

Vorgesehene Bearbeitungsdauer für diese Aufgabe: **60 Minuten**

Gesamtdauer der Klausur gemäß VV zu § 14 Absatz 1 APO-GOST: 90–135 Minuten

Thema: Die Regulation des Glucoseabbaus (60 Minuten)

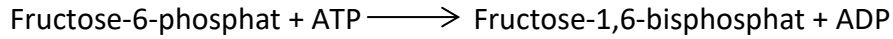
Der Glucoseabbau ist der zentrale Prozess im Energiestoffwechsel aller Lebewesen. Die Regulation des Glucoseabbaus ist daher von entscheidender Bedeutung für den Organismus.

Aufgabenstellung:

1. Stellen Sie die Bedeutung von $\text{NADH} + \text{H}^+$ für die ATP-Erzeugung in Mitochondrien dar. (5 BE)
2. Beschreiben Sie die in Abbildung 1 gezeigten Ergebnisse (M 1). Analysieren Sie diese im Hinblick auf die Regulation der Phosphofruktokinase (M 1). (10 BE)
3. Entwickeln Sie die dem Experiment zugrunde liegende Hypothese und werten Sie das Experiment (Tabelle 2) diesbezüglich aus (M 2). (5 BE)
4. Nehmen Sie Stellung zum Zitat (M 1 bis M 3). (5 BE)

M 1 Das Enzym Phosphofructokinase

In eukaryotischen Zellen wird der Glucoseabbau an mehreren Stellen reguliert. Eine zentrale Rolle kommt dabei dem Enzym Phosphofructokinase (PFK) zu. Es katalysiert folgende Reaktion:



In einer Untersuchung wurde die relative Geschwindigkeit der Fructose-1,6-bisphosphat-Synthese bei konstanter Konzentration von Fructose-6-Phosphat untersucht (Abbildung 1).

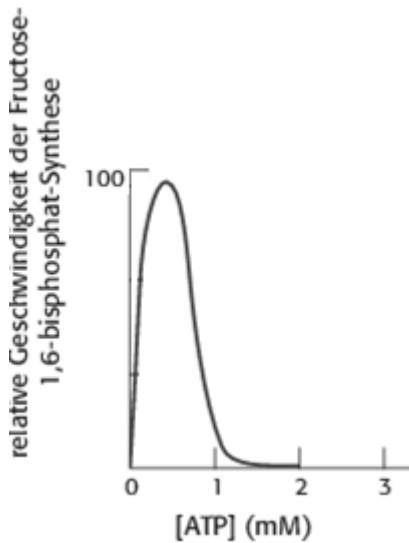


Abbildung 1 Relative Reaktionsgeschwindigkeit der Synthese von Fructose-1,6-bisphosphat durch die Phosphofructokinase in Abhängigkeit von der ATP-Konzentration

M 2 Das Nahrungsergänzungsmittel Niacin

Niacin - früher auch als Vitamin B3 bekannt - zählt zu den Nahrungsergänzungsmitteln, d. h. zu Lebensmittelprodukten, die zur unterstützenden Versorgung des menschlichen Stoffwechsels mit Vitaminen oder Mineralstoffen eingenommen werden können. Niacin ist ein Sammelbegriff für drei Vorstufen des NAD⁺, die im Körper zu NAD⁺ bzw. zu NADH + H⁺ umgewandelt werden.

In einem Experiment wurde über sechs Wochen zehn ausgewachsenen Mäusen Futter mit einer bedarfsgerechten Menge an Niacin (30 mg pro kg Körpergewicht) zugeführt, während eine Vergleichsgruppe Futter erhielt, das mit Niacin (750 mg pro kg Körpergewicht) angereichert war. Während der sechs Wochen wurde die Gewichtsentwicklung festgehalten sowie mehrfach die Leistungsfähigkeit der Mäuse auf einem Laufband unter kontrollierten Bedingungen gemessen.

Tabelle 1: Auswirkungen von Niacin auf die Leistungsfähigkeit von Mäusen

	Mäuse mit bedarfsgerechter Niacin-Zufuhr	Mäuse mit hoher Niacin-Zufuhr
Zu Versuchsbeginn		
Gewicht (g)	18,5	19,2
Gelaufene Distanz (m)	156	153
Sauerstoffbedarf (ml/Min/kg)	73,3	72,1
Geschwindigkeit (cm/sec)	32,5	32
Dauer (sec)	699	685
Zu Versuchsende		
Gewicht (g)	22,4	22,3
Gelaufene Distanz (m)	147	142
Sauerstoffbedarf (ml/Min/kg)	72,7	71,6
Geschwindigkeit (cm/sec)	32,2	31,7
Dauer (sec)	664	641

M 3 Aus der Werbung

Der Markt für Nahrungsergänzungsmittel gilt als zukunftssträftig und wird stark beworben. Das unten stehende Zitat stammt aus einem Artikel eines Gesundheitsportals:

„Für mehr Energie

Vitamin B3 ist Bestandteil von NAD bzw. NADH (Nicotinamid-Adenin-Dinucleotid-Hybrid), einem Coenzym im Bereich der Energiegewinnung in der Zelle. Je mehr NADH vorhanden ist, umso mehr Energie kann gebildet werden.“

Vorgesehene Bearbeitungsdauer für diese Aufgabe:

60 Minuten

Gesamtdauer der Klausur gemäß VV zu § 14 Absatz 1 APO-GOST: 90–135 Minuten

Thema: Die Regulation des Glucoseabbaus (60 Minuten) <i>Lösungsvorschlag</i>	BE (AFB)	Erreichte BE
1		
<p>Darstellen Im Verlauf der Glykolyse, der oxidativen Phosphorylierung und des Citratzyklus wird $\text{NADH} + \text{H}^+$ gebildet. Dieses überträgt seine Elektronen über verschiedene Redoxsysteme der Atmungskette auf Sauerstoffmoleküle. Die Elektronentransportkette der Redoxsysteme der Atmungskette ermöglicht den Transport von Protonen aus der Matrix in den Intermembranraum der Mitochondrien. Der entstehende Protonengradient führt zur ATP-Synthese durch die in der inneren Mitochondrienmembran lokalisierte ATP-Synthase, d. h. $\text{NADH} + \text{H}^+$ ist von entscheidender Bedeutung für die ATP-Erzeugung.</p>	5 (I)	
2		
<p>Beschreiben Ohne ATP liegt die relative Geschwindigkeit, mit der Fructose-6-Phosphat umgesetzt wird, bei null. Liegt die ATP-Konzentration zwischen etwa 0,1 und 0,5 mM, so erhöht sich die relative Geschwindigkeit, mit der Fructose-6-Phosphat umgesetzt wird, auf maximal 100 %. Ab einer Konzentration von 0,5 mM ATP nimmt die Enzymaktivität ab. Ab einer ATP-Konzentration von 1,5 mM liegt die relative Geschwindigkeit wieder bei null.</p>	3 (I)	
<p>Analysieren Das Enzym PFK überträgt eine Phosphatgruppe von ATP auf Fructose-6-phosphat. Es entsteht Fructose-1,6-bisphosphat, das weiter abgebaut werden kann. Die PFK-Aktivität ist abhängig von der ATP-Konzentration. Ohne ATP fehlt das Substrat, daher beträgt die relative Geschwindigkeit der Umsetzung null. Bei einer hohen ATP-Konzentration ist ein weiterer Glucoseabbau zur Bereitstellung von weiterem ATP nicht notwendig. Das Enzym Phosphofruktokinase wird in seiner Aktivität gehemmt. Im Fall der Phosphofruktokinase ist ATP selbst der Inhibitor. Daher liegt eine Hemmung dieses Enzyms durch eines seiner Substrate vor.</p>	5 (II) 2 (III)	
3		
<p>Entwickeln Das Experiment untersucht die Hypothese, ob eine erhöhte Zufuhr von Niacin über die Nahrung zu einer Leistungssteigerung bei Mäusen führt.</p> <p>Auswerten Zwischen der Kontrollgruppe und der Versuchsgruppe lässt sich zu Versuchsbeginn kaum ein Unterschied feststellen. Die erhöhte Gabe von Niacin führt nach sechs Wochen nicht zu einer Leistungssteigerung bei der Versuchsgruppe. Die Hypothese wird durch das Experiment widerlegt.</p>	3 (II) 2 (III)	
4		
<p>Stellung nehmen Die in der Nahrung enthaltene Energiemenge kann nicht durch die Einnahme von Niacin-Produkten erhöht werden. Eine erhöhte Zufuhr von Niacin führt nicht zu einer gesteigerten ATP-Produktion, da hohe ATP-Konzentrationen die Aktivität der Phosphofruktokinase hemmen. Damit wird der weitere Glucoseabbau gestoppt. Daher lässt sich die ATP-Menge nicht einfach über Zufuhr von Niacin-Präparaten erhöhen. Auch der in der Anzeige verwendete Begriff Energiegewinnung ist falsch, da Energie nicht neu produziert werden kann.</p>	4 (II) 1 (III)	
	25	

KLP-Bezüge

Inhaltliche Schwerpunkte und Aspekte	Stoff- und Energiebilanz von Glykolyse, oxidative Decarboxylierung, Tricarbonsäurezyklus und Atmungskette Stoffwechselregulation auf Enzymebene Chemiosmotische ATP-Bildung Redoxreaktionen
Konkretisierte Kompetenzerwartung	stellen die wesentlichen Schritte des abbauenden Glucosestoffwechsels unter aeroben Bedingungen dar und erläutern diese hinsichtlich der Stoff- und Energieumwandlung erklären die regulatorische Wirkung von Enzymen in mehrstufigen Reaktionswegen des Stoffwechsels nehmen zum Konsum eines ausgewählten Nahrungsergänzungsmittels unter stoffwechselphysiologischen Aspekten Stellung
Übergeordnete Kompetenzerwartung	S1 beschreiben biologische Sachverhalte sowie Anwendungen der Biologie sachgerecht S2 strukturieren und erschließen biologische Phänomene sowie Anwendungen der Biologie auch mithilfe von Basiskonzepten E2 identifizieren und entwickeln Fragestellungen zu biologischen Sachverhalten E9 finden in erhobenen oder recherchierten Daten Strukturen, Beziehungen und Trends, erklären diese theoriebezogen und ziehen Schlussfolgerungen E14 stellen bei der Interpretation von Untersuchungsbefunden fachübergreifende Bezüge her K9 nutzen geeignete Darstellungsformen für biologische Sachverhalte und überführen diese ineinander B1 analysieren Sachverhalte im Hinblick auf ihre Bewertungsrelevanz

Literatur

Berg et al. 2018, Stryer Biochemie, Spektrum Akademischer Verlag (Abbildung 1 verändert nach Abbildung 16.2)

https://www.ernaehrungs-umschau.de/fileadmin/Ernaehrungs-Umschau/pdfs/pdf_2008/12_08/EU12_744_749.qxd.pdf (Tabellen)

<https://www.zentrum-der-gesundheit.de/ernaehrung/vitamine/b-vitamine/vitamin-b3> (Zitat)

Einfluss von Niacin auf die Ausdauerleistungsfähigkeit von Mäusen Inaugural-Dissertation zur Erlangung des akademischen Grades eines Doktors der Naturwissenschaften (Dr. rer. nat.) eingereicht am Fachbereich Biologie und Chemie der Justus-Liebig Universität Giessen Vorgelegt von M.Sc. troph., M.Sc. arg. Anna Marie Kynast 2017

http://geb.uni-giessen.de/geb/volltexte/2018/13639/pdf/KynastAnna_2017_09_14.pdf