

194

ЕВРОПЕЙСКИЙ КОНГРЕСС РАБОТНИКОВ
И И И МЯСНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

th EUROPEAN CONGRESS
OF MEAT RESEARCH INSTITUTES

ter EUROPÄISCHER KONGREß
DER FLEISCHFORSCHUNGSINSTITUTE

ème CONGRES EUROPEEN
DES INSTITUTS DE RECHERCHES
SUR LES VIANDES

E. J. Kauchtscheschwili,
N. K. Shurawskaja, E. J. Guygo

TECHNOLOGISCHE GRUNDLAGEN
DER GEFRIERTROCKNUNG VON FLEISCH

.N 55

МОСКВА 1962г. F. P. Niinivaara

195

Technologische Grundlagen der
Gefrier Trocknung von Fleisch

Doz., Kand. techn. Wiss. E.J. Kauschtscheschwili,

Doz., Kand. chem. Wiss. N.K. Shurawaskaja, das Moskauer
Technologische Institut der Fleisch- und Milchwirtschaft,
Kand. tech. Wiss. E.J. Guygo, das Leningrader Technologi-
sche Institut der Kältewirtschaft UdSSR.

Die Gefrier Trocknung der Lebensmittel ist eine perspektivische Konservierungsmethode. Diese Methode ermöglicht die Aufbewahrung der Qualität des Ausgangsproduktes und dessen langfristige Lagerung ohne wesentliche Eigenschaftsveränderungen.

Das gefriergetrocknete Fleisch hat ein kleines spezifisches Gewicht und eine ziemlich poröse Struktur. Die Grundmasse von trockenem Fleisch besteht aus Eiweißstoffen, deren Charakter und Zustand die Eigenschaften und vor allem die Rehydratation von Trockenfleisch bestimmen. Der Feuchtigkeitsgehalt des Fleisches nach dessen Rehydratation ist niedriger als der des Ausgangsfleisches (1, 2, 3).

Eine ziemlich wichtige Charakteristik der Eigenschaften von gefriergetrocknetem Fleisch ist das Vorhandensein darin von aktiven Fermentsystemen. Bei unseren Untersuchungen wurde festgestellt, daß wässrige Auszüge des gefrierge-

trockneten Rindfleisches eine hohe Amylase- und Phosphorylaseaktivität besitzen. In den Arbeiten einiger Autoren (5, 6) wurde über die Aufbewahrung des labilen Adenosintriphosphatase-Ferments berichtet.

Die Anwesenheit von aktiven Enzymen im Trockenfleisch bestätigt das Erhalten dessen nativen Eigenschaften und zeugt von der Möglichkeit der biochemischen Umwandlungen während dessen Lagerung sowie Rehydratation.

Während der Lagerung von Trockenfleisch erfolgt unter dem Einfluß der aktiven Lipasen die Fetthydrolyse, was auch Sharp (7) und Chachina (8) bemerkt haben.

Die Gefriertrocknungstechnologie für Fleisch soll die Faktoren, die die Trockenfleischqualität beeinflussen, in Rechnung ziehen. Die wichtigsten davon sind: a) die Eigenschaften von Ausgangsmaterial; b) die Vorvorbereitung (vor der Gefriertrocknung) des Materials; c) die Gefriertrocknungsbedingungen; d) die Lagerungsbedingungen für Trockenfleisch; e) die Rehydratationsverfahren.

Das Ausgangsmaterial. Der Nährwert des Trockenfleisches hängt von dem Gewebsbau und der chemischen Zusammensetzung des Ausgangsmaterials ab.

Der quantitative Gehalt an Muskelgewebe, das vollwertige Eiweißstoffe enthält, bestimmt den Nährwert des Fleisches. Der Zustand von Muskelgewebeeisweißen ändert sich während des Gefrierens, der Trocknung und darauffolgenden Lagerung in Abhängigkeit von dem Grad der Autolyse und Denaturie-

rungsveränderungen.

Das auf verschiedenen Autolysestufen getrocknete Fleisch hat unterschiedliche physisch-chemische Werte, wobei die schlechtesten Werte in bezug auf die Zähigkeit und Wasseraufnahme das Trockenfleisch mit der Autolyse^{dauer} von 24 und 48 Stunden hat (9).

Der Wasserentzug aus dem gefrorenen Fleisch nach dessen langfristigen Lagerung führt zur Erhaltung der Lebensmittel mit erhöhter Zähigkeit und niedrigerer Wasseraufnahme, was als Folge der Denaturierungsveränderungen von Muskelgewebs-einweißen bei der Lagerung zu betrachten ist (9).

Das Bindegewebe des Fleisches erhöht dessen Zähigkeit. Eine bedeutende Besserung der Konsistenz des Fleisches mit hohem Bindegewebsgehalt kann durch Anwendung von proteolytischen Ensympreparaten erreicht werden. Dank der porösen Struktur des getrockneten Fleisches dringen die Lösungen von proteolytischen Fermenten schnell und gleichmäßig ins Fleisch-innere durch, und darum ist die zartmachende Wirkung von Proteasen auf das Trockenfleisch bedeutend wirksamer als auf das gewöhnliche Fleisch.

Der Fettgehalt des zur Gefrier-trocknung verwendeten Fleisches soll möglichst niedrig sein, da die Fette während der Lagerung oxydiert werden können. Bei der Gefrier-trocknung des Fleisches besteht außerdem während der Ver-dampfung der Restfeuchtigkeit die Möglichkeit der Fettver-schmelzung und Porenverminderung, was auch den Schwellungs-

grad des Fleisches bei dessen Rehydratation ändert.

Die Vorbereitung des Fleisches zur Trocknung. Bei der Trocknung von Lebensmitteln in Stücken und vor allem bei der Fleischtrocknung ist das Vorgefrieren durchzuführen, weil das unmittelbare "Selbstgefrieren" zur Kapillarverstopfung auf der Fleischoberfläche führt. Das verschlechtert die Wasserentzugsbedingungen sowie die Qualität von getrocknetem Fleisch und senkt vor allem dessen Wasserbindungsvermögen.

Das Erhalten des Trockenfleisches von hoher Qualität kann durch das schnelle Gefrieren des Ausgangsmaterials erreicht werden, wobei die Temperatur im Fleischinnern $-15-18^{\circ}\text{C}$ betragen muß.

Beim Zerschneiden des Fleisches zu Stücken ist die richtige Muskelfaseranordnung darin besonders wichtig. Die perpendikuläre zur Oberfläche Faseranordnung des Stückes sichert die beste Feuchtigkeitsmigration sowohl während der Trocknung als auch während der Rehydratation.

Trocknungsbedingungen. Bei der Gefriertrocknung beeinflußt das Gefrieren die Fleischeigenschaften. Es ist bekannt, daß beim Gefrieren dessen Geschwindigkeit und Tiefe den Charakter sowie Umfang von Fleischeigenschaftsveränderungen bestimmen. Beim langsamen Gefrieren werden bedeutendere beobachtet, was mit der Verletzung der histologischen Struktur durch große Eiskristalle, mit der Diffusionsumlagerung von gelösten Stoffen und mit besonders starker Denaturierungs-

197

wirkung von erhöhten Salzkonzentrationen zu erklären ist.

Die Gefrier Trocknung von Rindfleisch ergab, daß für das Erhalten hochqualitativer Produktion der Entzug von 80-90% der Feuchtigkeit bei der Temperatur, die niedriger als die kryoskopische ist, als notwendig erweist. Die optimalen Gefrier Trocknungstemperaturen liegen im Bereich von -10° bis -20°C , die Kondensationstemperatur — im Bereich von -30° bis -40°C , und der Restdruck beträgt 0,1-1,0 mm Hg (10,11).

Die Lagerungsbedingungen für das Trockenfleisch. Dank der porösen Struktur besitzt das Fleisch eine bedeutende Hygroskopizität. Infolge der großen Kontaktfläche mit Luftsaauerstoff können im Fleisch die stark intensiven Oxydationsvorgänge vor sich gehen, die den Zustand von Eiweißstoffen und Lipiden ändern.

Unter dem Einfluß von Oxydationsvorgängen verändert sich infolge der Oxydation der Häm pigmente auch die Fleischfarbe (12,13). Dabei sinkt die Wasseraufnahme der Fleischeiweiße, was zur Verschlechterung des Wasserbindungsvermögens führt. Die Fettoxydation und die Ansammlung von Produkten des oxydativen Zerfalls, können die Fleischorganoleptik stark negativ beeinflussen.

Die Verschlechterung von Trockenfleischeigenschaften während der Lagerung kann auch von der Kondensationsreaktion der Amino- und Iminogruppen mit Carbonylen bedingt werden. Infolge dieser Reaktionen ändert sich die Fleischfarbe

und sinkt dessen Wasseraufnahme (2,14).

Die Intensität der obenerwähnten Veränderungen hängt von der Lagerungstemperatur, vom Kontakt des getrockneten Fleisches mit Luftsauerstoff, vom Feuchtigkeitsgehalt des Fleisches und von der Lagerungsdauer ab.

Die von uns durchgeführten Versuche über die Lageung des stückenweise getrockneten Rindfleisches in der Verpackung und ohne diese, unter Vakuum und in der Azotatmosphäre, bei Zimmertemperatur und bei 40°C ergaben, daß in allen Fällen während der Lagerung die Verminderung des Wasserbindungsvermögens, der Zähigkeit sowie Plastizität des Fleisches beobachtet wird. Diese Veränderungen sind besonders intensiv während der Lageung bei 40°C und bei dem unbegrenzten Kontakt mit Luftsauerstoff. Die Veränderung des Wasseraufnahmegrades wird auch von anderen Autoren bemerkt (2,3).

Nach unseren Angaben wird eine langfristige Fleischlagerung unter Anwesenheit von Luftsauerstoff bei der Temperatur 40°C von der Verringerung der Löslichkeit von Eiweißstoffen im Wasser und in den Salz- sowie Alkalilösungen begleitet. Von den strukturellen Umwandlungen der Eiweißstoffe zeugt die Verminderung des Gehaltes an Sulfhydrylgruppen in wässrigen Auszügen und Homogenaten des getrockneten Fleisches.

Neben den obenbeschriebenen Veränderungen wird bei der Lageung des getrockneten Fleisches die gesetzmäßige Verringerung des Gehaltes an reduzierenden Zuckern beobachtet.

Während der Lagerung des gefriergetrockneten Fleisches

erfolgen die Fetthydrolyse und -oxydation. Während der Fleischlagerung bei erhöhter Temperatur wird eine besonders intensive Steigerung der Fettsäurezahl bemerkt. Die Fleischlagerung unter Vakuum oder in der Azotatmosphäre ermöglicht die Oxydationsveränderungen der Lipide zu verhüten.

Bei der Lagerung des Tröckenfleisches ändert sich also in Abhängigkeit von den Lagerungsbedingungen der Zustand von Eiweißstoffen und Fett. Die größte Stabilität von Eigenschaften des getrockneten Fleisches wird durch die Lagerung unter Vakuum und in der Azotatmosphäre erreicht. Dementsprechend sind die organoleptischen Werte der Gerichte, die aus dem unter Vakuum oder in der Azotatmosphäre gelagerten Fleisch zubereitet werden, die besten.

Nach dem technologischen Schema der Fleischkonservierung durch das Gefriertrocknen, das von dem Moskauer Technologischen Institut der Fleisch- und Milchwirtschaft und von dem Leningrader Technologischen Institut der Kältewirtschaft vorgeschlagen wurde, wird die Zufuhr von inaktivem Gas in die Trocknungsanlage vor deren Öffnen und in die Vakuumverpackung vorgesehen.

Die Rehydratation des Fleisches. Bei der Rehydratation des Trockenfleisches im Wasser wird die Zähigkeit und die niedrige Saftigkeit der aus diesem Fleisch zubereiteten Gerichte bemerkt. Diese Werte der organoleptischen Fleischeigenschaften hängen von dem Zustand der Eiweiße und deren Wechselwirkung mit dem Wasser ab. Die Fleischzähigkeit kann

beseitigt oder vermindert werden, wenn während dessen Rehydratation solche Bedingungen geschaffen werden, die die Wasseraufnahme der Eiweißstoffe und infolgedessen auch das Wasserbindungsvermögen des Fleisches erhöhen.

Unsere Untersuchungen (9) ergaben, daß die Rehydratation des Rindfleisches in den Natriumchlorid-, Phosphat- und Bicarbonatlösungen auf dessen Eigenschaften positiv einwirkt. Dabei nehmen das Wasserbindungsvermögen und die Plastizität zu, und die Konsistenz des Fleisches bessert sich bedeutend.

Neben den die Fleischkonsistenz bessernden chemischen Präparaten hat die Anwendung von proteolytischen Fermenten (Papzin, Phycin, Trypsin) zur Verminderung der Fleischzähigkeit eine besondere Bedeutung.

Die hohe Qualität des gefriergetrockneten Fleisches kann also erst im Falle der richtigen Rohstoffsauswahl, der entsprechenden Vorbereitung und der optimalen Bedingungen dessen **Lagerung** Trocknung, darauffolgenden **Lagerung** sowie Rehydratation erreicht werden.

Die Planung der industriellen Gefrier- und Trocknungsanlagen.
Bei der Untersuchung des Gefrier- und Trocknungsvorganges, bei der Analyse des Wärme- und Masseaustausches auf verschiedenen Gefrier- und Trocknungsstufen wurden folgende diesen Vorgang beeinflussende Faktoren bemerkt:

1. Die Dicke der einzelnen Stücke, die die Vorgangsdauer

199

bestimmt;

2. Die Faseranordnung. Bei der perpendikularen zur Oberfläche Faseranordnung bewegen sich die Feuchtigkeitsdämpfe durch die kürzesten Kapillare und Kanäle (Effusionsweg). Die parallele Faseranordnung verlängert den Weg und verschlechtert die Wasserentzugsbedingungen;

3. Das Wärmeentzugssystem, der wichtigste die Vorgangsintensität bestimmende Faktor;

4. Das Wasseraufnahmevermögen des Kondensators, das von dessen Konstruktion und Größe abhängt;

5. Die Vorgangsbedingungen. Die besonders optimalen Bedingungen für die Trocknung von Fleischstücken sind folgende:

die Temperatur während der Gefriertrocknung - von -10 bis -15°C,

die Temperatur des Produkts am Ende der Trocknung - +40°C;

die Kondensationstemperatur - von -30 bis -35°C;

der Restdruck im System - 0,1:1,0 mm Hg. Der Feuchtigkeitsentzug (80-90%) ist bei den Linustemperaturen durchzuführen.

Die Bestimmung und Untersuchung dieser Faktoren ermöglichen die Entwicklung und Begründung der Rechnungsmethodik des Gefriertrocknungsvorganges und Ausarbeitung von industriellen Gefriertrocknungsanlagen. Es ist besonders zu betonen, daß sich die vorgeschlagenen Methoden auf dem komplexen Stadium des gesamten Vorganges basieren und besonders auf den

technologischen Faktoren, die die Qualität der fertigen Produktion bestimmen.

Die unmittelbare Gefriertrocknung ist nur eine der Etappen des gesamten Konservierungsprozesses mit der Gefriertrocknungsmethode. Aber nicht weniger wichtig sind auch die Vorbereitung des Produktes (die Rohstoffsauswahl, die Unterbringung in die Formen, das Gefrieren, das Zerschneiden, das Verteilen auf den Blechlisten usw.) und die darauffolgende Vorbereitung zur Lagerung (das Auffüllen der Leerräume mit inaktivem Gas und das Verpacken in die Vakuumverpackung oder in der Atmosphäre von inaktiven Gas). Bei der Ausarbeitung der Projektierungsgrundlagen für die kontinuierlichen Industrieanlagen zur Konservierung der Lebensmittel mit der Gefriertrocknungsmethode sind alle diese Fragen zu lösen.

Die Besonderheit der vorgeschlagenen Methode zur Rechnung und Projektierung von kontinuierlichen Industrieanlagen besteht in der Berücksichtigung der spezifischen Gefriertrocknungsbedingungen. Diese Bedingungen verlangen das Entwickeln einer ganz neuen Methode zur Rechnung des Kondensators nach drei unabhängigen Größen (die spezifische Wärmeübertragung, die Eisaufnahme, der Typ der Feuchtigkeitskondensation unter den Bedingungen der niedrigen Temperaturen und Druck).

Die bei den Untersuchungen erhaltenen Angaben über die Durchlässigkeit einiger Lebensmittel für die Infrarotstrahlung ermöglichten die Rechnung und Ausarbeitung eines neuen

20

Systems für den Wärmeentzug durch hohe Temperaturen und Radiation.

Infolge der theoretischen und praktischen Untersuchungen, die von dem Moskauer Technologischen Institut der Fleisch- und Milchwirtschaft und dem Leningrader Technologischen Institut der Kältewirtschaft durchgeführt wurden, wurde eine neue industrielle Gefriertrocknungsanlage entwickelt. Dabei wurden die Erfahrungen des Rostower (am Don) Werkes "Smytschka" und die fortschrittliche ausländische Erfahrung ausgenutzt.

Dem Projekt nach ist die Anlage maximal mechanisiert und mit dem System der automatischen Kontrolle und der Wärmeentzugsregelung (die Programmsteuerung) versehen.

Die wichtigsten Besonderheiten der neuen Anlage sind folgende:

- a) der Wärmeentzug durch hohe Temperaturen (Lampen) und Radiation;
- b) die Abwesenheit von Dampfleitungen; der Sublimator und Kondensator sind in einen Block vereinigt;
- c) ein neuer Kondensatortyp mit beständig neu werdenden Arbeitsoberfläche.

Die auf dieser Grundlage entwickelte industrielle Versuchsanlage wird zur Zeit auf dem Leningrader Fleischkombinat geprüft.

Л и т е р а т у р а

1. Каухчешвили Э.И., Тимофеева Л.В. Мясн.индустр. СССР, 5, 1951.
2. Gerper D.K., Tappel A.L., *Advances in Food Research*, 7, 171, 1957.
3. Хахина Л.П. Сушка в пищевой промышленности. М.Профиздат, 125, 1958.
4. Журавская Н.К. Диссертация. М. 1952.
5. Hunt S.M., Matheson N.A. *Food Technol.* 8, 410, 1958.
6. Cole L.I., Smithes N.K. *Food Res.* 3, 363, 1960.
7. Sharp I.C. *Food Investig.Special Report*, 27, 1953.
8. Хахина Л.П. Диссертация. М. 1960.
9. Журавская Н.К. Каухчешвили Э.И., Алехина Л.Т., Тульчевский М.Г., Ясыревой В.А. Отчет МТИИМП за 1961 г.
10. Поповский В.Г. Сушка в пищевой промышленности. М. Профиздат. 1958.
11. Peterson E. *Die Fleischwirtschaft*, 9, 736, 1961.
12. Tappel A.L. *Food Research*, 21, 195, 1956.
13. Penny I.F. *Food Processing a.Packaging*, 29, 363, 1960.
14. Jones N.R. *Food Research*, 6, 704, 1959.
15. *Food in Canada*, 5, 7, 1960.
16. Penny T.F. *Chemistry a.Ind.* 11, 288, 1960.
17. Гуйго Э.И., Каухчешвили Э.И. Известия высших учебных заведений. Пищевая технология 6, 1961.
18. Гуйго Э.И., Каухчешвили Э.И. Теоретические основы проектирования сублимационных конденсаторов высокой производительности. Доклад на первом всесоюзном совещании по тепло- и массообмену. Минск. 1961.
19. Каухчешвили Э.И. Сушка в пищевой промышленности. М.Профиздат. 20. 1958.
20. Лыков А.В., Грязнов А.А. Молекулярная сушка. М.Пищепромиздат. 1956.
21. Синицын А.В. Опыт промышленной эксплуатации цеха сублимационной сушки. Ростов-на-Дону. 1958.

Зак.224 ВНИИМП

