

ENZYME UND IHRE BEDEUTUNG FÜR DIE HITZEKONSERVIERUNG

(Dipl.-Ing. H. Korn, Konserven-Techniker-Schule Neumünster am Konserven-Institut Neumünster e.V., Kurzfassung eines Vortrages auf dem 105. Seminar des KIN vom 16. - 18.4.1975)

Die Haltbarkeit von Konserven ist nicht allein schon dadurch gegeben, daß die Mikroorganismen ausgeschaltet werden. Besonders bei Hoch-Kurz-Erheizungen muß auch eine ausreichende Inaktivierung von Enzymen erreicht werden.

Enzyme sind hochmolekulare, eiweißähnliche Stoffe. Sie sind vorwiegend zusammengesetzt aus einem Eiweißbestandteil (Apoenzym) und einem Nichteiweiß (Coenzym). Erst in der Kombination werden sie wirksam. Bekannt sind mehr als 1000 Enzyme, die Zahl der unbekanntenen Enzyme dürfte noch weit höher liegen.

Enzyme sind Bio-Katalysatoren, d.h., sie setzen stoffliche Reaktionen in Gang oder beschleunigen diese, ohne selbst an diesen Reaktionen beteiligt zu sein. Dadurch werden sie selbst nicht verbraucht, obwohl ihre Wirkung infolge Alterung mit der Zeit schwächer werden kann. Durchschnittlich verändert ein Enzymmolekül pro Minute etwa 10000 Substratmoleküle. Die Reaktionsgeschwindigkeit ist dabei von den verschiedensten Faktoren abhängig, wie z.B. vom pH-Wert, dem Produkt, dem a_w -Wert, der Temperatur u.a.

Enzymatische Reaktionen sind substratspezifisch, d.h. ein bestimmtes Enzym setzt nur einen bestimmten Stoff auf eine bestimmte Art um. Für eine bestimmte Reaktion muß das Enzym zum Substrat wie der Schlüssel zum Schloß passen.

Die Enzyme haben für den Auf- und Abbau organischer Substanzen eine entscheidende Bedeutung. Bei der Haltbarmachung von Lebensmitteln sind sie aber unerwünscht, da sie Konsistenz, Farbe, Geruch und Geschmack bis hin zum Verderb verändern können.

Die Wirkung von Enzymen kann stark verlangsamt werden, z.B. durch Tiefkühlung, oder die Enzyme werden inaktiviert, d.h. durch höhere Temperaturen zerstört. Bei manchen geschieht dies schon bei Temperaturen über 40° C, manche dagegen können u.U. Temperaturen von 130° C überstehen.

Enzyme werden nicht unterschieden nach ihrer Hitzewiderstandsfähigkeit, sondern nach ihrer Wirkungsweise. Dabei erfolgt die Benennung so, daß an die durch das Enzym bewirkte Reaktion die Endung -ase angehängt wird. Die wichtigsten Enzymgruppen sind:

1. Die Hydrolasen

Sie spalten hochmolekulare Nahrungsbestandteile (Polysaccharide, Eiweiße, Fette) unter Anlagerung von Wasser in kleinere, meist wasserlösliche Bausteine (Monosaccharide, Aminosäuren, Fettsäuren).

1.1 Glykosidasen

(z.B. Amylase, Glucosidase). Sie bauen Polysaccharide zu Monosacchariden um.

1.2 Proteasen

(z.B. Endo- und Exopeptidasen). Sie bauen Protein über Polypeptide ab bis hin zu den Aminosäuren.

1.3 Esterasen

(z.B. Lipase). Sie bauen Triglyceride ab zu Glycerin und Fettsäuren.

2. Transferasen

(z.B. ATP = Adenosintriphosphat) übertragen Atomgruppen von einem Molekül zum anderen.

3. Oxidoreduktasen

(z.B. Peroxidase, Phenoloxidasen) übertragen Wasserstoff und Elektronen von einem Substrat auf ein anderes, d.h. sie wirken zugleich oxidierend und reduzierend.

In allen Nahrungsmitteln kommen mehrere Enzyme vor. Um zu überprüfen, ob durch die Hitzebehandlung die vorliegenden Enzyme ausreichend inaktiviert wurden, genügt es, die Inaktivierung des hitzeresistentesten Enzyms nachzuweisen. Derartige hitzeunempfindliche "Richtenzyme" sollen in den weiteren Betrachtungen nur noch behandelt werden.

Die hitzeunempfindlichsten Enzyme in **Fleischprodukten** sind die Esterasen. Sie werden etwa bei Temperaturen von 80° C - 90° C inaktiviert. Da Fleischprodukte meistens mit Temperaturen über 100° C ausreichend lange behandelt werden, kann der Einfluß von Enzymen auf Fleischkonserven vernachlässigt werden.

Anders ist es bei **Obst- und Gemüseprodukten**. Die hitzewiderstandsfähigsten Enzyme sind hier die Peroxidasen und die Polyphenoloxidasen. Beide Enzyme bewirken unter Anwesenheit von Wasserstoffperoxid bzw. Luftsauerstoff eine Oxidation von farblosen Phenolen oder phenolartigen Verbindungen zu Farbstoffen, d.h. das Produkt verfärbt sich. Derartige Erscheinungen können auch schon bei der Vorbehandlung der Rohware auftreten. Durch pH-Wert-Senkung (Zusatz von ca. 0,1 % Zitronensäure oder 0,2 - 0,5 % Ascorbinsäure) kann die Reaktion verlangsamt werden, wobei Ascorbinsäure wegen der reduzierenden Wirkung besonders geeignet ist.

Beispiel: Das Braunwerden frisch angeschnittener Äpfel wird verhindert, wenn etwas Zitronensaft auf die Schnittstelle geträufelt wird.

Da von beiden Enzymen die Peroxidase hitzeunempfindlicher ist, wird dieses Enzym als Maßstab für eine zur Inaktivierung der Enzyme ausreichende Hitzebehandlung benutzt.

Die Inaktivierung von Enzymen verläuft nach ähnlichen Gesetzmäßigkeiten wie die Abtötung von Mikroorganismen. Wesentliche Faktoren sind also Temperatur und Zeit der Hitzebehandlung unter Berücksichtigung spezieller Produktfaktoren. Somit läßt sich analog zum F-Wert ein **E-Wert** für die Enzyminaktivierung festlegen bzw. ermitteln.

Dabei kann man einmal jeder Temperatur über 60° C pro Minute eine Inaktivierungsrate zuordnen und aus der Summe aller Raten den gesamten E-Wert errechnen, wie dies bei der Ermittlung des F-Wertes häufig gemacht wird. Da die E-Werte je nach Produkt unterschiedlich sind, muß für jedes Produkt eine Tabelle vorliegen, bzw. ausgerechnet werden.

Die Berechnung erfolgt nach der Formel:

$$\frac{T - 100}{z}$$

$$E = t \cdot 10$$

t = Zeit in min. / T = Temperatur (° C) / z = z-Wert (° C)

Ebenfalls geeignet, besonders beim Fehlen entsprechender Tabellen, ist ein anderes Verfahren. Dabei wird in halb-logarithmisches Papier eine E-Wert-Kurve bzw. -gerade ein-

getragen. Im Vergleich mit dem erreichten F-Wert ist dann sofort zu erkennen, ob die Enzymaktivierung ausreichend war. In der Tabelle 1 sind einzelne E-Werte aufgeführt.

Tabelle 1: Angaben zur Ermittlung optimaler Erhitzungsbedingungen für Produkte mit einem pH-Wert < 4,5

| Produkt | ph-Wert*) | hitzeresistente Verderbniserreger | $D_{(0^{\circ}C)}^{(0^{\circ}C)}$ -Werte | Keimzahl | F_{200}^{16} -Wert | $E_{212(100^{\circ}C)}$ -Wert |
|-----------------|-----------|--|--|----------------------|----------------------|--|
| Zitronensaft | 2,5 | Acidophile Hefen Lactobacillus Leuconostoc spp. Lactobacillus plantarum | $D_{65,5}^{0,5-1,0}$ | | 0,1 | $E_{74^{\circ}C}=0,03^{**}$ $z=5,5^{\circ}C$ (11) |
| Pflaumen | 2,9 | | | | 0,2 | |
| Stachelbeeren | 3,0 | | | | 0,5 | |
| Sauergemüse | 3,0 | | | D_{65}^{5-16} (21) | 0,5 | |
| Renecloiden | 3,2 | | | | 0,8 | |
| Rhabarber | 3,2 | | | | 0,2 - 0,4 | |
| Mandarinen | 3,2-3,4 | | | | 1,0 - 2,0 | |
| Grapefruitsaft | 3,2 | | | | 0,2 - 0,4 | $E=0,003^{**}$ $z=5,5^{\circ}C$ (11) |
| Aprikosen | 3,2-4,0 | Schimmelpilze: Paecilomyces sp. (9) | $D_{95}^8=2,0-2,6$ | 10^4 | 1,0 - 8,0 | |
| Äpfel | 3,3 | | | | 0,2 - 0,6 | $E=0,7 - 0,75$ $z=15-18,5^{\circ}C$ (14) |
| Brombeeren | 3,3 | | | | 0,2 - 0,6 | |
| Orangensaft | 3,5-3,8 | | | | 0,6 - 0,8 | |
| Ananas | 3,5 | Clostridium pasteurianum (1) | $D_{100}^{0,1-0,5}$ | | 0,8 | $E=0,03^{**}$ $z=5,5^{\circ}C$ (11) |
| Erdbeeren | 3,5-4,0 | | | | 0,4 | |
| Konfitüren | 3,5 | | | | 0,8 | |
| Sauerkirschen | 3,5 | Hefen: Saccharomyces fragilis, Pichia membranaefaciens, Saccharomyces sp. (4) | $D_{65,5}^{7,0}=0,25$ | 10^8 | 0,2 - 0,4 | $E=0,08 - 0,6$ $z=16-17,5^{\circ}C$ (4) |
| Sauerkraut | 3,5-3,9 | | | | 0,5 | |
| Saure Gurken | 3,5-3,8 | Hefen (4) | | | 0,5 - 1,0 | $E=0,48$ $z=17^{\circ}C$ (14) |
| Heidelbeeren | 3,7 | Schimmelpilze: Byssochlamys fulva (13) Byssochlamys nivea (1) | | | 0,5 | |
| Süßkirschen | 3,8 | | $D_{87,8}^{4,75}=10$ | 10^4 | 0,6 - 2,5 | |
| Guayabas | 3,8 | | $D_{82,2}^{10}$ | | 0,8 | |
| Nektarine | 4,0 | | | | 1,5 - 8,0 | |
| Pfirsiche | 4,0 | Schimmelpilze: Paecilomyces sp. (9) Bacillus polymyxa, macerans (1) | $D_{95}^8=2,0-2,6$ | 10^4 | 1,5 - 8,0 | $E=0,08$ $z=16,5^{\circ}C$ (14) |
| Birnen | 4,0 | Schimmelpilze: Byssochlamys fulva (13) Clostridium pasteurianum (1) | | 10^4 | 1,3 - 10 | $E=0,62 - 0,82$ $z=14 - 17,5^{\circ}C$ (14) |
| Delikateßgurken | 3,6-4,1 | Hefen (4) | | | 0,5 - 1,0 | $E=0,48$ $z=17^{\circ}C$ (14) |
| Tomaten | 4,2-4,5 | Bacillus coagulans Bacillus polymyxa Bacillus macerans | $D_{93,3}^{13,4}$ $D_{100}^{0,1-0,5}$ | | 2 - 10 | $E_{90^{\circ}C}=0,7^{**}$ (13) |
| Tomatenmark | 4,2-4,5 | | | | 1 - 5 | $E_{90^{\circ}C}=0,7^{**}$ (13) |

**) Pektinesterase