

# IM REICH DER ENZYME

Die Fleischverarbeitung kommt um Enzyme nicht herum. Diese hochmolekularen Eiweißverbindungen spielen eine Schlüsselrolle bei den chemischen Prozessen in Pflanzen, Tieren und Menschen.

Der Mensch nutzte über Jahrhunderte durch Enzyme unterstützte Abläufe, ohne die tatsächlichen Hintergründe zu kennen. Zu den Begründern der Enzymforschung zählt Louis Pasteur. Für das Umwandeln von Zucker in Alkohol erkannte er die katalytische Funktion von in Hefezellen vorhandenen Fermenten. Das Wort Enzym wurde um 1876 durch Wilhelm Kühne geprägt und entstand aus dem griechischen „en zyme“ (= in der Hefe) und hat sich gegenüber der Bezeichnung Ferment (lat. fermentum = Gärungsmittel) durchgesetzt. Dem Nobelpreisträger Eduard Buchner gelang es 1897, Enzyme aus Hefen zu isolieren. 30 Jahre später separierte erstmals James Sumner ein Enzym in Kristallform (Urease aus Bohnenextrakten).

## Namen und Klassen

Nach der seit 1961 gültigen internationalen Nomenklatur werden für den praktischen Gebrauch Trivialnamen verwendet. Diese setzen sich aus dem Namen des Substrats, der Bezeichnung der Reaktion und ggf. noch einem Zusatz zusammen. Alte Namen, z. B. Pepsin und Trypsin, können weiterhin verwendet werden. Für Enzyme existiert darüber hinaus ein internationales Klassifizierungssystem, die EC-Nummern. Es ordnet Enzyme in sechs Hauptklassen: Oxidoreduktasen, Hydrolasen, Lyasen, Ligasen, Isomerasen und Transferasen. Diese Hauptklassen ergeben sich aus den Reaktionen, die die Enzyme katalysieren.

Innerhalb einer Hauptklasse erfolgt eine weitere Unterscheidung. Diese berücksichtigt die chemischen Bindungen, welche durch das Enzym entstehen oder aber gelöst werden. So entstehen Unterklassen und weitere, unter diesen liegende Klassen mit den entsprechenden Unter-Nummerierungen in vier Ebenen. Die erste Hauptklasse z. B. enthält mehr als 20 Unterklassen, derzeit EC 1.1.1.1 bis EC 1.99.2.6. Zu dieser Hauptklasse zählen Dehydrogenasen, Oxidasen, Oxygenasen und Reduktasen.

## Synthetische Enzyme

Bereits in den 50er Jahren entwickelten sich aus dem Stand der damaligen Enzymforschung Anstrengungen, im Labor organische Katalysatoren zu synthetisieren. Das Ziel war, Organismen durch gezielte genetische Veränderungen z. B. für technische Zwecke nutzbar zu machen. Heute ist der überwiegende Teil der in der Industrie eingesetzten Enzyme gentech-

nisch verändert. Synthetische Enzyme, die sich nicht aus in der Natur existierenden Molekülen zusammensetzen, wurden erstmalig 2014 im Laboratory of Molecular Biology der Universität Cambridge, England, erzeugt.

## Enzyme und Schlachten

Nach dem Schlachten eines Tieres unterliegt das Fleisch enzymatisch gesteuerten Umsetzungen, in deren Verlauf Totenstarre und Fleischreifung auftreten. Das Glykogen der Muskeln wird vergärt, es bildet sich Milchsäure, die die Eigenschaften des Fleisches beeinflusst. Unterliegen die Tiere vor dem Schlachten Stress, können Wirkungen auf glykolytische Enzyme festgestellt werden. Das Ausprägen von Merkmalen von PSE- oder DFD-Fleisch wird unterstützt. ATPase spaltet Adenosintri-phosphat; nachdem 80 % seines ursprünglichen Inhaltes im Fleisch gespalten sind, beginnt die Totenstarre (Rigor mortis).

Für das Reifen des Fleisches während des Abhängens sind im Muskel alle notwendigen Enzyme zu finden. Das Auflockern des Muskelgewebes und das Zerstören von Proteinstrukturen erfolgt durch Cathepsine, Calpaine und Kalpasen, sowie Kollagenasen, die die Peptidbindungen spalten. Das Ergebnis sind Peptide und Aminosäuren. Andere Enzyme spalten Nucleotide und bilden Extraktivstoffe, die den Fleischgeschmack und das Fleischaroma bilden. Es besteht auch die Möglichkeit, vor dem Schlachten Enzyme (z. B. das pflanzliche Enzym Papain) in die Blutgefäße des Tieres zu bringen. Dadurch wird das Auflösen des Muskelfaserbündels, das Zartmachen (Tenderisierung) und die Zunahme des Wasserbindungsvermögens bewirkt. Aus Tierschutzgründen sollte dies erst nach Betäuben des Tieres durchgeführt werden.

Auch eine postmortale Injektion kann erfolgen. Tumbeln ist eine weitere Möglichkeit, die Verteilung der Enzyme im Fleisch zu verbessern. Mit Hilfe von Thermitase kann Fleisch so vom Knochen gelöst werden, dass es zentrifugal



## THE WORLD OF ENZYMES

*Meat processing is not possible without the help of enzymes. These high-molecular protein compounds play a key role in the chemical processes that take place in plants, animals and humans.*

**F**or centuries, man used enzyme-assisted processes without knowing their true background. Louis Pasteur was one of the founders of enzyme research. He recognized the catalytic function of fermenters present in yeast cells for the conversion of sugar into alcohol. The word enzyme was

Continue reading on page 15

Continued from page 14

coined around 1876 by Wilhelm Kuehne, and originated from the Greek "enzyme" (= in the yeast) and has prevailed over the term "ferment", derived from the Latin "fermentum" (= fermenting agent). Nobel laureate Eduard Buchner succeeded in isolating enzymes from yeasts in 1897. Thirty years later, James Sumner separated an enzyme in crystal form (urease from bean extracts) for the first time.

### Names and classifications

In accordance with the international nomenclature rules, in place since 1961, working names, or trivia names, are used for practical use. These are composed of the name of the substrate, the name of the reaction and, if necessary, an additional element. Old names, e.g. pepsin and trypsin, can still be used.

For enzymes there is also an international classification system: the EC numbers. It classifies enzymes into six main categories: oxidoreductases, hydrolases, lyases, ligases, isomerases and transferases. These main categories are derived from the reactions



**Nach dem Schlachten unterliegt das Fleisch enzymatisch gesteuerten Umsetzungen. / After slaughtering the meat is subject to enzymatically controlled transformations.**

that catalyse the enzymes.

A further distinction is made within the individual main category. This takes into account the chemical bonds which are formed or dissolved by the enzyme. This creates sub-categories and

other categories below these with the corresponding sub-numbering in four levels. The first main category for example, contains more than 20 sub-categories, currently EC 1.1.1.1 to EC 1.99.2.6. This category includes dehydrogenases, oxidases, oxygenases and reductases.

### Synthetic enzymes

Even back in the 1950s the state of research at that time led to efforts in synthesizing organic catalysts in labs. The aim was to make organisms useful for technical purposes, for example, through targeted genetic modifications. Today the majority of the enzymes used in industry are genetically modified. Synthetic enzymes, which are not composed of naturally occurring molecules, were first produced in 2014 in the Laboratory of Molecular Biology at the University of Cambridge, England.

### Enzymes and slaughtering

After an animal is slaughtered, the meat is subject to enzymatically controlled transformations, during which rigor mortis and meat maturation occur. The glycogen in the muscles is fermented, and lactic acid is formed, which influences the properties of the meat. If the

Foto: Colourbox.de



**Wir denken nicht an Probleme sondern an Lösungen**



### Füllstromteiler mit Doppelmesser Linear

- ▶ Vorsatzgerät zur Herstellung unterschiedlichster Formen wie z. B. Klößchen, Knödel, Cevapcici, Schupfnudeln oder Krokette
- ▶ Doppelmesser sind aufgrund der Linerartechnologie frei positionierbar. Kraft, Geschwindigkeit und Beschleunigung sind beliebig einstellbar
- ▶ Bis zu 1.000.- Port./min.
- ▶ Hohe Portioniergenauigkeit
- ▶ 4 reihiger Füllstromteiler
- ▶ Verschleißarmes, schnelles und präzises Schneiden

**FREY**  
Maschinenbau

Heinrich Frey  
Maschinenbau GmbH  
Fischerstraße 20  
D-89542 Herbrechtingen  
Telefon: +49 7324 1720  
info@frey-maschinenbau.de

getrennt werden kann. Dies verbessert beim Herstellen von Fleischextrakt die Ausbeute.

### Enzyme und Fleischverarbeitung

Alle diese natürlichen oder technologischen Abläufe verändern die bindegewebsbedingte Zähigkeit noch nicht in gewünschtem Maße. Dazu sind weitere Prozesse erforderlich, wie das Erhitzen, Einlegen in Milch- oder Essigsäure oder das Reifen von rohen Fleischprodukten wie Rohwurst.

Der gezielte Einsatz von Enzymen bei der Wurstherstellung ist heute Standard. Auf diesem Weg befindet sich die Transglutaminase. Sie ist ein bedeutsames Enzym insbesondere beim Herstellen von Kochschinken und restrukturiertem Fleisch. Die Transglutaminase katalysiert das Verbinden der Proteinfasern an der Stelle der freien Aminogruppen. So entsteht ein Netzwerk, das die Struktur verbessert. Damit hat sie die Rolle eines „Klebstoffs“ für eiweißreiche Lebensmittel. Es kann die Fleischstruktur (z. B. PSE, Schinken) verbessern, sowie ein „Steak“ aus Fleischstücken zusammensetzen und verkleben. Zu den Enzymen, die im Fleisch und anderen Lebensmitteln uner-

*Continued from page 15*

*animals suffer from stress before they are slaughtered, the effects on glycolytic enzymes can be determined. The development of characteristics of PSE (pale, soft, exudative) or DCB (dark cutting beef) meat is supported. ATPase decomposes adenosine triphosphate; once 80% of its original content in the flesh is split, rigor mortis begins.*

*For the maturing of the meat during the hanging process, all the necessary enzymes can be found in the muscle. The loosening of the muscle tissue and the destruction of protein structures occur through cathepsins, calpains and calpases, as well as collagenases, which cleave the peptide bonds. This produces peptides and amino acids. Other enzymes cleave nucleotides and form extractive substances that form the meat's flavour and aroma. It is also possible to introduce enzymes (e.g. the plant enzyme papain) into the blood vessels of the animal before slaughtering. This causes the dissolution of the muscle fibre composite, which causes tenderizing and the increase in the water binding capacity.*

*In the interest of animal welfare, this should only be carried out after the animal has been anaesthetized.*

*Post-mortal injection can also be performed. Tumbling is another way to improve the distribution of enzymes in the meat. Using the enzyme thermolysin, meat can be detached from the bone in such a way that it can be separated centrifugally. This improves the yield when preparing meat extract.*

### Enzymes and meat preparation

*All these natural or technological processes still fall short of altering the toughness caused by connective tissue to the extent desired. For this, further processes are required, such as heating, feeding in milk or acetic acid, or ripening raw meat products such as raw sausage. The targeted use of enzymes in sausage production is now standard practice. This is how the transglutaminase is located. It is an important enzyme, especially in the production of cooked ham and restructured meat. The transglutaminase catalyses the bonding between the protein fibres and the free amine groups. This creates a network that improves the structure. It has the*



**Für das Reifen des Fleisches während des Abhängens finden sich im Muskel alle notwendigen Enzyme. /**  
*For the maturing of the meat during the hanging process all the necessary enzymes are present in the muscles.*

Foto: Colourbox.de

Continued from page 16



Alle chemischen Vorgänge sind temperatur- und zeitabhängig. / All chemical processes are reliant on temperature and time.

wünschte Reaktionen katalysieren, zählen die Lipasen. Für den Menschen als Verdauungsenzym essentiell, können bei Lebensmitteln durch Lipasen Fette gespalten und die freigesetzten Fettsäuren unangenehmen Geschmack und ranzigen Geruch verursachen. Beim Herstellen von Schmalz werden sie durch Erwärmen deaktiviert.

Lipasen finden wegen Ihrer Eigenschaft auch Einsatzgebiete in der Lebensmittelindustrie, wie etwa zum Entfetten von Eiweißprodukten (Hühnereiklar). Enzyme im Blut haben Bedeu-

tung bei der Blutgerinnung (Trombin, Thrombokinase), ihr Wirken ist bei der Blutentnahme zu verhindern.

### Enzyme, Temperatur und pH-Wert

Alle chemischen Vorgänge sind temperatur- und zeitabhängig. Bei einer Erhöhung der Temperatur um 10°C verdoppelt bis vervierfacht sich ungefähr die Reaktionsgeschwindigkeit. Diese Regel gilt auch für enzymatische Reaktionen, jedoch nur in einem bestimmten Temperaturbereich. Oberhalb des Temperaturoptimums, das meist bei 37°C liegt, beginnt das Enzymmolekül zu denaturieren und die Reaktionsgeschwindigkeit sinkt sehr steil ab.

Die meisten Enzyme werden zwischen 60 und 80°C deaktiviert. Es gibt aber auch Ausnahmen. Pflanzenproteasen werden erst oberhalb von 80°C und Muskelphosphatasen bei 70°C nach 90 Min. inaktiviert. Es ist davon auszugehen, dass die Bedeutung von (synthetischen) thermostabilen Enzymen für die Lebensmittelindustrie zukünftig zunimmt.

Bei niedrigen Temperaturen sind Enzyme noch aktiv, z. B. bei gefrorenem Fleisch (unter -18°C) können die mikrobiellen Proteasen noch aktiv

role of an "adhesive" for food rich in protein. It can improve the meat structure (e.g. PSE, ham), as well as assembling and 'gluing' a "steak" of meat pieces.

Enzymes that catalyze unwanted reactions in meat and other food include lipases. Essential for humans as a digestive enzyme, lipases can cleave fats in foodstuffs and cause the released fatty acids to acquire an unpleasant taste and rancid smell. In the production of lard, lipases are inactivated through heating. Due to their properties, lipases are also used in the food industry, for example in the degreasing of protein products (chicken egg white). Enzymes in the blood are important for blood coagulation (thrombin, thromboplastin); when taking blood samples, their action must be prevented.

### Enzymes, temperature and pH levels

All chemical processes are reliant on temperature and time. If the temperature increases by 10°C, the reaction rate increases by a factor of between approximately two and four. This

Foto: Colourbox.de

## RS 920: Revolutionäre Hackfleischproduktion



www.risco.de



### Die innovative Lösung von RISCO zur Herstellung von Hackfleisch.

Der RISCO RS 920 Hochleistungsportionierer ist ein zukunftsweises Portioniersystem, mit dem alle Arten von Hackfleisch in bester Produktoptik hergestellt werden können. Das Konzept aus kontinuierlichem Füllen und Schneiden macht das RS 920 äußerst gewichtsgenau und extrem schnell (bis 220 Port./Min.)

#### Die Vorteile:

- Perfekte Produktoptik
- Geringe Verschleiß- und Wartungskosten
- Minimaler „Give-Away“
- Höchste Gewichtsgenauigkeit
- Füllwolf mit Servoantrieb
- Trenn- und Sortiervorrichtung



Partner in your success

sein. Sie verursachen dann den Qualitätsverlust oder gar das Verderben von Fleisch, obwohl hier keine mikrobielle Wirkung stattfand. Neben der Temperatur beeinflusst der pH-Wert die katalytischen Fähigkeiten der Enzyme. Dieser Effekt ist postmortal bedeutsam. Im schlachtwarmen Zustand zeigen z. B. Cathepsine und Peptidasen nur eine geringe Aktivität. Diese erhöht sich mit dem Absinken des pH-Werts auf 5 bis 6.

Die Tätigkeit einzelner Enzyme des Citratzyklus kann auch analytisch genutzt werden, um das Vorliegen von gefrorenem Fleisch zu beweisen. Beim Einfrieren des Fleisches bilden sich Eiskristalle, welche die Zellorgane (Mitochondrien) schädigen. Die Enzyme gelangen dabei in den Fleischsaft. Ihre Aktivität in diesem Exsudat ist ein Beweis der Beschädigung der Zellstruktur, zu der es durch das Einfrieren kam.

### Schlussbemerkungen

Enzyme beschleunigen oder verzögern biochemische Reaktionen. Sie sind auch für Veränderungen nach dem Tode der Zellen verantwortlich. Neben den natürlichen Enzymen kommen zunehmend gentechnisch veränderte Enzyme zum Einsatz, in der Fleischverarbeitung in der gesamten Produktionskette von der Tierernährung bis zum Endprodukt.  
Dr. Heinz Schleusener & Petr Pipek



Neben den natürlichen kommen in der Fleischverarbeitung zunehmend gentechnisch veränderte Enzyme zum Einsatz. /  
In the processing of meat, in addition to natural enzymes, genetically modified enzymes are being used on an increasing scale.



Continued from page 17

rule also applies to enzymatic reactions, but only in a certain temperature range. Above the temperature limit, usually at 37°C, the enzyme molecule starts to denature and the reaction rate decreases very sharply. Most enzymes are inactivated at between 60 and 80°C. However, there are exceptions. Plant proteases are only inactivated above 80°C, and muscle phosphatases at 70°C after 90 minutes. It is to be assumed that the importance of (synthetic) thermostable enzymes will increase in the future for the food industry.

At low temperatures, enzymes are still active: for example in frozen meat (below -18°C) the microbial proteases can still be active. They then cause the quality of meat to drop or even spoil it, although no microbial effect has taken place.

Besides the temperature, the pH level influences the catalytic abilities of enzymes. This effect is significant at the post-mortem stage. In freshly slaughtered meat for example, cathepsins and peptidasen show evidence of only minor activity. This increases though as the pH level decreases to 5 to 6.

The activity of individual enzymes of the citrate cycle can also be used in analysis to verify the presence of frozen meat. During the freezing of the meat, ice crystals form which damage the cell organs (mitochondria) and the enzymes enter the meat juices. Their activity in this exudate is evidence of the damage to the cell structure caused via freezing.

### Final remarks

Enzymes accelerate or delay biochemical reactions. They are also responsible for changes that occur after the death of the cells. In addition to natural enzymes, genetically modified enzymes are being used on an increasing scale. In the processing of meat, this applies right along the entire production chain from the animal nutrition (feedstuffs) to the end product. Dr. H. Schleusener & Petr Pipek