

科目記号	科目名
J	生物資源化学

解答（解答例）・出題の意図

出題内容：分子栄養学

出題番号 315

【解答例】

- (1) 膵臓ランゲルハンス島 α 細胞
- (2) ①アデニル酸シクラーゼ；②ホスホリラーゼキナーゼ；③グリコーゲン合成酵素
- (3) セリン，スレオニン
- (4) 骨格筋細胞の細胞膜に存在するインスリン受容体は，細胞質側にチロシンキナーゼを内在し，インスリンの結合によって活性化して自己リン酸化が進む。次いでインスリン受容体基質のリン酸化に続くリン酸化カスケードを介して GLUT4 の細胞膜移行が促進され，血糖値の低下がおこる。

出題番号 316

【解答例】

- (1) ゲノム DNA のシトシン塩基 (C) にグアニン塩基 (G) が続く CpG 配列のシトシン塩基のピリミジン環の 5 位の炭素に DNA メチル化酵素 (DNMT) によってメチル基が付加されることで，遺伝子の転写発現が抑制される。脱メチル化酵素 (TET) によってメチル基が除去されると遺伝子発現が高まることもある。一方，ヌクレオソームを構成するヒストンタンパク質がメチル化や脱アセチル化を受けることでクロマチンが凝集し，遺伝子発現が抑制される。逆に，脱メチル化，アセチル化によりクロマチンが弛緩して，遺伝子発現が促進される。
- (2) メチオニン，葉酸，ビタミン B₁₂
- (3) 低リン酸化状態では，4E-BP が eIF4E と結合し，eIF4E と eIF4G の結合を阻害することで翻訳が阻害されている。mTORC1 はセリン/スレオニンキナーゼ活性を有しており，4E-BP をリン酸化することによって eIF4E を解離させ，eIF4G との結合を促進することで翻訳を活性化する。
mTORC1 を活性化する栄養素としてアミノ酸があげられる。

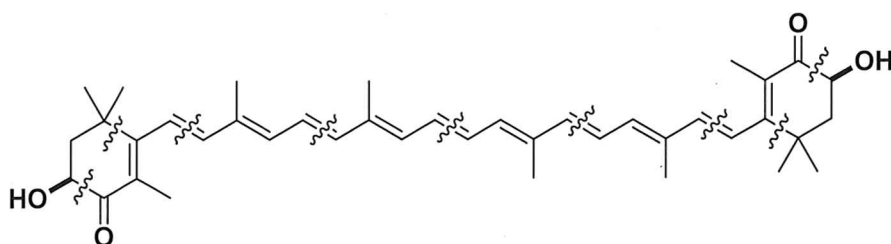
【出題の意図】

食品成分の生体機能を理解するうえで，分子レベルでの生体応答を理解して考察することが重要である。分子栄養学に関する本出題では，生体内の血糖値調節ホルモンであるグルカゴンおよびインスリンの細胞内情報伝達機構（出題番号 315），および遺伝子発現や翻訳調節機構について理解度を評価するとともに，調節機能が知られる食品成分を問う（出題番号 316）ことを目的として出題をした。

【解答例】

- (1) カロテンは炭化水素であり，キサントフィルはカロテンに酸素官能基がついたものである。よって，A と B がカロテン。C と D がキサントフィルである。

(2)



- (3) C (アスタキサンチン) の方が，B (β -カロテン) より長波長側の可視光を吸収する。アスタキサンチンは β -カロテンと同様に長い共役二重結合系を持つが，両末端にカルボニル基 ($\text{C}=\text{O}$) やヒドロキシ基 ($-\text{OH}$) を有している。特にカルボニル基は共役系に加わることで π 電子の非局在化がより大きくなり，HOMO-LUMO 間のエネルギー差が小さくなる。その結果，よりエネルギーの低い（すなわち波長の長い）可視光を吸収する。
- (4) カロテノイドは、光合成補助色素としてクロロフィルが吸収しにくい青～緑色の光を吸収し，そのエネルギーをクロロフィルへ伝達して光合成効率を高める。また，過剰な光によって生じる活性酸素（一重項酸素など）を消去し，光合成装置を酸化障害から保護する抗酸化作用をもつ。さらに，一部のカロテノイド (β -カロテンなど) は体内でビタミン A (レチノール) の前駆体 (プロビタミン A) となり，視覚や免疫機能の維持に重要な役割を果たす。

【解答例】

- (1) RiPPs は，リボソームで通常の 20 種類のアミノ酸からなる前駆体ペプチドとして合成された後，脱水，環化，酸化，メチル化などの翻訳後修飾を受けて成熟するペプチドである。前駆体ペプチドはリーダーペプチドとコアペプチドから構成され，リーダーペプチドは修飾酵素の認識に利用され，成熟時に切断される。代表例として，ニシン (Nisin)，チオストレプトン (Thiostrepton)，マイクロシン J25 (Microcin J25) などがある。Nonribosomal peptides (NRPs) は，リボソームを介さず，Nonribosomal peptide synthetase (NRPS) と呼ばれる巨大酵素複合体によって合成される。NRPS はモジュール構造をもち，各モジュールが 1 つのアミノ酸を選択・活性化して順次連結する。そのため，D-アミノ酸、N-メチルアミノ酸， β -アミノ酸などの非タンパク質性アミノ酸を多く含む多様な構造を形成できる。代表例として，バンコマイシン (Vancomycin)，シクロスポリン (Cyclosporin)，ダプトマイシン (Daptomycin) などがある。

(2) Ile-Thr-Ser-Ile-Ser-Leu-Cys-Thr-Pro-Gly-Cys-Lys
ITSISLCTPGCK

(3) 化合物 X では、翻訳後修飾として以下の化学変換が起こっている。

Thr2 : 脱水反応を受け、2,3-デヒドロブチリン (Dhb) に変換される。

Ser5 : 脱水反応を受け、デヒドロアラニン (Dha) に変換される。

Cys7 : チオール基が Dha5 に Michael 付加し、ランチオニン (Lan) 架橋を形成する。

Thr8 : 脱水反応を受けて Dhb となった後、Cys11 のチオール基が Michael 付加し、メチルランチオニン (MeLan) 架橋を形成する。

Ile1, Ser3, Ile4, Leu6, Pro9, Gly10, Lys12 は、特別な翻訳後修飾を受けず、そのまま成熟ペプチド中に存在する。

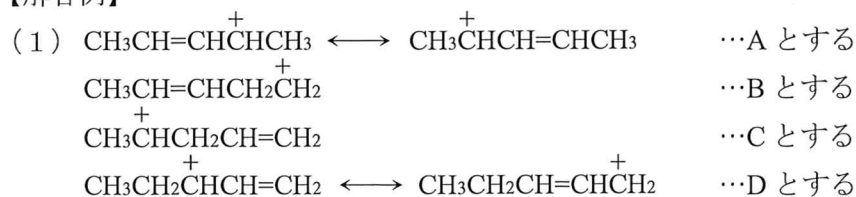
【出題の意図】

生物資源化学分野の受験者は進学後に化合物の精製や同定など、化合物を扱う機会や、その生合成機構を考察する機会がある。その際の基礎的な知識や、化合物の構造から代謝変換を推測する能力を問う目的で、生体有機化合物の代表的なものであるテルペノイドとペプチドから出題した。

出題内容：資源有機化学

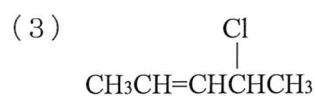
出題番号 341

【解答例】



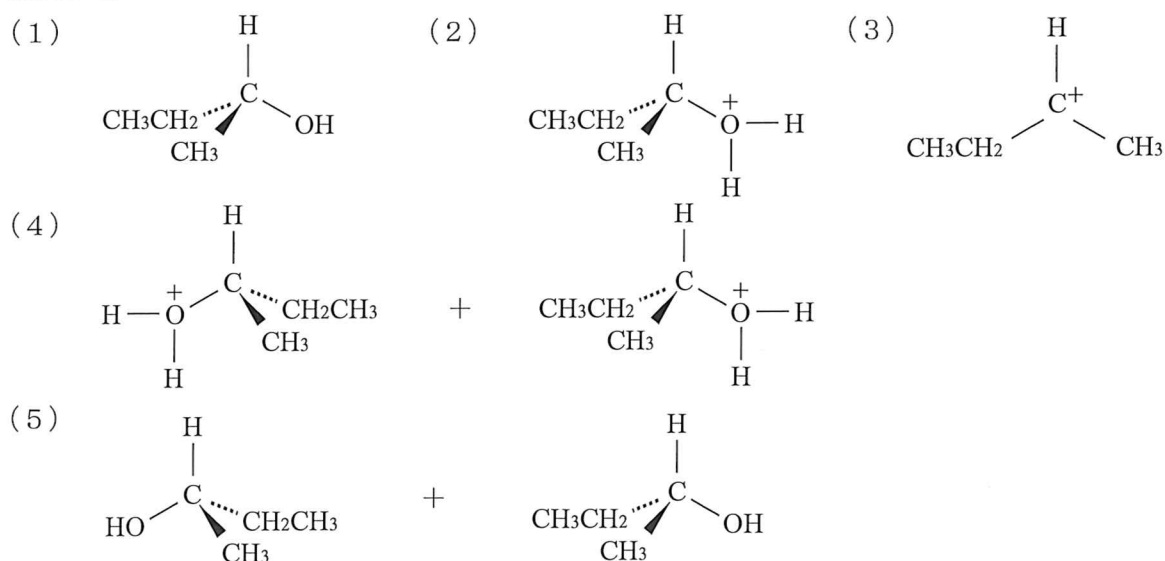
(2) 前問解答の A が最も安定。

A と D はそれぞれ 2 つの共鳴構造をもつため、+電荷と π 電子の非局在化により B, C よりも安定である (共鳴安定化)。さらに、A は+に帯電した炭素原子 2 つがともに第二級であり、1 つが第一級の D よりも+電荷が非局在化するため安定である。



出題番号 342

【解答例】



【出題の意図】

生物資源化学は有機化合物との関わりが極めて密接であり、「資源有機化学」は当該分野における学修および研究全般に求められる有機化学の基礎学力を有しているかを測るものである。あらかじめ設定された出題範囲から、基本的な反応機構を中心に有機化合物の構造、共鳴、立体化学を含めた大問 2 題を出題した。

出題内容：栄養化学

出題番号 451

(1) 【解答例】

食物中に含まれるデンプンは、唾液中の唾液アミラーゼ (α -アミラーゼ) および膵液中に含まれる膵 α -アミラーゼによる管腔内消化によって、マルトース、マルトトリオース、イソマルトース、 α -限界デキストリンに分解される。その後、小腸微絨毛膜に局在するマルターゼやグルコアミラーゼ、イソマルターゼなどによって膜消化を受けて、グルコースまで分解される。一方、スクロースは管腔内消化を受けず、小腸微絨毛膜に移行した後、スクラーゼによる膜消化を受け、フルクトースとグルコースに分解される。

(2) 【解答例】

デンプンの消化によって生成したグルコースは、ナトリウム・グルコース共輸送体 (sodium/glucose co-transporter 1, SGLT1) を介した能動輸送によって細胞内へ吸収される。一方、スクロースの消化で生成するフルクトースは、グルコース輸送体 5 (glucose transporter 5, GLUT5) により促進拡散で吸収される。グルコースおよびフルクトースのいずれも、細胞内の濃度が高まると基底膜にある GLUT2 による促進拡散により細胞外へ輸送される。

(3) 【解答例】

食物が咀嚼により粉砕され生じた食塊中のタンパク質は、胃の壁細胞から分泌される胃酸により変性をうけた後、ペプシンにより部分的に分解される。次いで十二指腸に送られた後、膵液に含まれるエンドペプチダーゼであるトリプシンやキモトリプシン等によってタンパク質の内部のペプチド結合が加水分解される。さらに、エキソペプチダーゼであるカルボキシペプチダーゼにより C 末端のアミノ酸が一つずつ分解されるとともに、腸液に含まれるアミノペプチダーゼによりペプチド鎖の N 末端からアミノ酸が一つずつ分解される。生成したアミノ酸、ジペプチドおよびトリペプチドは特異的な輸送体によって小腸上皮細胞に吸収される。

出題番号 452

(1) 【解答例】

- ① Ca と結合してヒドロキシアパタイトを形成
- ② エネルギー代謝に関わるリン酸化反応
- ③ ATP, 核酸, 細胞膜リン脂質としての利用

(2) 【解答例】

Ca (カルシウム)

副甲状腺ホルモン (PTH) は血液中の Ca 濃度が低下すると分泌が増加し、骨からの Ca 放出をもたらす。また、腎臓において水酸化酵素を活性化してビタミン D から活性型ビタミン D₃ への変換を促進する。これによって小腸からの Ca 吸収が高まる。さらに、腎臓における Ca 再吸収を促進することで血液中の Ca 濃度を上昇させる。一方、血液中の Ca 濃度が

上昇した場合、甲状腺のC細胞からカルシトニンの分泌がおこり、骨からのCa放出の抑制および腎臓でのCa再吸収の抑制が誘導され、血液中のCa濃度を低下させる。

(3) 【解答例】

動物性食品に多く含まれるヘム鉄 (Fe^{2+}) のほうが植物性食品に多く含まれる非ヘム鉄 (Fe^{3+}) と比較して小腸における吸収性が高い。吸収を促進する食品成分として、クエン酸や乳酸、動物性タンパク質があげられる。一方、穀物に多く含まれるフィチン酸やお茶のタンニン、シュウ酸は、鉄と不溶性の塩を形成し吸収を低下させる。

【出題の意図】

水産食品の有効利用をはかるうえで、栄養化学は基礎となる学問分野であり、進学者が大学院へ進学して研究を進めるうえで重要な知識となる。本出題は、食品栄養において主要な成分である糖質およびタンパク質の消化吸收機構（出題番号 451）および生体機能を維持する上で重要な栄養素である無機質の働きについて、組織間での機能調節や吸収性に影響を及ぼす食品成分を含めた総合的な理解度を評価する問題（出題番号 452）として出題した。