

論文の内容の要旨

生物・環境工学 専攻

平成 9 年度博士課程 進学

氏 名 和泉 徹

指導教官名 瀬尾康久 教授

論文題目 水の構造化による農産物の代謝抑制メカニズムに関する
基礎研究

水の中に疎水性分子が存在すると、その周囲に水素結合による水のネットワーク構造が発達する。この現象は水の構造化と呼ばれている。疎水性分子である無極性ガス、例えば水素、窒素、メタン、そしてヘリウム、ネオン、アルゴンなどの貴ガスにより水を構造化させることが可能である。そして、農産物の代謝抑制には化学的活性が低く細胞内の反応に直接関与しない貴ガスが望ましいと考えられている。キセノンガスは、水への溶解度が貴ガスの中では比較的高いために農産物貯蔵の研究に用いられてきた。溶解度が比較的高いとはいっても、キセノンガスを用いて水を構造化させるためには、数気圧程度の圧力をかけて水に溶解させる必要がある。また、一般に気体の溶解度はその分圧に比例するので、キセノン分圧が高いほど多くのキセノンが水に溶解し、構造化の程度が高くなるものと考えられる。

キセノンガスによる水の構造化を農産物の貯蔵に応用した既往の研究として、モヤシ付着細菌の増殖抑制、オオムギ子葉鞘細胞の原形質流動速度の低下ならびに生存率の向上、ブロッコリの呼吸および切断面の褐変の抑制、そして、カーネーション切り花の花持ち延長などの研究がおこなわれている。これら既往の研究における温度およびキセノン分圧の条件は、温度 2~20℃、キセノン分圧 0.24~

0.7MPa の範囲にある。

これらの構造化による代謝抑制のメカニズムとして、構造化によって水の粘度が増大し、基質の拡散係数が小さくなり、酵素反応速度の低減、すなわち代謝の抑制につながるというモデルが提唱されているが、理論的考察の域を出ておらず、実証的研究が求められている。

本研究では、酵素反応が粘度増大によって抑制されることを確認し、構造化によって水の粘度が増大することを実証することを目的とした。

第2章では、乳酸デヒドロゲナーゼによるピルビン酸の乳酸への還元反応を対象とし、増粘剤としてシヨ糖を添加することで反応系の粘度を制御することで、酵素反応が粘度増大によって抑制されることを確認した。実験条件は、Tris-HCl 緩衝液を用いて pH7.4、温度 20°Cとし、混和直後の反応溶液の濃度を、Tris, 81.3mM; NaCl, 203mM; pyruvate. 1.6mM; NADH, 0.20mM; LDH, 0.13mg prot./l に設定し、シヨ糖濃度を 0 から 24%の範囲に設定した。反応溶液の粘度は、落体式粘度測定法に基づく方法で温度 20°Cで測定し、反応初速度を波長 339nm における吸光度の変化から計算した。反応溶液の粘度はシヨ糖濃度にしたがって増大し、シヨ糖濃度が 0 および 24%のときの粘度はそれぞれ 1.0 および 2.3mPa・s となった。反応初速度の粘度依存性についてみると、実験を行った 1.0 から 2.3 mPa・s の全粘度範囲において、反応初速度は粘度の増大にしたがって低下した。また、反応初速度と粘度の逆数とのあいだに直線関係がみられ、両者を関係づける実験式を得た。以上より、反応系の粘度を増大させることにより、酵素反応が抑制されることを確認した。

第3章では、キセノンガスによる構造化によって水の粘度が増大することを実証し、構造化による粘度増大が物質移動および酵素反応を抑制し、農産物の代謝を抑制するのに十分なレベルにあることを示した。粘度の測定は落体式粘度測定法に基づく方法で、温度 20°Cでおこなった。

はじめに、水にキセノンガス圧をかけてガスを所定の時間溶解させてから粘度を 30 分間測定する実験をおこなったところ、水の見かけ粘度は、測定開始直後に高い値をしめしたあと、しだいにその温度における水の粘度へと低下する挙動を示した。これは測定中の粘度計ピストンの運動によって水の構造が破壊され、粘度がしだいに低下したものと考えられた。また、見かけ粘度の最大値はガス溶解時間が長いほど高くなる傾向がみられた。

そこで、キセノンガス圧を 0.3 および 0.5MP a として、最大見かけ粘度のガ

ス溶解時間依存性を調べたところ、最大見かけ粘度は3時間ほどで飽和すること、およびその飽和した値はキセノンガス圧が高いほど大きくなった。キセノンのかわりに水に対する溶解度が比較的小さい窒素ガスを用いてガス圧0.5MPaで同様の実験を行ったところ、最大見かけ粘度はガス溶解時間によって変化せず、圧力自体は粘度の測定値に影響しないことが確認された。

次に、粘度の測定中に一旦低下した粘度が静置することで回復するか調べた。キセノンガス圧を0.3MPaとして4時間溶解させたあと、粘度を30分間測定し、その後所定の時間静置してから、もう一度粘度を30分間測定し、2回目の測定するとき粘度がどれだけ回復しているか調べた。その結果、粘度は30分後にはガス溶解実験の飽和値まで回復し、粘度の測定中キセノンは水から脱離せず、水の構造だけが破壊されるものと推察された。

本論では、増粘剤を添加することで反応系の粘度を制御して酵素反応が粘度増大によって抑制されることを確認し、反応初速度と粘度の関係をあらわす実験式を求めた。また、キセノンガスによる構造化によって水の粘度が増大することを実証し、さらに、構造化による粘度増大が物質移動および酵素反応を抑制して農産物の代謝を抑制するのに十分なレベルであることを示した。

以上により、水の構造化による農産物の代謝抑制メカニズムが基礎的に明らかにされた。