

Sonderdruck aus der Zeitschrift

KÄLTETECHNIK

Band 2 (1950), Heft Nr. 8, Seite 190 bis 192

VERLAG C. F. MULLER KARLSRUHE

Dipl.-Ing. J. Gutschmidt

Das Auftauen von Gefrierprodukten durch Hochfrequenz-Erwärmung

Das Auftauen von Gefrierprodukten durch Hochfrequenz-Erwärmung

Von Dipl.-Ing. J. Gutschmidt

(Mitteilung aus der Forschungsanstalt für Lebensmittelfrischhaltung an der Technischen Hochschule Karlsruhe)

Durch das Gefrieren können geeignete Obst- und Gemüsearten bzw.-sorten besser als durch jedes andere Konservierungsverfahren in der ursprünglichen Qualität erhalten werden. Voraussetzung für diese Qualitätserhaltung ist nicht nur die Verwendung einer einwandfreien Ausgangsware, die sachgemäße Verarbeitung im Betrieb und das Durchlaufen einer lückenlosen Kühlkette bis zum Kleinhändler, sondern, vor allem bei Produkten, die wie Obst roh genossen werden, auch die Art des Auftauens.

Das Auftauen durch Wärmeleitung

Im Haushalt ist es üblich, Obst entweder in einer zugedeckten Schüssel oder in der Packung bei Zimmertemperatur so lange stehen zu lassen, bis es durchschnittlich eine zum Essen kalter Speisen angenehme Temperatur von 6 bis 12°C erreicht hat. Bei dieser Auftauart gleicht sich die Außenschicht eines Obstblockes von z. B. Pfirsichen in Zuckerlösung bald der Zimmertemperatur an, während der Kern noch lange gefroren bleibt. Erst wenn die Obstteile im Kern zu schmelzen beginnen, kann, ohne sie zu beschädigen, durch Mischen der äußeren und inneren Teile ein Temperatúrausgleich herbeigeführt werden. Da sich bei Zimmertemperatur die Qualität einiger Obstsorten oft innerhalb kurzer Zeit verschlechtert, wurde, um die Temperatur in den Randschichten niedrig zu halten, vielfach im Kühlschrank aufgetaut. Infolge der dazu erforderlichen langen Auftauzeit war jedoch die Qualität oft weniger gut erhalten; das Obst war nicht so frisch wie beim Auftauen im Zimmer. Ein Auftauen im Wärmeschrank bei Temperaturen zwischen 30 und 35°C erwies sich dagegen in vielen Fällen dem Auftauen im Zimmer überlegen. Voraussetzung allerdings war das Einhalten einer gleichmäßigen Temperatur. Da im Haushalt eine Einrichtung zur Aufrechterhaltung einer gleichmäßigen Temperatur zwischen 30 und 35°C nicht vorhanden ist, wird diese Auftauart für den normalen Haushalt kaum in Frage kommen. Als sehr gut brauchbar hat sich auch das Auftauen in einem verschlossenen Gefäß aus gut leitendem Material bei einer Beriesselung mit kaltem Wasser herausgestellt.

Die Vorteile des Auftauens durch H.F.-Erwärmung

Die Erfahrungen mit den verschiedenen Auftauarten zeigen deutlich, daß es zur Erhaltung der Qualität darauf ankommt, die Auftauzeit kurz und die Auftautemperatur möglichst niedrig zu halten. Die Auftaugeschwindigkeit ist jedoch nur durch eine Vergrößerung des Temperaturgefälles zwischen Randschichten und Kern, also durch eine Erhöhung der Auftautemperatur, zu steigern, wenn für einen guten Wärmeübergang zwischen Umgebung und Gefriergut gesorgt ist. Eine Möglichkeit zur gleichmäßigen Erwärmung eines gefrorenen Blocks im ganzen ist durch die Anwendung der H.F.-Erwärmung gegeben, da bei der kapazitiven Erwärmung im H.F.-Feld die Wärme nicht durch Leitung auf den Kern übertragen, sondern im ganzen Block gleichmäßig durch den schnellen Richtungswechsel der polaren Moleküle im Wechselfeld und die damit verbundene Reibung erzeugt wird.

Auftauversuche mit der H.F.-Erwärmung

Allgemeine Versuchsdurchführung

Nachdem bekannt wurde, daß in den USA das Auftauen von Gefrierprodukten mit der H.F.-Erwärmung nicht nur im Laboratorium sondern auch im Betrieb erfolgreich durchgeführt worden ist [1], wurden einige orientierende Versuche zur Klärung der Vorteile dieser Auftauart gegenüber dem normalen Auftauen mit einem von den *Siemens-Schuckert-Werken A.-G.* der Firma *Bronner & Heuß* in Wiesloch zur Verfügung gestellten H.F.-Generator „Ultratherm“ in der Normalausführung für die Kurzwellentherapie vorgenommen. Die Leistung des Geräts betrug ca. 400 Watt bei einer Frequenz von 50 MHz

(6 m Wellenlänge). Bei allen Versuchen wurden Schliephake-Elektroden mit einem Plattendurchmesser von 80 mm verwendet. Je nach der Probengröße und den verwendeten Auftaubehältern war der Abstand der Platten verschieden groß. Wenn die Netzspannung es zuließ, wurde mit der größten Heizspannung von 23 Volt gearbeitet. In den aufgeführten Beispielen betrug sie immer 23 Volt. Die Elektrodenspannung wurde nicht gemessen.

Aufgetaut wurden Himbeeren, Pfirsiche, Süßkirschen, verschiedene Obstsäfte, Melonen und Tomaten. Die Früchte waren lose oder in Zuckerlösung in $\frac{1}{2}$ Normalpackungen mit den Innenabmessungen 160×100×50 mm im Luftgefrierapparat gefroren und bis zum Auftauen drei bis sechs Monate bei -18°C gelagert worden. Zum Auftauen der in Zuckerlösung gefrorenen Früchte wurden Porzellanschüsseln mit einem unteren Durchmesser von 100 mm und einer Höhe von 70 mm, für die lose gefrorenen Früchte Bechergläser mit einem Durchmesser von 80 mm und einer Höhe von 100 mm verwendet. Die ganzen Tomaten wurden in einer Petrischale aufgetaut. Die mittlere Temperatur der Proben beim Beginn des Auftauens schwankte zwischen -18 und -15°C. In Tabelle 1 sind die verwendeten Probengrößen, der Plattenabstand, die Auftauzeiten und Endtemperatur der einzelnen Fruchtarten aufgeführt. Zum Vergleich wurde jeweils die Hälfte des Packungsinhalts im Laboratorium bei 20°C aufgetaut. Die Zeiten und Endtemperaturen sind in Tabelle 1 mit angegeben. Die Temperaturen der im H.F.-Feld aufgetauten Proben sind Mittelwerte aus Messungen an verschiedenen Fruchtteilen; sie wurden gleich nach der Behandlung gemessen. Die im Zimmer aufgetauten Proben wurden vor der Messung sorgfältig gemischt. Für alle Temperaturmessungen außerhalb des H.F.-Feldes wurden Quecksilberthermometer, für Messungen im H.F.-Feld Toluolthermometer verwendet.

Die Überprüfung des Temperaturanstiegs

Die Randschichten der im Zimmer aufgetauten Proben hatten, lange bevor die in Tabelle 1 angegebene Durchschnittstemperatur erreicht war, die Raumtemperatur angenommen, so daß sie längere Zeit schädigend auf die außen liegenden Teile einwirken konnte. Die Temperaturverteilung beim Auftauen von Pfirsichen in Zuckerlösung im H.F.-Feld wurde an mehreren Proben gemessen. Die Behandlung der Proben vor dem Auftauen, die Probengröße und die Einstellung des Generators waren die gleichen wie beim Auftauen der verschiedenen Produkte (siehe Tabelle 1 und 2). Für die ganze Versuchsreihe wurden einheitliche Pfirsiche der Sorte „Weiße Magdalene“ gewählt. Die Proben enthielten sechs bis neun Pfirsichhälften. Der H.F.-Generator wurde nach verschieden langer Zeit abgeschaltet und die Temperatur im Kern der einzelnen Pfirsichhälften, sowie in der geschmolzenen und erstarrt gebliebenen Zuckerlösung gemessen. Die Messung war möglich, da nach dem Auftauen die Pfirsiche — trotz der zum großen Teil abgelaufenen Zuckerlösung — wie im gefrorenen Zustand lagen. Dadurch konnte die Temperatur bei allen Versuchen an den gleichen Stellen des Blockes gemessen werden. In Tabelle 2 sind die an der gleichen Stelle gemessenen Temperaturen mit der gleichen Nummer bezeichnet worden.

An den Werten der Tabelle 2 ist die ungleichmäßige Verteilung der Temperatur im Obstblock beim Auftauen und Erwärmen auf eine Durchschnittstemperatur von 0 bis 18°C zu ersehen. Bei sieben der zehn Proben traten in einzelnen Teilen des Blocks sehr viel höhere Temperaturen auf als beim Auftauen im Zimmer. Die höchste Temperatur und gleichzeitig die größten Temperaturunterschiede innerhalb des Gutes wurden in der Probe 1 gemessen. Während ein Teil der Zuckerlösung noch fest war und die Schmelztemperatur von -4°C

hatte, wurde bei zwei Pfirsichhälften am Ende des Auftauvorganges eine starke Dampfbildung beobachtet. Im Kern dieser Hälften wurde nach der Entnahme der Probe aus dem H.F.-Feld eine Temperatur von 85°C gemessen. Eine Gesetzmäßigkeit der Temperaturverteilung in den einzelnen Proben ist nicht zu erkennen.

Tabelle 1. Auftauzeiten von tiefgefrorenem Obst bei H.F.-Erwärmung und bei Zimmertemperatur von 18°C

Fruchtart	Him-beeren	Pfirsiche	Süß-kirschen dunkel	Him-beersaft	Jo-hannis-beersaft	Melonen	Tomaten
Block-gewicht	250 g + 150 g Zl.	250 g + 150 g Zl.	250 g	375 g	375 g	150 g + 15 g Tr.Z.	80 g
Ab-messungen mm	100 × 80 × 50	100 × 80 × 50	lose im Glas 80 Ø	100 × 80 × 50	100 × 80 × 50	Rippen im Glas 80 Ø	einzel 50 Ø
Auftauen im H. F.-Feld	Platten-abstand mm	80	100	80	80	100	60
	Zeit Min.	11	10	7,5	12	13	4
	End-temp. °C	11	14	8	8	8	12
Auftauen im Raum bei 18°C	Zeit Std.	4,5	5	3,5	4	4	3,5
	End-temp. °C	20	14	10	8	9	8

Zl. = Zuckerlösung 35 Prozentig, Tr.Z. = Trockenzucker
Die angegebenen Temperaturen sind Mittelwerte.
Anfangstemperatur -18 bis -15°C.
Heizspannung 23 Volt.

Tabelle 2. Temperaturen innerhalb der im H.F.-Feld aufgetauten Pfirsichproben

Temperatur °C	Probe	Auftauzeit Minuten									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Pfirsichhälfte	1	+85	± 0	- 2	+ 5	+18	+28	+50	+10	+48	± 0
	2	+85	+ 5	+12	+10	+22	+14	+25	+33	+34	+ 5
	3	± 0	+26	+ 3	± 0	+43	+20	+18	- 2	+21	± 0
	4	- 1	- 1	+ 1	+ 1	+ 5	+ 8	+16	- 2	+ 4	+ 6
	5	± 0	+ 2	- 3	1	+ 2	+ 1	+12	+23	+35	+ 6
	6	+40	+12	± 0	+ 6	+ 1	- 2	+ 6	+25	+ 7	+12
	7	± 0	—	—	—	—	—	—	—	—	+ 7
	8	- 3	+ 6	+10	—	- 1	- 1	—	+ 1	—	—
	9	—	- 2,5	—	—	—	+45	—	—	—	+ 4
	10	—	-3,5	—	—	—	—	—	—	—	+ 6
Zuckerlösung	flüssig	+ 2	+3,5	+ 2	± 0	+ 9	+ 8	+ 8	+ 4	—	+ 8
	gefroren	- 4	- 4	- 4	- 4	- 4	- 4	- 4	- 4	- 4	- 4
	Nach dem Mischen	+ 6	+ 5	+ 2	± 0	+10	+12	+15	+ 6	+18	+ 7

Die Temperatur der Pfirsiche wurde in der Mitte der Fruchthälfte gemessen.
Verwendete Pfirsichsorte: Weiße Magdalene.
Probengewicht: 250 g + 150 g Zuckerlösung.
Blockgröße: 100 × 80 × 50 mm.
Heizspannung: 23 Volt.
Plattenabstand: 80 mm.

Die Ursache für diesen verschiedenen großen Temperaturanstieg beim Auftauen im H.F.-Feld ist neben den beim Abfließen der Zuckerlösung sich bildenden Übergangswiderständen in der Veränderung der elektrischen Leitfähigkeit und der Dielektrizitätskonstanten mit der Temperatur bzw. bei der Änderung des Aggregatzustandes zu suchen. Die Wirkleistung bei der H.F.-Erwärmung eines verlustbehafteten Dielektrikums ist

$$N = 2\pi f \cdot \mathfrak{B} \cdot \mathfrak{E}^2 \cdot \epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot \text{tg } \delta \text{ kW} \quad (1)$$

Darin bedeuten:

f = Frequenz [Hz]; \mathfrak{B} = Volumen des Dielektrikums [m³];
 \mathfrak{E} = Feldstärke [V/m]; ϵ_0 = Dielektrizitätskonstante im Vakuum = 8,86 · 10⁻¹² [Farad/m]; ϵ_r = relative Dielektrizitätskonstante des Dielektrikums; $\epsilon_r \cdot \text{tg } \delta$ = Verlustfaktor.

Die Temperaturerhöhung des Dielektrikums in der Zeiteinheit bei der H.F.-Erwärmung ist

$$\frac{\Delta \theta}{\Delta t} = \frac{0,239 \cdot N}{\mathfrak{B} \cdot \gamma \cdot c} \text{ °C/s} \quad (2)$$

$$\frac{\Delta \theta}{\Delta t} = \frac{13,3 \cdot 10^{-12} \cdot f \cdot \mathfrak{E}^2 \cdot \epsilon_r \cdot \text{tg } \delta}{\gamma \cdot c} \text{ °C/s} \quad (3)$$

Es bedeuten:

$\Delta \theta$ = Temperaturdifferenz [°C]; Δt = Zeitdifferenz [s];
 γ = Wichte [kg/m³]; c = spezifische Wärme [kcal/kg°C].

In Gleichung 3 kann man den Wert $\epsilon_r \cdot \text{tg } \delta / \gamma \cdot c$ als eine temperaturabhängige Materialkonstante ansehen.

Wenn der inhomogene Obstblock im Zustand des Schmelzens sehr vereinfacht als ein Dielektrikum aus zwei senkrecht zu den Elektroden liegenden Stoffen (Indizes 1 und 2) angesehen wird, so gilt — da die Feldstärke und die Frequenz gleichbleiben —

$$\frac{\Delta \theta_1}{\Delta t_1} : \frac{\Delta \theta_2}{\Delta t_2} = \frac{\epsilon_1 \cdot \text{tg } \delta_1 \cdot \gamma_2 \cdot c_2}{\epsilon_2 \cdot \text{tg } \delta_2 \cdot \gamma_1 \cdot c_1} \quad (4)$$

Mit zunehmender Temperatur des Eises nimmt dessen Leitfähigkeit und damit auch der Verlustfaktor $\epsilon_r \cdot \text{tg } \delta$ zu. Wenn nun beim Beginn des Auftauens eine ungleiche Temperatur im Obstblock vorhanden ist, wie es oft schon durch den Transport nach dem Generator der Fall sein kann, oder beim Erwärmen im H.F.-Feld infolge der unterschiedlichen Zusammensetzung — z. B. Obst in Zuckerlösung — gleich auftritt, wird der Verlustfaktor an der wärmeren Stelle größer. Die Folge ist eine stärkere Erwärmung als an den kälteren Stellen usf. Während die Materialkonstante vom Eis sich mit steigender Temperatur nur wenig erhöht, steigt sie — obgleich die spezifische Wärme und die Wichte des Wassers größer sind als die von Eis — beim Schmelzen der ersten Eiskristalle im Schmelzwasser sehr stark an, so daß damit ein starker Anstieg der Temperatur in den schon aufgetauten Teilen erfolgt. Die der Flüssigkeit benachbarten Eisteile werden somit im wesentlichen durch Wärmeleitung zum Schmelzen gebracht. Eine selbsttätige Regelung des Temperaturanstiegs tritt erst ein, wenn das ganze Eis geschmolzen ist und die Temperatur dann weiter erhöht werden soll. In diesem Abschnitt der Erwärmung werden, da die Dielektrizitätskonstante der wärmeren Schichten kleiner ist als die der kälteren, die letzteren stärker erwärmt. Meistens muß jedoch der Auftauprozeß abgebrochen werden, bevor alle Teile geschmolzen sind und ein Temperatursgleich abgewartet werden, um die gewünschte Eßtemperatur zu erreichen.

Die Bewertung der Qualität

Um den Einfluß der großen Temperaturunterschiede auf die Qualität zu untersuchen, wurden die im H.F.-Generator und parallel dazu im Wärmeschrank, bei Zimmertemperatur und im Kühlschranks aufgetauten Proben verschiedener Gefrierprodukte einer subjektiven Bewertung unterworfen. Für diese Bewertung wurde das Karlsruher Schema in der neuen Fassung [2] gewählt. Danach wird der Gesamtgütebereich von 0 bis 100% in zehn Abschnitte aufgeteilt und für die einzelnen Bereiche folgende Noten bzw. Prädikate gewählt:

Gütegrad in %	Note	Prädikat
95—100	10	vorzüglich
85—95	9	sehr gut
75—85	8	gut
65—75	7	ziemlich gut
55—65	6	befriedigend
45—55	5	genügend (mittel)
35—45	4	leichte Mängel
25—35	3	mangelhaft
15—25	2	schlecht
5—15	1	sehr schlecht
0—5	0	verdorben

Die Benutzung der Noten und die Bildung des Gesamturteils mit Hilfe von Wertziffern sind die gleichen wie bei der Bewertung mit fünf Noten nach dem Karlsruher Schema [3]. Bei den Pfirsichen wurden die üblichen Wertziffern: Geschmack 4, Geruch 2, Konsistenz 2, Farbe 1, Form 1 gewählt, während für die Kirschen abweichend davon für die Konsistenz 3 und für den Geruch 1 genommen wurde. Die für die einzelnen Eigenschaften erteilten Noten sind in Tabelle 3 aufgeführt. Die Auftauzeiten und die mittlere Temperatur für diese Proben wurden mit angegeben.

Tabelle 3. Subjektive Bewertung von verschieden aufgetautem Obst nach dem Karlsruher Schema
 Probengröße Pfirsiche 250 g + 150 g Zuckerlösung. Kirschen 250 g.

		Kühl- schrank +5°C	Zimmer +20°C	Wärme- schrank +35°C	H.F.- Gerät
Pfirsich Sorte Gelber Sämling	Auftauzeit	11 Std.	5 Std.	4 Std.	11 Min.
	Mittl. Endtemp. °C	11	14	13	10
	Farbe	7	5	10	9
	Form	8	7	9	8
	Geruch	4	5	5 ¹⁾	8
	Geschmack	4 ²⁾	5 ³⁾	8	9
	Konsistenz	7	7	7	8
Gesamturteil	5,3	5,6	7,5	8,5	
Pfirsich Sorte Weiße Magdalene	Auftauzeit	9 Std.	5 Std.	4 Std.	10 Min.
	Mittl. Endtemp. °C	8	12	20	14
	Farbe	2	3	6	8
	Form	6	5	5	7
	Geruch	3 ⁴⁾	7	7	8
	Geschmack	5	7	8	8
	Konsistenz	5	5	6	6
Gesamturteil	4,4	6,0	6,7	7,5	
Südkirschen Sorte Galbener	Auftauzeit	7½ St.	4 Std.	3 Std.	7½ Min.
	Mittl. Endtemp. °C	+8	+9	+12	+18
	Farbe	5	4	4	7
	Form	8	8	8	8
	Geruch	5 ⁵⁾	5 ⁵⁾	5 ⁵⁾	5 ⁵⁾
	Geschmack	4	5	5	6
	Konsistenz	6	6	6	6
Gesamturteil	5,2	5,5	5,5	6,2	

1) sehr schwach
 2) abgestanden
 3) leicht abgestanden

4) Kühlschrankgeruch
 5) fast geruchlos

Nach der subjektiven Bewertung der aufgetauten Produkte ergibt sich für die verwendeten Proben und dementsprechend für den Inhalt von Kleinpackungen nachstehende Rangfolge der verwendeten Auftauarten.

1. Auftauen durch H.F.-Erwärmung
2. Auftauen im Wärmeschrank bei 35°C
3. Auftauen im Zimmer bei 20°C
4. Auftauen im Kühlschrank bei 5°C

Das Auftauen durch H.F.-Erwärmung erwies sich trotz der Temperaturunterschiede innerhalb der Proben beim Auftauen (die Kostprobe fand erst nach dem Temperaturausgleich statt) als den anderen Auftauarten eindeutig überlegen. Diese Überlegenheit kam noch deutlicher bei einer zweiten, nach 24 Stunden durchgeführten Kostprobe heraus. Während die durch Wärmeleitung aufgetauten Proben sich beim offenen Stehen im Zimmer stark, z. T. bis ins Dunkelbraune, verfärbt hatten und abgestanden z. T. fremdartig und unangenehm schmeckten, war das Aussehen und der Geschmack der H.F.-behandelten Proben, obgleich sie unter denselben Bedingungen aufgehoben wurden, sehr viel besser erhalten geblieben. Natürlich hatten auch sie während der langen Standzeit an Qualität verloren.

Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen

Das Auftauen im Zimmer ist mit keinen, das Auftauen im Wärmeschrank mit geringen Kosten verbunden, dagegen wird das Auftauen mit dem H.F.-Generator teuer. Die erforderliche Abgabeleistung des Generators ist für die Temperaturerhöhung unter- und oberhalb des Gefrierpunktes und das Schmelzen des Wassers entsprechend Gl. (2):

$$N = \frac{G(c_0 \cdot \Delta\theta_0 + c_a \cdot \Delta\theta_a + x \cdot r_{sm})}{0,239} \text{ kW} \quad (5)$$

Darin bedeuten:

- G = Gewicht des in der Sekunde aufzutauenden Gefrier-
guts [kg/s];
- c_0 = spezifische Wärme des Gefrier-
guts unter dem Gefrier-
punkt [kcal/kg°C];
- c_a = spezifische Wärme des Gefrier-
guts über dem Gefrier-
punkt [kcal/kg°C];
- $\Delta\theta_0$ = Temperaturdifferenz unter dem Gefrierpunkt [°C];

$\Delta\theta_a$ = Temperaturdifferenz über dem Gefrierpunkt [°C];
 r_{sm} = Schmelzwärme [kcal/kg]; x = Wasseranteil des
 Gefrier-
guts.

Um für eine Überschlagsrechnung die für die H.F.-Erwärmung erforderliche Leistung in einfacher Weise ablesen zu können, wurde von Kinn [4] ein Diagramm entworfen. Der Wirkungsgrad von H.F.-Generatoren liegt bei etwa 50% [5, 6], so daß die aufgenommene Leistung doppelt so groß wie die nach Gleichung 5 berechnete Abgabeleistung ist. Die Anschaffungskosten des Generators betragen ca. 3000 DM/kW bei kleinen Leistungen, bei großen etwa die Hälfte, die Röhren kosten ca. 250 DM/kW. Nach Sherman [1] kann mit einer Lebensdauer des Generators von zehn Jahren und der Röhren von ca. 2000 Betriebsstunden gerechnet werden. Für die Instandhaltungskosten/Jahr rechnet er 5% der Anschaffungskosten. Unter Berücksichtigung dieser einzelnen Kosten ergibt sich für Amortisation, Röhren und Instandhaltung bei jährlich 2000 Betriebsstunden ein Betrag von 0,35 DM/kWh und mit einem Strompreis von 0,08 DM/kWh — für die Abgearbeit 0,16 DM/kWh — ein Gesamtpreis von 0,51 DM/kWh.

Zum Auftauen von 0,5 kg Obst mit einer spezifischen Wärme von 0,9 bzw. 0,45 kcal/kg°C, einem Wassergehalt von 90% und einer Schmelztemperatur von -1°C, ist, wenn die Temperatur in zwei Minuten von -20 auf +10°C erhöht werden soll, nach Gleichung 5 eine Abgabeleistung des Generators von 1,6 kW erforderlich. Die Kosten für das Auftauen dieser Menge würden damit ca. 0,03 DM betragen.

Für den Privathaushalt, auch wenn in ihm jeden Tag gefrorene Produkte gegessen werden, ist der Ausnutzungsgrad des Apparates zu gering, so daß für ihn der Gerätekosten wegen das Auftauen im H.F.-Feld nicht in Frage kommen dürfte. Für Hotels, Kliniken, Bäckereien, in denen regelmäßig größere Mengen gefrorener Lebensmittel bzw. Obst verwendet werden, kann jedoch ein H.F.-Generator beim Auftauen sehr wertvolle Dienste leisten. Nicht nur, daß durch seine Verwendung ein besseres Produkt auf den Tisch gebracht werden kann, auch die langen Wartezeiten fallen weg. So können z. B. im Hotel die Dessertfrüchte aufgetaut werden, nachdem der Gast die Bestellung aufgegeben hat. Auch für diese Betriebe wird jedoch die Beschaffung eines H.F.-Generators nur wirtschaftlich sein, wenn er laufend benutzt wird. Eine Wirtschaftlichkeitsberechnung ist daher vor der Anschaffung auf jeden Fall angebracht.

Zusammenfassung

Das Auftauen von Obst durch H.F.-Erwärmung wird mit dem Auftauen bei Zimmertemperatur, im Wärmeschrank und im Kühlschrank verglichen. Die Auftauzeiten beim Auftauen der untersuchten Proben im H.F.-Generator (Leistung ca. 400 Watt, Frequenz 50 MHz) betragen vier bis elf Minuten, während im Zimmer bei 20°C 3,5 bis 5 Stunden, im Wärmeschrank bei 35°C 3 bis 4 Stunden und im Kühlschrank bei 5°C 7,5 bis 11 Stunden erforderlich waren, um die entsprechenden Parallelproben aufzutauen. Obgleich infolge der Veränderung der elektrischen Konstanten während des Auftauens im H.F.-Feld die Temperaturunterschiede im Produkt größer waren als beim Auftauen im Zimmer bzw. im Wärmeschrank, war die Qualität der H.F.-aufgetauten Proben eindeutig den anderen überlegen. Da die H.F.-Erwärmung im Vergleich zu den anderen Auftauarten teuer ist, wird ihre Verwendung für den normalen Haushalt kaum in Frage kommen. Auch bei der Einführung des Auftauens durch H.F.-Erwärmung in größeren Wirtschaftsbetrieben wird die Wirtschaftlichkeit genau überprüft werden müssen.

Literatur

- [1] Sherman, V. W.: Electronic Heat in the Food Industries. Food Ind. 18 (1946) S. 506 und 628.
- [2] Plank, R.: A rational method for grading food quality. Food Technol. 11 (1948) S. 241.
- [3] Plank, R.: Die Wahl eines Bewertungsschemas für die Qualitätsprüfung von Gefriererzeugnissen. Vorratspflege und Lebensmittelorschung, VI (1943) S. 4.
- [4] Kinn, T. P.: These Charts Quickly Analyze Dielectric Heating. Food Ind. 21 (1949) S. 151.
 Siehe auch Gutschmidt, J.: Die Hochfrequenzenergieerwärmung in der Konservend-
 industrie. Die industrielle Obst- und Gemüseverwertung 35 (1950) (im Druck)
- [5] Franz, K.: Die elektrische Erwärmung. Elektrotechnik 2 (1948) S. 281.
- [6] Robertson, J. W.: Radio Power for Processing Chemical Materials. Ind. Eng. Chem. 36 (1944) S. 440.