

令和8年度入学  
宮城大学大学院食産業学研究科（博士前期課程）  
一般選抜試験問題（専門科目）

試験科目名 食品栄養・機能学

【解答例】

問1

・アミノカルボニル反応

還元糖のカルボニル基とアミノ酸やタンパク質のアミノ基が反応して褐色色素（メラノイジン）を生成する反応であり、メイラード反応ともいう。パンや焼き菓子の焼成、コーヒー焙煎における香気・色調を形成する。加熱を伴う反応だけではなく常温でも反応が生じ、反応基の構造や水分、pHにより反応速度は異なる。高温で調理することによりアクリルアミドが生成され、食品からの長期摂取による発がん性の懸念が報告されている。

・潜熱

物質が相変化（融解、凝固、蒸発、凝縮）を起こす際に、吸収または放出される熱量である。水の相変化に関して、水から氷に変化する際には凝固熱が放出され、氷を融解させる際には融解熱が吸収される。同様に、水から水蒸気に変化する際には蒸発熱（気化熱）が吸収され、水蒸気が水に変化する際には凝縮熱が放出される。食品の凍結過程において、冷却による温度低下と凝固熱による発熱が同時に生じることから温度低下が緩慢になり、緩慢凍結では氷結晶が大きくなることで食感や品質保持に影響する。食品の乾燥や蒸発濃縮では蒸発熱が関与し、水分除去効率に影響する。

・凍結濃縮

食品における濃縮は大別して、蒸発濃縮、膜濃縮、凍結濃縮がある。凍結濃縮は、水溶液を凍結させて生成する氷結晶を未凍結の濃縮液と分離することにより濃縮する方法である。加熱を伴わないため、香気成分や熱に不安定なビタミン類などの品質劣化が少ない点が特徴である。果汁やコーヒー、清酒などの風味保持を重視する食品の濃縮に利用される。氷結晶の分離効率が凍結濃縮の程度に影響する。

・O/W型乳化

油滴が水相中に分散した乳化系であり、牛乳、アイスクリーム、ドレッシング、マヨネーズに代表される。O/W型乳化は食品の物性（粘度・口当たり）、外観（白濁・光沢）、さらには脂溶性栄養成分や機能性成分の分散・吸収性に寄与する。乳化剤（界面活性剤）が油滴表面に吸着し、界面張力を低下させて分散を安定化させる。安定性を維持するためには、油滴の粒径分布の制御やHLB（親水性親油性バランス）に基づく乳化剤の選択が重要である。

## 第1期

### ・増粘多糖類

食品に粘性やゲル化特性を付与する高分子多糖であり、植物（ペクチン、グアーガム）、海藻（カラギーナン、アルギン酸）、微生物（キサントガム）などが代表例である。流動特性の調整による食感改善、乳化系や分散系の安定化、冷凍保存時の氷結晶成長抑制、保水性向上に寄与する。ドレッシングやゼリー、乳製品、冷凍食品など幅広い加工食品で利用され、物性制御に関する食品素材として重要な役割を担っている。

## 問2

### ・カテキン

含有食品素材：緑茶

性質・特徴：フラバノールに分類される水溶性ポリフェノールである。エピガロカテキンガレートは強力なラジカル捕捉作用を持つ。脂質酸化抑制に寄与するほか、抗菌作用、抗肥満作用、血中コレステロール低下作用が報告されており、生活習慣病予防に寄与する。

### ・ケルセチン

含有食品素材：玉ねぎ

性質・特徴：黄色の色素成分であり、フラボノールに属する。抗酸化作用のほか、抗炎症作用や抗アレルギー作用を示す。血管内皮機能を改善し、動脈硬化や心血管疾患の予防に寄与する。

### ・クロロゲン酸

含有食品素材：コーヒー豆

性質・特徴：ヒドロキシ桂皮酸とキナ酸のエステルであり、ポリフェノールの一種である。抗酸化作用のほか、小腸におけるグルコース吸収を抑制することから、食後血糖値の上昇抑制に効果があるとされる。さらに肝機能保護作用や抗肥満作用が報告されている。

## 問3

食品における脂質酸化の要因として、酸素、光、熱、金属イオン、脂質の不飽和度が関与する。これらの要因により不飽和脂肪酸は自動酸化を起こし、過酸化脂質や二次生成物が形成され、風味劣化や栄養価低下を招く。酸化抑制の方法としては、酸素の除去や遮断があり、真空包装や窒素置換包装が用いられる。また、光を遮断するための遮光容器や、低温での保存による反応速度の抑制も重要である。さらに遷移金属（鉄・銅）をキレートする処理や、酸化防止剤の添加があり、代表的な酸化防止剤には、アスコルビン酸（ビタミンC）、トコフェロール（ビタミンE）、ローズマリー抽出物がある。

令和 8 年度入学  
宮城大学大学院食産業学研究科（博士前期課程）  
一般選抜・特別選抜＜外国人留学生＞試験問題（専門科目）

試験科目名 動物生産論

【解答例】

問 1

1) マクロファージ

機能：貪食作用による病原体や異物の除去、抗原提示（MHC クラス II を介して T 細胞へ提示）、炎症性サイトカイン（IL-1 $\beta$ 、TNF- $\alpha$  など）や抗炎症性サイトカイン（IL-10 など）の産生、組織修復・恒常性維持（M2 型マクロファージの働き）

形態的特徴：大型で不規則な形態

同定マーカー：マウス：F4/80、CD11b、MHC クラス II 高発現

2) 好酸球

機能：寄生虫感染防御、アレルギー反応や炎症反応への関与（ロイコトリエン、サイトカイン産生）

形態的特徴：核は二分葉、細胞質に大型で均一に好酸性に染まる顆粒をもつ

同定マーカー：CCR3、Siglec-F、等

3) 制御性 T 細胞

機能：免疫応答の抑制、自己免疫防止、抑制性サイトカイン（IL-10、TGF- $\beta$ ）産生、標的 T 細胞の増殖抑制や樹状細胞の活性調整

形態的特徴：形態的には他の小型 T リンパ球とほぼ同様（光学顕微鏡では識別困難）

同定マーカー／核内抗原：CD4 陽性、CD25 高発現、核内転写因子 Foxp3

4) ILC2（2 型自然リンパ球）

機能：2 型サイトカイン（IL-5、IL-13）産生による寄生虫排除やアレルギー反応促進、上皮由来サイトカイン（IL-25、IL-33、TSLP）で活性化、好酸球の活性化・粘液産生誘導・組織修復促進

## 第1期

形態的特徴：リンパ球様形態（小型円形、濃染核と少量細胞質）、形態だけでは他のリンパ球と区別困難

同定マーカー：リンパ球マーカー（CD45 陽性）かつ抗原受容体（TCR, BCR）陰性（Lin<sup>-</sup>）、ST2（IL-33R）陽性等、GATA3 高発現（核内転写因子）

### 問2

消化管内線虫の感染は、宿主に強い2型免疫応答を誘導する。

感染初期に、上皮細胞や上皮下の免疫細胞が IL-25, IL-33, TSLP などのアラームインを産生し、ILC2（2型自然リンパ球）を活性化する。ILC2 は IL-5, IL-13 を産生し、好酸球活性化や杯細胞の粘液産生増加、平滑筋収縮促進を介して寄生虫の排除に寄与する。獲得免疫応答では、樹状細胞が線虫抗原を提示して CD4<sup>+</sup> T 細胞を Th2 細胞へ分化させ、これら Th2 細胞が IL-4, IL-5, IL-13 などを分泌する。IL-4, IL-13 は B 細胞のクラススイッチを促し IgE 産生を誘導する。IL-5 は好酸球増加と活性化を促進する。IL-13 は腸上皮の杯細胞の過形成、粘液分泌、上皮更新を促進する。IgE は肥満細胞と結合し、抗原刺激で脱顆粒を起こし、ヒスタミンやプロテアーゼの放出によって腸管運動・分泌を促進する。このような Th2 型サイトカインネットワークと好酸球・肥満細胞などのエフェクター細胞の協調により、線虫は腸管から物理的に排除される。また、感染後期には制御性 T 細胞（Treg）が誘導され、過剰な炎症を抑制して組織修復を促す。

### 問3

#### A.

経口免疫寛容とは、食物や腸管内の抗原に対して全身性の免疫応答が抑制される現象であり、消化管が恒常的に外来抗原にさらされながらも炎症を起こさないための重要な仕組みである。腸管上皮下の抗原提示細胞、特に CD103 陽性樹状細胞は、摂取抗原を提示して Foxp3 陽性制御性 T 細胞（Treg）を誘導し、これらが IL-10 や TGF- $\beta$  を産生して免疫応答を抑制する。また、抗原量や提示条件により、T 細胞のアネルギー（機能不活化）やクローン削除（アポトーシス）も誘導される。これらの機序は抗原特異的で、全身に効果が及ぶ。経口免疫寛容が破綻すると、食物アレルギーや炎症性腸疾患などの病態につながる。

#### B.

血糖値は主に膵臓ランゲルハンス島のホルモンにより調節される。血糖上昇時には  $\beta$  細胞からインスリンが分泌され、骨格筋や脂肪組織でのグルコース取り込みを促進し、肝臓での糖新生を抑制する。低血糖時には  $\alpha$  細胞からグルカゴンが分泌され、肝臓で

## 第 1 期

のグリコーゲン分解や糖新生を促進する。近年、代謝調節には免疫細胞も関与することが明らかになっている。肥満や高脂肪食では内臓脂肪組織に炎症性マクロファージ(M1型)が浸潤し、TNF- $\alpha$  や IL-6 を分泌してインスリン受容体シグナルを阻害し、インスリン抵抗性を誘発する。一方、M2 型マクロファージや制御性 T 細胞は抗炎症性サイトカインを産生し、インスリン感受性を維持する。したがって、血糖値調節はホルモンと免疫細胞の相互作用により維持される。

### C.

例 1) 体の免疫機能を調節する栄養関連成分として、腸内細菌が食物繊維を発酵して産生する短鎖脂肪酸 (SCFA) がある。代表的な SCFA には酢酸、プロピオン酸、酪酸があり、特に酪酸は免疫調節作用が強い。酪酸は大腸上皮細胞の主要なエネルギー源となるとともに、ヒストン脱アセチル化酵素 (HDAC) を阻害して制御性 T 細胞 (Treg) の分化を誘導し、炎症を抑える。また、GPR43 や GPR41 といった G タンパク質共役受容体を介して樹状細胞や好中球の機能を調整し、過剰な炎症性サイトカイン産生を抑制する。これにより腸管免疫恒常性が維持され、アレルギーや自己免疫疾患の予防にも寄与する。したがって SCFA は、食事・腸内細菌・免疫系を結ぶ重要な代謝メディエーターである。

例 2) 体の免疫機能を調節する栄養成分の一つにビタミン E ( $\alpha$ -トコフェロール) がある。ビタミン E は脂溶性の抗酸化ビタミンで、細胞膜の脂質過酸化を防ぎ、免疫細胞の構造と機能を保護する。活性酸素種 (ROS) の過剰産生は T 細胞や B 細胞のシグナル伝達を阻害し、サイトカイン産生を低下させるが、ビタミン E は膜脂質中でフリーラジカルを捕捉してこの酸化ストレスを抑制する。さらに、ビタミン E は樹状細胞やマクロファージの抗原提示能を高め、IL-2 産生や T 細胞増殖を促進することが報告されている。高齢者ではビタミン E 摂取によりワクチン応答や感染防御能が改善することが示され、自然免疫・獲得免疫の両方に好影響を与える。

### D.

気候変動により気温上昇や降雨量増加が生じ、従来は南日本に限られていた Dengue 熱の媒介蚊 (ネッタイシマカ、ヒトスジシマカ) の分布域が北上し、東北以北でも感染リスクが高まっている。予防策としては、蚊のライフサイクルを標的とした集団レベルの媒介制御が重要である。具体的には、幼虫の発生源となる水たまりや容器の排除、殺虫剤や生物的防除による幼虫管理、さらにウイルス感染媒介能を低下させる遺伝子組換え蚊や不妊蚊の放出なども研究されている。これらの個人・地域レベルの対策を組み合わせることで、感染拡大リスクを科学的に低減できる。

問 4

例 1) 病原体は宿主免疫から逃れるため、さまざまな免疫逃避機構を備えている。その一例として、インフルエンザウイルスの抗原変異がある。ウイルスの表面糖タンパク質であるヘマグルチニン (HA) やノイラミニダーゼ (NA) は宿主の中和抗体の標的となるが、ウイルスは塩基置換などによって抗原構造を変化させる。これにより、既存の抗体による認識が困難となり、再感染やワクチン効果の低下が生じる。また、抗原シフトによって大きな抗原変異が起こると、新型インフルエンザのパンデミックリスクが増す。

例 2) 細菌も宿主免疫から逃れるために様々な機構を持つ。その一例として、肺炎球菌の莢膜形成がある。莢膜は多糖類から成り、菌体表面を覆うことで食作用 (オプソニン化されたマクロファージによる貪食) や補体系の攻撃から細菌を保護する。また、一部の細菌は IgA プロテアーゼを分泌して粘膜表面の抗体 (IgA) を分解し、粘膜免疫を回避する。