

## C 2 Milch als Nahrungsmittel

Säugetiere ernähren ihre Jungen mit Milch, die in speziellen Milchdrüsen gebildet und meist über Zitzen abgegeben wird. Einige Wiederkäuer werden von Menschen als Nutztiere gehalten, da ihre Milch auch als Nahrung genutzt werden kann.

1. An Galaktosämie erkrankte Menschen können den mit der Muttermilch zugeführten Milchzuckerbestandteil Galaktose aufgrund eines Enzymmangels nicht in Glucose umwandeln. Die dadurch bedingte Anreicherung von Galaktose im Blut führt zu schweren Stoffwechselstörungen und letztlich zu Schädigungen von Leber und Gehirn. Die folgende Abbildung zeigt den Stammbaum einer Familie, in der Galaktosämie auftritt:

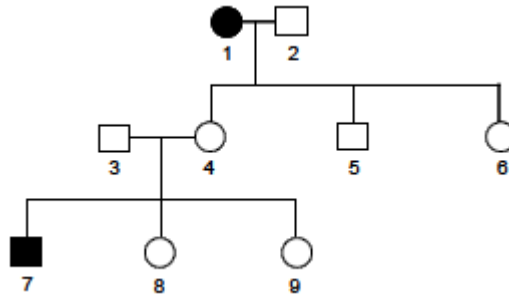


Abb. 1: Stammbaum einer Familie, in der Galaktosämie auftritt

1.1. Leiten Sie anhand des Stammbaums den Erbgang der Galaktosämie ab und schließen Sie hier nicht zutreffende Erbgänge begründet aus! Geben Sie alle möglichen Genotypen der Personen 1-4 und 7-9 an! 6 BE

1.2. Den drei Geschwistern 7-9 aus obigem Stammbaum wurde jeweils kurz nach ihrer Geburt eine identische Menge Galaktose verabreicht. Nach einem genau festgelegten Zeitpunkt  $t$  wurde der Galaktose-Gehalt in deren Blut ermittelt (s. Abb. 2).

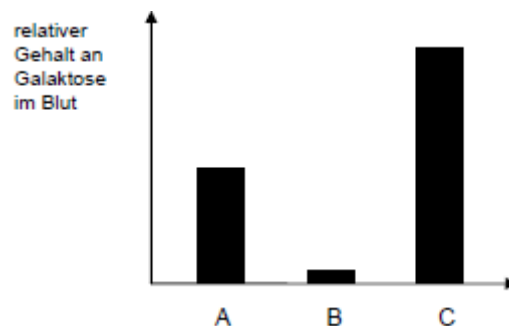


Abb. 2: Relativer Gehalt an Galaktose im Blut der Testpersonen

Ordnen Sie den Messwerten A, B und C – soweit möglich – die entsprechenden Personen 7-9 aus dem Stammbaum (Abb.1) zu und erläutern Sie den Zusammenhang zwischen Zusammenhang zwischen dem Galaktose-Gehalt im Blut und den Genotypen der drei Geschwister!

6 BE

2. Aus dem Labmagen junger Wiederkäuer lässt sich das Enzym Chymosin gewinnen. In Gegenwart dieses Enzyms, das v. a. in der Käseherstellung verwendet wird, wird das Eiweiß Casein aus der Milch ausgefällt.

2.1. Folgende DNA-Sequenz zeigt einen Ausschnitt aus dem Chymosin-Gen (codogener Strang) von der Base Nummer 355 bis Base 366:

DNA: 3' ... TTA CTG TAG TGG ... 5'

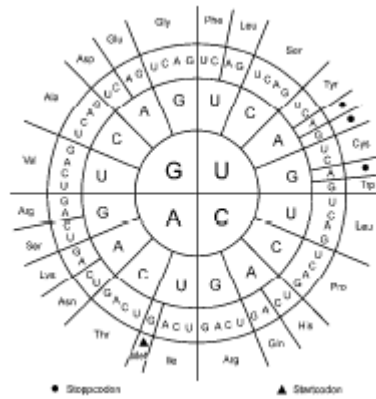


Abb. 3: Code-Sonne (Leserichtung von innen nach außen)

Leiten Sie unter Angabe der entsprechenden mRNA-Sequenz die Aminosäuresequenz ab, die vom angegebenen Genausschnitt codiert wird! 5 BE

2.2 Eine bekannte Mutation des Chymosin-Gens durch einen Basenaustausch an Stelle 358 führt zu einem veränderten Protein. Vergleicht man die Enzymaktivität dieser beiden Chymosine, so ergibt sich folgender Zusammenhang:

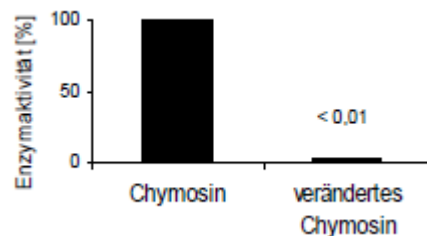
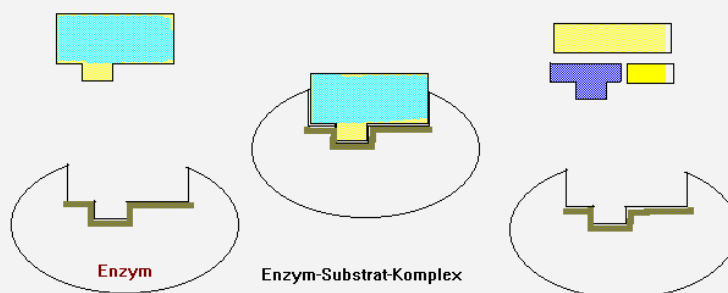


Abb. 4: Relative Enzymaktivität von Chymosin und des veränderten Chymosins

Erklären Sie mithilfe einer beschrifteten Skizze die unterschiedliche Aktivität der beiden Chymosine auf Basis einer allgemeinen Modellvorstellung zur Wirkungsweise von Enzymen! 7 BE

Modellvorstellung:



Enzyme enthalten stets dreidimensional gefaltete Proteine. Eine bestimmte Region, die Substrattasche ist so gebaut, dass nur das Substrat angelagert werden kann: Enzym-substrat-Komplex.

Bei geänderter Proteinstruktur kann u.U. das Substrat nicht mehr angelagert werden.

2.3. Für die Käseherstellung wird auch ein gentechnisch hergestelltes Chymosin mit dem Namen „Chymogen“ als Lab-Ersatzstoff verwendet. Dieses Enzym wird durch Bakterien (*E. coli*), die ein Hybridplasmid mit dem „Chymogen“-Gen enthalten, produziert. Beschreiben Sie mithilfe beschrifteter Skizzen eine Methode zur Herstellung von Hybridplasmiden. 6 BE

- mithilfe von Restriktionsenzymen (molekularen Scheren) wird DNA, die das gewünschte Gen enthält, geschnitten und durch geeignete Verfahren (z.B. Markierung mit einer Gensonde) das zu übertragende Gen identifiziert.

- Dieser DNA-Abschnitt wird als sog. "Passagier"-DNA in ein Transportmolekül (Vektor) eingebaut, mit dessen Hilfe es möglich ist, das fremde Gen in die Empfängerzelle einzuschleusen. Als "Genfähren" können Plasmide eingesetzt werden
- Zu diesem Zweck müssen die Plasmide geöffnet werden. Man verwendet dazu das gleiche Restriktionsenzym, mit dem die Fremd-DNA behandelt wurde.
- Anschließend mischt man die geöffneten Plasmide und die Fremd-Gene und fügt als "genetischen Kleber" DNA-Ligasen (Enzyme) hinzu. Dadurch wird der Einbau der Fremd-DNA in den Plasmidring erreicht. Das Ergebnis sind rekombinierte Hybridplasmide.
- Die geschlossenen Hybridplasmide werden im nächsten Schritt in plasmidfreie Mikroorganismen eingeschleust, wo sie sich im Zellteilungszyklus vermehren.

3. Bei erwachsenen Personen mit genetisch bedingter Lactose-Intoleranz kommt es nach - ie Verbreitung der Lactose-Toleranz nach dem Konsum von Milch oder Milchprodukten zu Bauchkrämpfen, Übelkeit oder Durchfällen. Folgende Tabelle gibt eine Übersicht über die Verbreitung der Lactose-Toleranz in verschiedenen Regionen der Erde.

Tab.: Verbreitung der Lactose-Toleranz in verschiedenen Regionen der Erde

Region	Anteil der lactose-toleranten Personen in der Bevölkerung [%]	Tradition der Milchwirtschaft in den jeweiligen Kulturen
Südostasien	2	kurz
Südamerika	25	mittel
Mitteleuropa	85	lang

Begründen Sie aus evolutionsbiologischer Sicht den Zusammenhang zwischen dem Anteil der lactosetoleranten Personen einer Bevölkerung und der Dauer der Milchwirtschafts-Tradition in den verschiedenen Gruppen!  
6 BE

4. Käse ist ein wichtiges Nahrungsmittel für den Menschen und besteht hauptsächlich aus Proteinen und Fetten. Kaubewegungen reduzieren die Partikelgröße des Käses auf ca. 1-2 mm<sup>3</sup>. Im Verdauungssystem setzt dann der enzymatische Abbau ein. Folgendes Diagramm zeigt die Abhängigkeit der enzymatischen Abbauraten von der Partikelgröße der Nahrung:

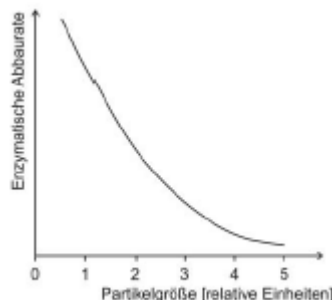


Abb. 5: Abhängigkeit der enzymatischen Abbauraten von der Partikelgröße

Erklären Sie den Zusammenhang zwischen der Partikelgröße und der enzymatischen Abbauraten aus biochemischer Sicht!  
4 BE