisationssystemen durchaus akzeptabel. Der größte Vorteil der Systeme mit einem Kessel liegt allerdings in der Flexibilität, die Sterilisationsparameter in weiten Spannen verändern zu können, und daß nahezu jedes Dosenformat in diesen Autoklaven sterilisiert werden kann.

### 10.2. Aussagen über die optimierten Sterilisationsparameter im Hydroklaven

Ausgangsfragestellung der Versuche war die Optimierung der Sterilisationsparameter für das Produkt „Zarte Heringsfilets in Curry-Ananas-Creme mit feinem Gemüse“ in einer 200g Hansa-Dose. Hier sollte insbesondere festgestellt werden, ob es sinnvoller ist, das Produkt mit einer hohen Temperatur und einer kurzen Sterilisationszeit oder aber mit einer niedrigen Temperatur bei einer langen Sterilisationszeit Hitze zu behandeln. Hierbei soll insbesondere das neue Sterilisationsverfahren des Hydroklaven betrachtet werden. Als fester Wert wurde das Erreichen eines  $F_0$ -Wertes von 5,0 Minuten vorgegeben. Wobei in Frage gestellt werden muß, ob dieser Wert für das neue Sterilisationsverfahren des Hydroklaven und für die heutigen Qualitätsansprüche an die Rohware noch zeitgemäß ist. Auch der Kochschädigungswert sollte in die Qualitätsbetrachtung des Fertigproduktes mit einbezogen werden. Die mit unterschiedlichen Sterilisationsparametern hitzebehandelten Dosen wurden dann sensorisch bewertet und somit eine Qualitätsaussage formuliert.

Der erreichte  $C_0$ -Wert, nach der Veränderung der Sterilisationsparameter bei den durchgeführten Versuchen, spiegelt im Vergleich die Produktqualität sehr gut wider. Dadurch, daß der  $F_0$ -Wert für die Versuche vorgegeben wurde, müssen die theoretischen Grundlagen über den Zusammenhang des  $F_0$ -Wertes und des  $C_0$ -Wertes betrachtet werden.

Beide Werte sind durch das Multiplizieren ihrer sogenannten Letalitätswerte mit dem Zeitintervall, in dem diese auftreten, definiert. Vergleicht man die Kurven der Letalitätswerte in Abhängigkeit von der Temperatur, wird deutlich, daß die Steigung der Kurve des  $C_0$ -Wertes im Bereich bis ca. 123 °C höher ist, als bei dem  $F_0$ -Wert. Da der Letalitätswert mit dem Zeitintervall multipliziert wird, sind höhere Sterilisationstemperaturen bei geringer Einwirkzeit besser, da das Verhältnis der Steigungen zueinander immer besser wird, und sich bei höheren Temperaturen sogar umkehrt.



**Abbildung 84: Vergleich der Letalitätswerte in Abhängigkeit zur Temperatur (F-Wert und C-Wert)**

Auf Grund dieser theoretischen Grundlagen konnte davon ausgegangen werden, daß das praktizierte Verfahren (eine niedrige Sterilisationstemperatur bei einer langen Sterilisationszeit) nicht das optimale Ergebnis bringen kann. Dennoch muß bedacht werden, daß es sich bei dem, für die Versuche verwendeten Produkt, um ein Produkt handelt, das durch seinen hohen Zuckergehalt und durch den Curkumaanteil bei hohen Temperaturen starken Farbveränderungen unterworfen ist. Ebenso kann es auch zu einer starken Karamelisierung und somit zu einem stark brandigen Geschmack kommen. Auch ist nicht sicher, ob sich die Proteinveränderungen im Fischfleisch durch hohe Temperaturen während des Sterilisierens negativ auf die Textur auswirken.

Wie bereits beschrieben, war es notwendig, ein nahezu konstantes Rohprodukt für die Sterilisationsversuche bereitzustellen. Aus diesem Grund sollte das Blanchierverfahren näher betrachtet werden, da hier die Proteinstruktur des Fischfleisches durch die Hitzeeinwirkung erstmals extrem verändert wird. Um hier einen Vergleichswert, der die Hitzeeinwirkung auf das Fischfilet beschreibt, zu erhalten, wurden die E-Werte des Verfahrens ermittelt und miteinander verglichen. Leider konnte hierbei keine Konstanz in den Blanchierverfahren festgestellt werden. Dieses läßt sich durch den nicht immer kontinuierlich verlaufenden Prozeß begründen. Die Ursachen hierfür sind bereits in den Vorversuchen unter Punkt 9.2.1. beschrieben. Da die Sterilisationsversuche jedoch nach Möglichkeit unter normalen Produktionsbedingungen durchgeführt werden sollten, können die Fehler des Blanchierverfahrens nur aufgezeigt werden, und vielleicht nach und nach verbessert werden. Dennoch sollte man bei der Herstellung von Qualitätsware dem Blanchierverfahren einen höheren Stellenwert einräumen. Auch wenn es sich beim Fisch um ein Naturprodukt handelt und Schwankungen in der Zusammensetzung naturbedingt möglich sind, sollte man das Blanchierverfahren der Rohware anpassen. Ist es z.B. nicht garantiert, daß der Fisch während des Blanchierens nicht eine ausreichende Menge seines Gewebewassers verliert, wird dieses Wasser erst bei der Sterilisation freigesetzt, und bewirkt somit eine Verdünnung der Creme, was wiederum eine sensorische Veränderung im Geschmack mit sich bringt. Auch kann es möglich sein, daß die Bindemittel der Creme das freigesetzte Wasser nicht mehr aufnehmen können und somit ein Wasserabsatz das Aussehen negativ beeinflusst.

Ein Vergleich von den im Betrieb verwendeten Blanchierverfahren (blanchieren im Wasserbad oder mit Dampf) konnte nicht realisiert werden. Es war nicht möglich, die gedämpfte Ware so vom Band zu nehmen, daß ein identisches Packbild in der Dose im Vergleich zu der blanchierten Ware zu erreichen war. Dadurch konnte nicht garantiert werden, daß die Produkte bei der sensorischen Bewertung objektiv beurteilt werden würde. Beim Vergleich sollte festgestellt werden, ob Unterschiede in der Textur des Fischfleisches zu verzeichnen sind. In betriebsinternen Versuchen wurde diese Fragestellung bereits behandelt und es wurden keine Unterschiede erkennbar. Dennoch muß bemerkt werden, daß ein Garen des Fischfleisches in Dampf eine geringere Auslaugung mit sich bringt, aber gleichzeitig auch keine Geschmacksgebung, wie beim Blanchieren im Wasserbad durch Zusatz von Salz und Säure, erzielt werden kann.

Für die Optimierung der Sterilisationsparameter war es notwendig, ein System zu entwickeln, mit dem der zu erwartende  $F_0$ -Wert bei veränderten Temperatur- und Zeit- Vorgaben bestimmt werden konnte. Dieses war notwendig, da ein zu erreichender  $F_0$ -Wert von 5,0 Minuten vorgegeben war. Durch Messungen aus den Vorversuchen konnte eine hervorragende Konstanz der Temperaturverlaufskurven im Hydroklaven festgestellt werden. Aus diesen Ergebnissen war es möglich, den genauen Aufenthaltsort der Dosen im Röhrensystem des Hydroklaven zu bestimmen und andererseits die an diesem Ort zu erwartende Umgebungstemperatur zu berechnen.

Durch den Vergleich der Umgebungstemperatur mit der gemessenen Kerntemperatur in der Dose war es möglich, die zu erwartende Kerntemperatur des Produktes an bestimmten Orten im Röhrensystem des Hydroklaven vorzuberechnen und mit diesem errechneten Temperaturverlauf den erwarteten  $F_0$ -Wert zu bestimmen.

Die so ermittelten Werte wurden mit einem Programm zur Vorausberechnung des  $F_0$ -Wertes, das von der Herstellerfirma des Hydroklaven entwickelt worden ist, verglichen und es wurden hierbei nur sehr geringe Abweichungen festgestellt. So konnten die für die Versuche verwendeten Sterilisationsparameter festgelegt werden und es war eine Optimierung auf Grund theoretischer Grundlagen möglich. Das für die Versuche entwickelte Programm eignet sich für jedes im Hydroklaven sterilisierte Produkt. Es ist lediglich notwendig, eine Kerntemperaturmessung bei gleichzeitiger Feststellung der Umgebungstemperatur durchzuführen. Die hierbei ermittelten Temperaturverläufe müssen in das Programm eingegeben werden, und als Ergebnis erhält man die zu erwartenden  $F_0$ -Werte bei veränderten Sterilisationsparametern, wie sie unter Punkt 9.3.1. in Tabelle 11 beschrieben sind. Bei dem Programm besteht weiterhin die Möglichkeit, die vorausberechneten Werte um den  $C_0$ -Wert zu erweitern. Dieser Aspekt ist bisher jedoch noch nicht realisiert worden.

Nach dem Vergleich der theoretisch berechneten  $F_0$ -Werte mit den tatsächlich gemessenen Werten stellte sich heraus, daß, je höher die Durchflußgeschwindigkeiten im Hydroklaven gewählt worden sind, die theoretischen  $F_0$ -Werte immer weiter von den tatsächlichen abwichen. Auf Grund dieser Ergebnisse wurde klar, daß die Vorausberechnung über den Aufenthaltsort im Hydroklaven zu ungenau ist. Daraufhin mußte das Programm insofern korrigiert werden, als die Berechnungen nicht nach dem Aufenthaltsort in Verbindung mit dem Verhältnis von der Kerntemperatur zur Umgebungstemperatur durchgeführt werden konnten, sondern daß dieses Verhältnis mit der Aufenthaltsdauer in den einzelnen Abschnitten abgeglichen werden muß. Die nach dem korrigierten Verfahren berechneten  $F_0$ -Werte wichen dann nur noch um höchstens 0,5 Minuten von den tatsächlich gemessenen Werten ab. Dieses ist bei der großen Bandbreite der theoretischen Berechnung ein hervorragendes Ergebnis und ermöglicht eine sehr genaue theoretische Vorausberechnung des zu erwartenden  $F_0$ -Wertes bei veränderlichen Sterilisationsparametern.

Die möglichen Durchflußgeschwindigkeiten in der Sterilisationsstrecke wurden von der Herstellerfirma des Hydroklaven im Bereich zwischen 0,5 bis 1,0 m/s angegeben. Dieses entspricht Sterilisationszeiten von ca. 17 bis 34 Minuten. Die Sterilisationstemperatur kann bis zu einem Wert von 123°C gesteigert werden. Durch die Kombination der Sterilisationstemperaturen mit der Vorgabe bestimmter Durchflußgeschwindigkeiten konnte mit dem entwickelten Programm der zu erwartende  $F_0$ -Wert bestimmt werden. So konnten die Durchflußgeschwindigkeiten mit einer bestimmten Sterilisationstemperatur kombiniert werden, um den geforderten  $F_0$ -Wert von 5,0 min zu erreichen. Hierbei entstanden Paarungen von Sterilisationsparametern, die während der normalen Produktion noch niemals verwendet worden sind. Da es im voraus nicht sicher war, wie die Steuerung des Hydroklaven bei bestimmten Durchflußgeschwindigkeiten reagiert, konnten einige Paarungen der Sterilisationsparameter nicht unter normalen Produktionsbedingungen durchgeführt werden. Aus diesem Grund wurden einige Versuche außerhalb der normalen Produktionszeiten durchgeführt. Die hierbei entstandenen Ergebnisse mußten auf Grund des hohen Kostenaufwandes als gegeben hingenommen werden und konnten nicht mehr weiter modifiziert werden. Da es sich bei den Versuchen hauptsächlich um die Sterilisationsparameter mit einer hohen Durchflußgeschwindigkeit handelte, wurde bei diesen Versuchen erst festgestellt, daß das Programm zur  $F_0$ -Wert-Berechnung Fehler aufweist. Dieses hatte zur Folge, daß die geforderten  $F_0$ -Werte nicht immer eingehalten werden konnten. Dennoch muß bemerkt werden, daß es durch die Bebrütung der Musterdosen

erwiesen wurde, daß auch bei geringeren  $F_0$ -Werten eine ausreichende Sterilität vorhanden war.

Die sensorische Bewertung der Versuchsmuster ergab eindeutig, daß Sterilisationsparameter bei einer hohen Temperatur mit kurzen Sterilisationszeiten (Hoch/Kurz- Sterilisation) zu bevorzugen sind. Das beste Ergebnis wurde bei einer Umgebungstemperatur von  $120^\circ\text{C}$  und einer Durchflußgeschwindigkeit von  $1,0\text{ m/s}$  erreicht. Bei dieser Fließgeschwindigkeit in der Sterilisationsstrecke war die Steuerung des Hydroklaven jedoch überfordert, so daß die konstante Einhaltung der Sterilisationsparameter nicht mehr garantiert werden konnte. Dieses ist besonders aus der Einhaltung der Sterilisationszeit ersichtlich. So müßte die Dose bei einer konstanten Einhaltung ihrer Geschwindigkeit ca. 16,7 Minuten in der Sterilisationsstrecke verbleiben. Während des Versuches befand sich die Dose jedoch nur ca. 14 Minuten in diesem Abschnitt. Dieses bedeutet eine Abweichung der Sterilisationszeit von fast 16,5 %. Durch diese Schwankungen konnte auch nur ein  $F_0$ -Wert von 2,32 Minuten erreicht werden. Obwohl dieser Wert nicht einmal die Hälfte des geforderten  $F_0$ -Wertes betrug, konnte mit der Bebrütung ( $37^\circ\text{C}$ /mindestens 7 Tage) der Muster eine ausreichende Sterilität nachgewiesen werden.

Besonders deutlich wird der Vorteil einer Hoch/Kurz- Sterilisation beim Vergleich der Kochschädigungswerte. So steht ein Kochschädigungswert von ca. 40 Minuten bei einer Temperatur von  $119^\circ\text{C}$  und einer Sterilisationszeit von 18,5 Minuten einem Wert von ca. 85 Minuten bei einer Temperatur von  $115^\circ\text{C}$  und einer Sterilisationszeit von 33,3 Minuten gegenüber. Noch extremer werden diese Unterschiede, wenn man die Sterilisationsverfahren und ihre Sterilisationsparameter miteinander vergleicht.

Eine konkrete Entscheidung über ein optimales Sterilisationsverfahren läßt sich nur sehr schwer formulieren. So muß der Sterilisationsleistung bei den einzelnen Sterilisationsparametern ein vorrangiges Augenmerk zukommen. Wenn die Sterilisationsleistung zu gering wird, kann ein kontinuierlicher Ablauf der Produktherstellung nicht mehr garantiert werden. Somit würde der gesamte Produktionsablauf nicht mehr optimal gestaltet sein, obwohl vielleicht bei der Wahl dieser Sterilisationsparameter das beste Produkt entstehen würde. Daraus folgt, daß bei der Wahl der Sterilisationsparameter immer Kompromisse notwendig sind.

Aus den Ergebnissen der Versuche kann festgestellt werden, daß im Hydroklaven mit Fließgeschwindigkeiten zwischen  $0,7\text{ m/s}$  und  $0,9\text{ m/s}$  die besten Produktqualitäten entstanden sind. In diesem Bereich war auch die automatische Steuerung des Hydroklaven keinen hohen Schwankungen unterworfen. Betrachtet man bei diesen Fließgeschwindigkeiten die Sterilisationsleistung, so könnte es besonders bei den höheren Fließgeschwindigkeiten zu Stauungen im Dosenfluß kommen. Dieses kann jedoch nicht mit absoluter Sicherheit behauptet werden, da diese Versuche nicht unter normalen Produktionsbedingungen durchgeführt worden sind und Schwankungen in der Sterilisationsleistung möglich sind.

Die Sterilisationstemperaturen müssen an den geforderten  $F_0$ -Wert angepaßt werden. Wie sich jedoch gezeigt hat, werden bei  $F_0$ -Werten, die unter dem geforderten Wert liegen, sehr gute Produktqualitäten erreicht. Da auch bei den kleinen  $F_0$ -Werten eine ausreichende Sterilität gewährleistet war, sollte überlegt werden, ob man den Standardwert nicht aufgrund dieser Ergebnisse reduzieren sollte, um eine verbesserte Produktqualität mit ausreichender Sterilität zu produzieren. Das Risiko, daß überpackte Dosen mit dem minimierten  $F_0$ -Wert keine ausreichende Sterilität erreichen, kann z.B. mit Check-Ware-Waagen am Ende der Packlinien ausgeschlossen werden.

Zum Schluß soll angemerkt werden, daß meiner Meinung nach der Eindruck entsteht, daß den Sterilisationsverfahren in der Fischindustrie bei der Herstellung von Dauerkonserven ein zu geringer Stellenwert eingeräumt wird. Wie die Versuche zeigen, kann ein Sterilisationsverfahren mit unterschiedlichen Parametern sehr unterschiedliche Produktqualitäten bewirken. Somit ist es nicht nur wichtig, daß ein neu entwickeltes Produkt geschmacklich und optisch optimiert wird, sondern auch sein Herstellungsprozeß optimiert und standardisiert wird. Hierbei wird oft vergessen, daß neue Produkte mit altherkömmlichen Verfahren und Parametern keine optimale Produktqualität erzielen können. So zeigen die Ergebnisse, daß der Hydroklav im Vergleich zu den herkömmlichen Verfahren eine wesentlich höhere Produktqualität bewirken kann. Auch die  $F_0$ -Wert-Betrachtung zeigt, daß mit diesem Verfahren hohe Sicherheitszuschläge nicht mehr berücksichtigt werden müssen, und somit ein geringerer  $F_0$ -Wert gefordert werden kann.

So kann es passieren, daß ein neu entwickeltes Produkt vor dem Sterilisieren geschmacklich und optisch ein hervorragendes Produkt darstellt. Wird es dann allerdings mit nicht optimalen Sterilisationsverfahren und schlecht optimierten Sterilisationsparametern hitzebehandelt, fällt es in die Mittelmäßigkeit ab. Aus diesem Grund sollte man bei der Entwicklung von Qualitätsprodukten unbedingt auch den Herstellungsprozeß mit einbeziehen. Die Versuche zeigen, daß dieses noch nicht im ausreichenden Maße (betrachtet man z.B. die Ergebnisse der Blanchierversuche) realisiert wird. Es wird immer wieder vergessen, daß es sich beim Fisch um ein Naturprodukt handelt, welches enormen Schwankungen in der Zusammensetzung unterworfen ist. Somit ergibt sich, daß bei der Herstellung von Qualitätsware eine Anpassung des Herstellungsverfahrens an die Rohware unabdingbar ist.

Dennoch muß beachtet werden, daß in den meisten Betrieben eine große Produktvielfalt hergestellt wird und es kaum möglich ist für jedes Produkt eigene Sterilisationsparameter festzulegen. Oft werden Dosen mit unterschiedlichen Produkten in einer Sterilisationscharge gekocht, um zu hohe Standzeiten zu vermeiden. In diesem Fall müssen Kompromisse in den Sterilisationsparametern der beiden Produkte eingegangen werden. Auch im Hydroklaven werden die Dosen aus zwei verschiedenen Produktionslinien in eine Sterilisationsröhre geführt. Da diese Produkte nicht immer identisch sind, müssen auch hier Kompromisse eingegangen werden.

Abschließend meine ich, daß die Versuche gezeigt haben, daß für die Herstellung von Qualitätsware eine Optimierung der Sterilisationsparameter auch für andere Produkte in den meisten Fällen eine bessere Produktqualität bewirkt und dem Sterilisationsverfahren tatsächlich ein zu geringer Stellenwert eingeräumt wird. Auch der Energie- und Wasserverbrauch der meisten Sterilisationsverfahren läßt noch Wünsche offen, die durchaus realisiert werden können. Durch die Optimierung der Sterilisationsverfahren entstehen nicht nur ökonomische, sondern auch ökologische Vorteile, die in Verbindung mit der Produktqualität durchaus werbewirksam an den Verbraucher weitergegeben werden können.

*Anmerkung: Alle zitierten und berechneten Daten, die in der Ausarbeitung angegeben werden, sind unverbindlich und beruhen in den meisten Fällen auf allgemeinen Grundlagen. Schwankungen sind aufgrund von nicht immer unter Produktionsbedingungen durchgeführten Versuchen durchaus möglich. Dennoch geben diese Daten Anhaltswerte.*



## 14. Zusammenfassung

Ziel der Ausarbeitung war die Optimierung des bei der Firma Richter & Greif einzigartigen Sterilisationssystems des Hydroklaven. Gleichzeitig wurde das neu entwickelte System mit den bereits auf dem Markt befindlichen Autoklavierungssystemen im Hinblick auf ökonomische und sensorische Gesichtspunkte verglichen. Als Model wurde das Produkt „Zarte Heringsfilets in Curry - Ananas - Creme mit feinem Gemüse“ in einer tiefgezogenen 200g Aluminium- Hansa - Dose gewählt.

Um eine optimale Vergleichbarkeit der Versuche zu gewährleisten, wurden die Rohstoffe für das Produkt nach den im Betrieb üblichen Rohwareingangskontrollen untersucht. Es sollte nach Möglichkeit frische Rohware mit einem Fettgehalt von ca. 12 % verarbeitet werden. Zur Kontrolle des Herstellungsverfahrens wurde die Konstanz des Pökelf Verfahrens und des Blanchierverfahrens überprüft. Hierbei stellte sich heraus, daß mit dem Pökelf Verfahren sehr konstante Ergebnisse im Säure- und Salzgehalt im Fischfilet erreicht werden. Das Blanchierverfahren wurde durch die Ermittlung des E-Wertes verglichen. Es stellte sich heraus, daß das Blanchierverfahren nicht optimal arbeitet, was enorme Schwankungen im E-Wert mit sich bringt. Da die Versuche jedoch unter normalen Produktionsbedingungen durchgeführt werden sollten, kann auf dieses Ergebnis nur hingewiesen werden. Eine Verbesserung des Verfahrens lag nicht im Aufgabenbereich der Ausarbeitung.

Für den Vergleich der Sterilisationsverfahren standen zwei diskontinuierlich arbeitende Dampf- Autoklaven und der kontinuierlich arbeitende Hydroklav zur Verfügung. Die Dampf- Autoklaven unterscheiden sich in ihrer Sterilisationsleistung und in den Wasser- und Energieverbrauchsdaten. Für die Optimierung der Sterilisationsparameter des Hydroklaven war es erforderlich, ein System für die Vorausberechnung des zu erwartenden  $F_0$ -Wertes zu entwickeln. Anhand der vorausberechneten Daten wurden die Parameter für die Optimierung des Hydroklaven festgelegt und Sterilisationsversuche durchgeführt. Das entwickelte System zur Vorausberechnung des zu erwartenden  $F_0$ -Wertes bei veränderten Sterilisationsparametern kann auch für alle anderen Produkte, die im Hydroklaven sterilisiert werden sollen, angewendet werden. Hierdurch ist auch die Optimierung der Sterilisationsparameter anderer Produkte ohne großen Aufwand sehr schnell möglich. Die mit den unterschiedlichen Sterilisationsverfahren und verschiedenen Sterilisationsparametern hergestellten Muster wurden dann einer sensorischen Bewertung unterzogen, und anhand dieser Ergebnisse qualitativ beurteilt.

Hierbei wurde festgestellt, daß das Sterilisationssystem des Hydroklaven nicht nur von der technischen Seite, wie z.B. der Sterilisationsleistung, und in Bezug auf die Energie- und Wasserverbrauchsdaten einen sehr großen Vorteil besitzt, sondern auch in Bezug auf die Produktqualität hervorragende Ergebnisse aufweist. Optimale Sterilisationsparameter für das Produkt sind nur schwer zu formulieren, da sehr viele Faktoren in das kontinuierlich arbeitende System einwirken. Dennoch konnte eindeutig bewiesen werden, daß eine Hoch / Kurz - Sterilisation für die Produktqualität die größeren Vorteile bringt.