

Das Verhalten der Mikroorganismen beim Kühlen und Gefrieren von Lebensmitteln

ref. 2.8

Von Dipl.-Ing. J. Gutschmidt, Bundesforschungsanstalt für Lebensmittelfrischhaltung, Karlsruhe

Die meisten Lebensmittel sind ein guter Nährboden für Mikroorganismen. Wenn Fleisch, Fisch, Milch, Brot, Obst u. a. in einem Raum gelagert werden, in dem eine für die Entwicklung der Mikroorganismen günstige Temperatur und Feuchtigkeit herrscht, vermehren sie sich außerordentlich schnell, so daß durch sie selbst und ihren Stoffwechsel bald alle diese Produkte stark verändert werden. An schwülen Sommertagen können Fleisch und frische Wurst innerhalb eines Tages ungenießbar, Milch sauer, empfindliches Beerenobst schimmelig werden.

Damit die Mikroorganismen Nahrung aufnehmen und sich vermehren können, müssen nicht nur die Lebensmittel einen hohen Wassergehalt haben, sondern es muß auch eine genügende Wassermenge in der sie umgebenden Luft vorhanden sein. Während einige Schimmelpilzarten sich bereits bei einer relativen Luftfeuchte von 70 v. H. und einer entsprechenden Grenzfeuchte am Lebensmittel vermehren können, erfordern andere eine Mindestfeuchte von 85 bis 90 v. H. Bakterien brauchen eine noch höhere Luftfeuchte, um sich gut zu entwickeln; sie beginnen erst bei einer Grenzfeuchte von 95 v. H. zu wachsen. Während für das Wachstum von Schimmelpilzen eine relative Luftfeuchte von 95 bis 97 v. H. am günstigsten ist, gedeihen Bakterien am besten auf einer stark wasserhaltigen Oberflächenschicht in der Nähe einer 100%igen Luftfeuchte.

Die Vermehrung der Mikroorganismen ist stark von der Temperatur abhängig. Nach dem für ihre Entwicklung optimalen Temperaturbereich unterscheidet man niedrige Temperaturen liebende (kryophile), mittlere Temperaturen liebende (mesophile) und hohe Temperaturen liebende (thermophile) Mikroorganismen. Thermophile Mikroorganismen wachsen am besten bei 50 bis 65° C, unter 45° C und über 80° C vermögen sie sich nicht mehr zu vermehren. Im allgemeinen sterben die vegetativen, das sind die aktiv lebenden Formen, schnell ab, wenn die Temperatur über 65° C ansteigt. Mesophile Mikroorganismen, zu denen pathogene und

lebensmittelvergiftende Arten gehören, bevorzugen eine Temperatur von 30 bis 40° C. Die weitaus meisten Arten stellen ihr Wachstum ein, wenn die Temperatur unter + 10° C abfällt oder über 50° C ansteigt. Nur einige wenige Arten vermögen sich noch bis zu einer Temperatur von + 4° C langsam zu vermehren (s. Bild). Bei Lebensmitteln wird also die Vermehrung dieser Arten unterbunden, wenn sie im Kühlschrank unter + 4° C gelagert werden.

Manche Bakterien bilden unter ungünstigen Lebensbedingungen, z. B. bei ungenügender Feuchtigkeit Dauerformen. Während die vegetativen Formen absterben, wenn die Lebensmittel höheren Temperaturen ausgesetzt werden, überleben die Dauerformen wesentlich höhere Temperaturen ohne geschädigt zu werden und können sich beim Auftreten günstiger Wachstumsbedingungen erneut vermehren. Um diese Sporen zu zerstören, muß daher die Konservenindustrie die eingedosten Lebensmittel im Autoklaven bei über 100° C sterilisieren.

Die kryophilen oder psychophilen Mikroorganismen vermehren sich am stärksten im Temperaturbereich von 15 bis 20° C. Ihr Wachstum geht zwar mit sinkender Temperatur zurück; aber es vermögen sich, wie das Bild zeigt, viele Arten auch noch bei einer Kühlraumtemperatur bis nahe 0° C schnell zu vermehren. Allerdings wird im Bereich von -1 bis +1°, d. h. unmittelbar über dem Gefrierbeginn, die Anzahl der vermehrungsfähigen Stämme und ihr Wachstum bereits stark eingeschränkt.

Durch die Eisbildung beim Gefrieren wird den Mikroorganismen das zur Aufnahme von Nahrung erforderliche Wasser entzogen. Wenn das gesamte ungebundene Wasser gefroren ist, vermögen sich auch auf empfindlichen Lebensmitteln keine Mikroorganismen mehr zu entwickeln. Solange jedoch noch genügend flüssige Substanz vorhanden ist, können sich einige kryophile Mikroorganismenarten auch auf den gefrorenen Lebensmitteln vermehren. Bakterien stellen ihr Wachstum bei einer Temperatur von etwa

—7° C, bei der rund 10 v. H. des freien Wassers in stark wasserhaltigen Produkten noch nicht gefroren sind, praktisch ganz ein, und unter —10° C vermögen sich normalerweise auch die anspruchslosen Pilze und Hefen nicht mehr zu vermehren.

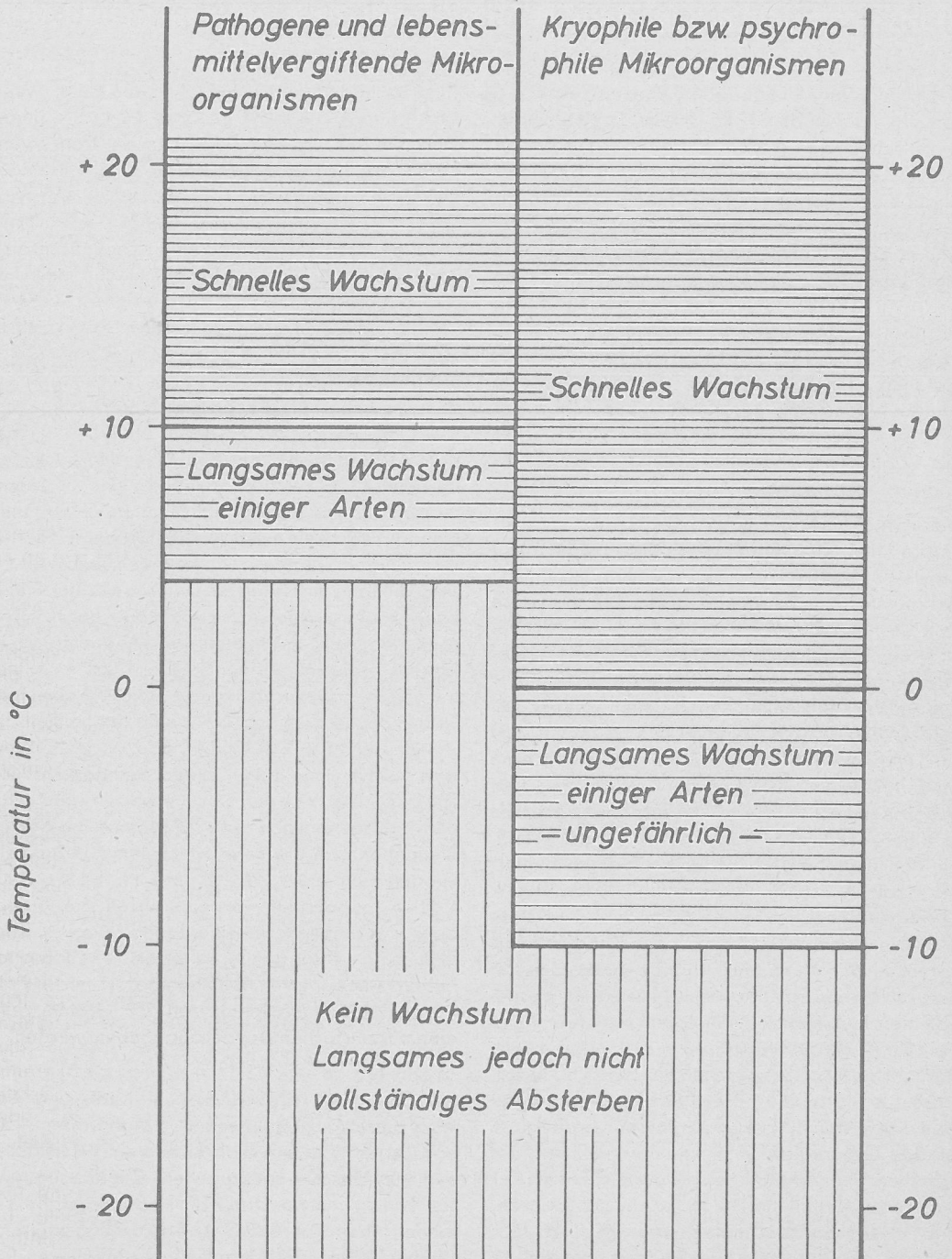
Beim Gefrieren stellt nicht nur eine Mikroorganismenart nach der anderen ihr Wachstum entsprechend der Temperatur und dem Eisanteil ein, sondern die Keimzahl geht mehr oder weniger stark zurück. Dieser Rückgang ist nicht nur auf die Senkung der Temperatur, sondern auch auf die Eisbildung zurückzuführen. Wie ein Versuch zeigte, waren in einer auf —3° C unterkühlten Nährlösung 97 v. H. und in der gefrorenen Lösung bei der gleichen Temperatur nur 2 v. H. der Mikroorganismen noch lebendig. Üblicherweise überleben auf Fleisch und Gemüse 30 bis 70 v. H. und auf Obst 5 bis 10 v. H. der Ausgangskeime den Gefrier- und Auftauprozeß. Während der Gefrierlagerung nimmt die Keimzahl um so schneller ab, je höher die Lagertemperatur gewählt wird. Bei der üblichen Gefrierlagertemperatur von —18° C und tiefer geht die Keimzahl nur wenig zurück. Auf gefrorenen Brechbohnen überlebten z. B. 80 v. H. der nach dem Gefrieren vorhandenen Bakterien eine Lagerdauer von 8 Monaten bei —18° C. Auch die ansteigende Zahl der lebensfähig bleibenden Mikroorganismen zeigt, daß die Veränderungen tiefgefrorener Lebensmittel um so geringer sind, je tiefer die Lagertemperatur gewählt wird.

Wenn die gefrorenen Lebensmittel über —10° C gelagert werden, sterben zwar die meisten Arten von Mikroorganismen schnell ab, so daß die Keimzahl anfangs stark zurückgeht; kälteresistente Arten vermögen sich aber jetzt schon so zu vermehren, daß ihre Keimzahl bei längerer Lagerung die Qualität des Gefrierguts bestimmt. Auf gefrorenen Bohnen, die bei —7,5° C gelagert wurden, begann z. B. nach einer Ruhepause von vier Monaten ein starkes Wachstum kälteresistenter Hefen, das nach weiteren vier Monaten zum Verderb der Bohnen führte. Nicht nur wegen der mit der Temperatur schnell ansteigenden chemischen Veränderungen, sondern auch wegen der Vermehrung von Mikroorganismen sollten Temperaturen über —12° C für die

langfristige Lagerung gefrorener Lebensmittel nicht angewendet werden.

Selbst wenn man Gefrierprodukte sehr lange bei den üblichen Temperaturen von —18° C und tiefer lagert, werden diese keineswegs steril; auf 11 Jahre lang gelagertem Gemüse wurden noch über 10000 Mikroorganismen pro Gramm gefunden. Die Art und Anzahl der überlebenden Mikroorganismen ist außer von der Temperatur während des Gefrierens und der Gefrierlagerung von der Art der Lebensmittel sowie von ihrem Zustand, d. h. von ihrer Infektion vor Beginn der Gefrierkonservierung abhängig. Da auch lebensmittelvergiftende Bakterien das Gefrieren und die Gefrierlagerung zu überleben vermögen, dürfen die Lebensmittel bei der Vorbereitung für das Gefrieren auf keinen Fall sorgloser behandelt werden, als wenn sie für den Frischverzehr bestimmt sind. Je sauberer die Gefrierprodukte verarbeitet werden, desto besser sind die aus ihnen hergestellten Gerichte.

Nach dem Auftauen beginnen mit steigender Temperatur die auf dem Gefriergut noch vorhandenen Mikroorganismen sich langsam zu vermehren bis die Keimzahl, wenn sich die Temperatur der optimalen Wachstumstemperatur der jeweiligen Art nähert, schnell ansteigt. Im allgemeinen wird angenommen, daß nach dem Auftauen infolge des durch den Gefrierprozeß etwas zurückgegangenen Wasserbindungsvermögens und der dadurch bedingten feuchteren Oberfläche des Gefriergutes, die Mikroorganismen einen besseren Nährboden finden und sich z. B. auf aufgetautem Fleisch schneller entwickeln als auf frischem. Versuche ergaben jedoch, daß aufgetautes Fleisch und Gemüse unter den gleichen Lagerbedingungen mikrobiell nicht schneller verderben als frische Parallelproben. Auch wenn das Wachstum der Mikroorganismen infolge der geringeren Keimzahl und der noch tiefen Temperatur unmittelbar nach dem Auftauen nur zögernd einsetzt, so muß der Verbraucher deshalb doch aufgetaute Gefrierprodukte mit der gleichen Sorgfalt behandeln, wie gleichartige frische. Es ist stets vorteilhaft, tiefgefrorene Lebensmittel unmittelbar nach dem Auftauen oder — wenn möglich — aus dem gefrorenen Zustand heraus zuzubereiten und zu verbrauchen.



Wachstumsgrenzen verschiedener Mikroorganismen im Temperaturbereich von -20 bis $+20^{\circ}\text{C}$ nach Elliot und Michener. Entnommen dem Buch „Das Kühlen und Gefrieren von Lebensmitteln im Haushalt und in Gemeinschaftsanlagen“ von J. Guttschmidt, DLG-Verlags-GmbH, Frankfurt/Main, 1964.