

2026年度 酪農学研究科 修士課程 第1期入学試験問題
(選択：食品加工特性学)

【解答又は解答例】

以下の設問より 2 題選択して答えなさい。

- (1) 酵素的褐変反応の抑制方法について例を挙げて説明しなさい。
- (2) 食品加工における代表的な微生物利用食品と製造に関係する主な微生物の役割について例をあげて説明しなさい。
- (3) 食品保存の方法の中で空気組成の制御による保存について例をあげて説明しなさい。

(1) 酵素的褐変を抑制するには、酵素の加熱不活性化や酸素の除去などが考えられるが、生鮮食品の加工時に空気と遮断することは困難な場合が多い。そのため酵素反応を抑制するには下記のような方法が用いられる。

- ① 加熱処理により酵素を不活性化させる。ポリフェノールオキシダーゼは比較的熱に対する抵抗性があり、完全失活には 80℃で 10～20 分を要する。食品に対しては 80℃で 3 分程度の加熱により不活性化を行う。例としては野菜のブランチング処理がある。
- ② クエン酸、酢酸などを添加して pH を 3 以下に下げ、酵素反応を抑制する。例としてはリンゴのポリフェノールオキシダーゼの最適 pH は 4.2～5.8 であるため pH 3 では不活性化する。
- ③ 亜硫酸、アスコルビン酸、チオール類（システイン、グルタチオンなど）などの還元剤を添加して酵素反応を阻害する。例としては、かんぴょうは亜硫酸処理により褐変が防止されている。
- ④ NaCl などの酵素阻害剤を添加する。Cl イオンは銅のキレート剤として働き、酵素活性を阻害する。例としては、皮をむいたリンゴを食塩水につけると褐変を防止できる。

(2) 代表的な微生物利用食品にはアルコール飲料（清酒、ビール、ワイン）、発酵調味料（みそ・しょうゆ、醸造酢、グルタミン酸ナトリウム、核酸系うま味調味料）、畜産加工品（チーズ、発酵乳、発酵ソーセージ）、農産加工品（発酵パン、糸引き納豆、漬物）、水産加工品（かつお節、塩辛）がある。この中でしょうゆの製造方法と熟成中の微生物の役割について下記に記載する。

こいくちしょうゆの製造方法は、まず製麹工程で蒸しただいず（または脱脂大豆）と炒ったこむぎに *Aspergillus oryzae* あるいは *A. sojae* の種菌が加えられ、温度と湿度を調整して麹を作る。次に仕込み工程で、麹に飽和食塩水を 1.0～1.2 倍量加えて混合し、6～8 カ月保管し、もろみを作る。熟成もろみを压榨すると、生揚げしょうゆとなる。生揚げしょうゆのオリをろ過した後、一定の規格に成分を調節し、加熱（火入れ）する。火入れしたしょうゆはろ過を経て製品となる。麹菌の生産するプロテアーゼは、原料中のたんぱく質をペプチドやアミノ酸まで分解し、しょうゆ独特のうま味や香りの生成に役立ち、アミラーゼやグルコアミラーゼはでんぷんを乳酸菌や酵母による代謝の基質となるグルコースに変換する働きを担っている。仕込み工程では、でんぷんやたんぱく質が分解され、耐塩性の乳酸菌や酵母のみが働き、しょうゆの風味が醸成される。酵母は *Zygosaccharomyces rouxii* が使用され、HEMF（ヒドロキシ-エチル-メチル-フラノン）を主体としたしょうゆの各種香気成分の生成に寄与している。しょうゆの熟成香である 4-EG（4-エチルグアイアコール）などを生成する *Candida versatilis* または *C. etchellsii* を使用する場合もある。乳酸菌は *Tetragenococcus halophilus* が用いられ、塩味をやわらげるなどの働きをしている。

(3) 空気組成の制御による保存方法は下記のとおりである。

- ①酸素を除去するため脱酸素剤を食品に添加する方法が用いられている。密封された包装内の酸素を脱酸素剤で吸着して、カビ防止、虫害防止、好気性細菌の生育抑制、脂質の酸化防止、退色防止などを行い、保存性を高めている。例としては、バームクーヘンや和菓子に利用することで湿気や酸化を防ぎ、品質が長持ちする。
- ②包装内の空気や炭酸ガスや窒素ガスのような安全なガスで置き換え、密封して食品を保存するガス置換包装が用いられている。低温貯蔵との併用により、格段の貯蔵効果が魚介類を主な対象として報告されている。ガス置換包装の貯蔵効果は用いるガス組成によって大きく異なり、一般に炭酸ガスの効果が顕著である。炭酸ガスの影響は微生物の種類で異なるが、一般にカビが最も弱く、乳酸菌は抵抗性が大きいとされる。
- ③製品の内部の空気を吸引して密封し、真空状態にする包装する真空包装も用いられている。食品の鮮度を保つために広く使用されており、酸化や微生物の成長を抑制することで、製品の品質を長期間維持できる。ただし、②と③はカビの増殖は阻止されるが、嫌気性の食中毒菌（ボツリヌス菌やウエルシュ菌）が増殖する可能性があり、劣化を完全に阻止することは不可能である。
- ④青果物の場合、保存ガス環境を呼吸や有用成分の分解が抑制される条件に制御する CA 貯蔵が知られている。通常、低酸素、高二酸化炭素に制御したガス中で低温保存する方法であるが、酸素濃度が低すぎると、無酸素呼吸によりアルコールなどの生成による異臭を発生し、一方、二酸化炭素濃度が多くなりすぎると褐変や組織軟化などのガス障害が発生するので注意が必要である。例としてりんごや梨などの果実やジャガイモや玉ねぎなどに利用されている。
- ⑤ポリエチレンやポリプロピレンなどの袋で保存する MA 貯蔵という方法もある。食品自身の呼吸作用により、袋内のガス組成が低酸素、高二酸化炭素状態となり、CA 貯蔵と同様の効果が表れ、水分の蒸発も抑制される。例として収穫後のブロッコリーの鮮度保持に利用されている。