

高圧処理による殺菌技術の開発

— 緑色果実及び鶏肉への高圧加工の影響 —

朝倉将斗 開 俊夫

Development of sterilization method by high pressure treatment

ASAKURA Masato and HIRAKI Toshio

食品を対象にした高圧処理による殺菌技術は、加熱殺菌技術と比較して温度変化が小さいことから、素材の風味や外観を維持した商品開発への使用が期待されている。一方で、対象とする食品によって、高圧処理特有の物性の変化等が生じる可能性があり、高圧処理の実用化にはその影響を評価する必要がある。

そこで、本研究では緑色果実（シャインマスカット、キウイ）や鶏肉に対する高圧処理の影響を検証した。その結果、緑色果実を高圧処理した場合、300MPa以上の圧力では退緑が発生したが、果汁等に対して高圧処理時に銅酵母添加することで退緑抑制することが分かった。また、鶏肉に対して高圧処理を行うと、色調は100～200MPa、食感（破断強度）は300～400MPaで大幅な変化が発生することが分かった。

キーワード：高圧処理、殺菌、シャインマスカット、キウイ、鶏肉

はじめに

高圧処理による殺菌は、対象とする食材状態（糖、pH、浸透圧、水分活性、食品添加物等）によって、効果に影響があることが知られている。高圧処理は加熱殺菌と比較して温度の変化が小さい殺菌工法であり、食材の風味や成分を保持した加工食品の製造を可能とすることが期待される一方、圧力により食材の外観や物性等に影響を与える可能性がある。

そこで、高圧処理による退緑現象やタンパク質の変性が報告されている緑色果実と鶏肉を対象として、殺菌と食品の望ましい性質保持の両立を目的とした処理方法を検討した。

実験方法

1. 緑色果実への高圧処理の影響

(1) 高圧処理果実試料

県内小売店で購入した愛媛県産シャインマスカット果実を房から外し、流水で洗浄後、透明レトルトパウチに2果ずつ入れた。その後、0.5%L(+)-アスコルビン酸水溶液を、L(+)-アスコルビン酸当量が果実重の0.1%となるように加え、真空包装して果実試料とした。

(2) 高圧処理方法

高圧処理は、高圧加工装置（株式会社東洋高圧製：まるごと殺菌 TFS6-5）で行った。処理条件は、表1の7条件とした。No. 1～No. 3の処理条件は中温中圧処理に関する先行研究¹⁾を参考に設定した。No. 4～No. 7は、10分間、20℃（常温）を基準として、500MPa以上の場合は装置の圧力ごとの処理上限時間に従って処理時間を設定した。処理後は室温条件で保管した。

(3) 評価方法

処理24時間後及び処理1週間後の果実外観および包装の状態を目視で評価した。

この研究は、「えひめ食品賞味期限延長技術開発事業」の予算で実施した。

表1 シャインマスカット果実の高圧処理条件

	処理圧力	処理時間	処理温度
No. 1	100MPa	30分	50℃
No. 2	150MPa	30分	50℃
No. 3	200MPa	30分	50℃
No. 4	300MPa	10分	20℃
No. 5	400MPa	10分	20℃
No. 6	500MPa	5分	20℃
No. 7	600MPa	3分	20℃

2. 緑色果汁・ピューレの銅酵母を利用した緑色保持方法の検討

(1) シャインマスカット果汁試料

県内小売店で購入した愛媛県産シャインマスカット果実を房から外し、流水で洗浄後、スロージューサー（HURON社製：H2H）により搾汁した。搾汁後、酸化防止のため果汁に対して0.1%（w/w）のL(+)-アスコルビン酸を速やかに加えた。果汁に対して0.06%（w/w）の5%銅酵母（メディエンス社製）を加え、段階希釈して0.04%（w/w）、0.02%（w/w）の銅酵母入り果汁を得た。果汁を透明レトルトパウチに30g入れ、真空包装して果汁試料とした。

(2) キウイピューレ試料

愛媛県果樹研究センターから提供されたキウイフルーツ果実を包丁で剥皮後、ジューサーによりピューレ化した。その後、酸化防止のため果汁に対して0.1%のL(+)-アスコルビン酸を速やかに加えた。ピューレに対して0.1%（w/w）の5%銅酵母を加え、段階希釈して0.05%（w/w）、0.03%（w/w）の銅酵母入りピューレを得た。ピューレを透明レトルトパウチに30g入れ、真空包装してピューレ試料とした。

(3) 高圧処理方法

果汁およびピューレの高圧処理は、高圧加工装置で400MPa、10分間、20℃の条件で行った。処理後は室温条件で保管した。

(4) 評価方法

シャインマスカット果汁に対しては、処理24時間後および処理4週間後に果汁の外観を目視により評価した。キウイピューレに対しては、処理24時間後、処理3日後、処理2週間後にレトルトパウチから取り出し、茶こしにより種子を取り除いた後、分光測色計（コニカミノルタ社製：CM-5）により測定した。測定は、果汁3.5gを測定用シャーレに分取し、反射光測定で行った。測定された数値について、 $-a^*/b^*$ の値を緑色度として評価した。

3. 高圧処理の鶏肉への影響

(1) 試料への影響

10mm程度にスライスした愛媛県産鶏肉を真空包装し、100MPa～600MPaまで100MPa刻みで、処理温度10℃、処理時間15分で高圧処理を行った。対照として、無処理の鶏肉と沸騰水中で10分間加熱した鶏肉を用いた。

処理後、色調と破断強度を測定した。色調は分光測色計（コニカミノルタ社製：CM-5）により反射測定を行った。破断強度は、レオメーター（パーカーコーポレーション製：PC-200N）を用い、直径6mmの金属製プランジャーで圧縮速度1.00mm/秒、測定ひずみ70%で貫入試験を行い、破断点試験力（N）を求めた。

結果と考察

1. 緑色果実への高圧処理の影響

高圧処理24時間後では、100MPa～300MPaで処理した果実には退緑が認められなかった一方で、400MPa以上で処理した場合には明確な退緑が認められた（図1）。処理1週間後には、100～200MPaで処理した果実は若干の退緑が認められたが、はっきりと緑色を維持していた。また、300MPaの処理では処理24時間後と比較して明らかな退緑が認められ、400MPa以上の処理では処理24時間後と比較してさらに退緑が進行していた。また、200MPa以下の処理では、包装内部に膨張が認められた（図2）。

シャインマスカットのシロップ漬け果実に対しては、100MPa、30分間、50℃の中温中圧処理が保存性の向上に有効であると報告されている¹⁾が、本試験結果から、生果実に対する応用は困難であると考えられた。したがって、緑色

果実の生の風味とその鮮やかな緑色を両立するためには、300MPa以上の圧力による処理と緑色の維持を両立する手法を検討する必要がある。



図1 高圧処理による果実の色調変化 (24 時間後)

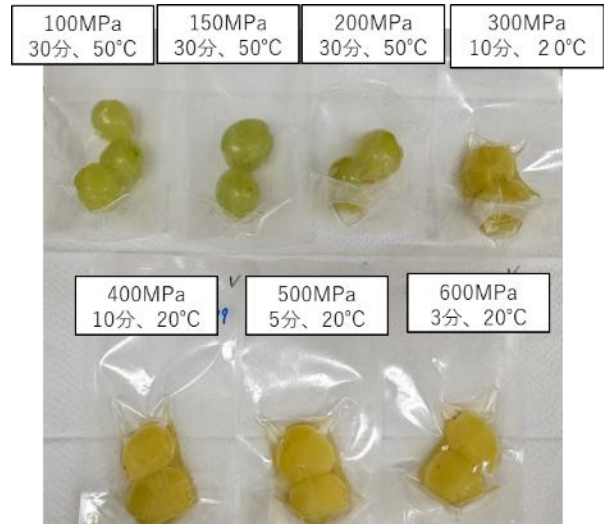


図2 高圧処理による果実の色調変化 (7 日後)

2. 緑色果汁・ピューレの銅酵母を利用した緑色保持方法の検討

高圧処理 24 時間後のシャインマスカット果汁は、添加した銅酵母の濃度が高いほど、鮮やかな緑色を維持していた。また、0.02% (w/w) 銅酵母添加果汁は、無添加の果汁とほぼ同等の緑色程度であった (図3)。処理 4 週間を経過すると、0.02% (w/w)、0.04% (w/w) 銅酵母添加果汁で、緑色程度の回復が認められ、銅酵母添加果汁はその濃度に関わらずほぼ同様の緑色を呈した。また、無添加果汁では、酸化によるものと推測される褐色化が認められた (図4)。

銅酵母添加量を変えたキウイピューレの高圧処理 24 時間後～2 週間後までの緑色度の変化を図5に示す。どの時点においても緑色度は銅酵母添加濃度が高いほど大きかった。また、緑色度の値は肉眼による感覚とよく一致していた。銅酵母を添加したピューレの緑色度は、0.1%添加ピューレの処理 3 日後から 2 週間後の変化を除き、全て経時的に高まっていた。

高圧処理によってシャインマスカットやキウイフルーツなどの緑色果実に退緑が発生する原因として、高圧処理によって緑色の色素であるクロロフィルがタンパク質と分離し、植物体中の有機酸によりフェオフィチンへと変化することが挙げられる²⁾。クロロフィル中のマグネシウムが銅に置換されると、鮮やかな緑色かつ光や酸に対して安定した銅クロロフィルへと変化する。この銅クロロフィルへの変化によって高圧処理に対しても安定して緑色を呈する果汁を作出できると考え、食品原料として利用可能な銅酵母を用いてその利用可能性を検討した。試験結果から、銅酵母の添加により高圧処理後の緑色果実の果汁・ピューレの緑色保持が可能であり、その効果は添加濃度が高いほど大きいと考えられた。また、低濃度で添加した場合も時間の経過により徐々に緑色程度が回復し、時間が経過するほどに濃度による差は小さくなるものと推測された。このことから、高圧処理から実際に使用するまでの期間を考慮して添加量を調整することで、銅酵母を使用するコストを低減できると考えられた。

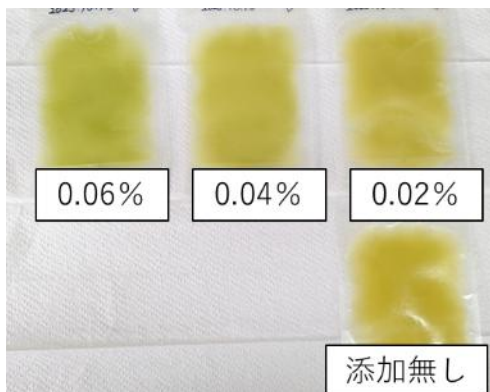


図3 高圧処理による果汁の色調変化 (24 時間後)

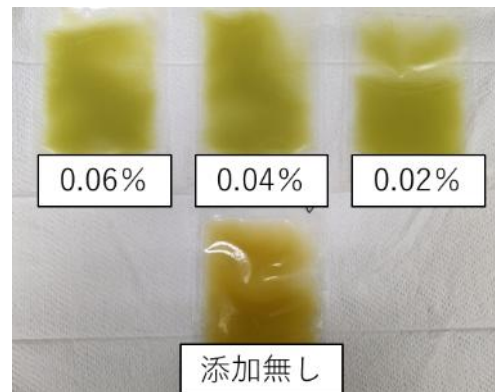


図4 高圧処理による果汁の色調変化 (4 週間後)

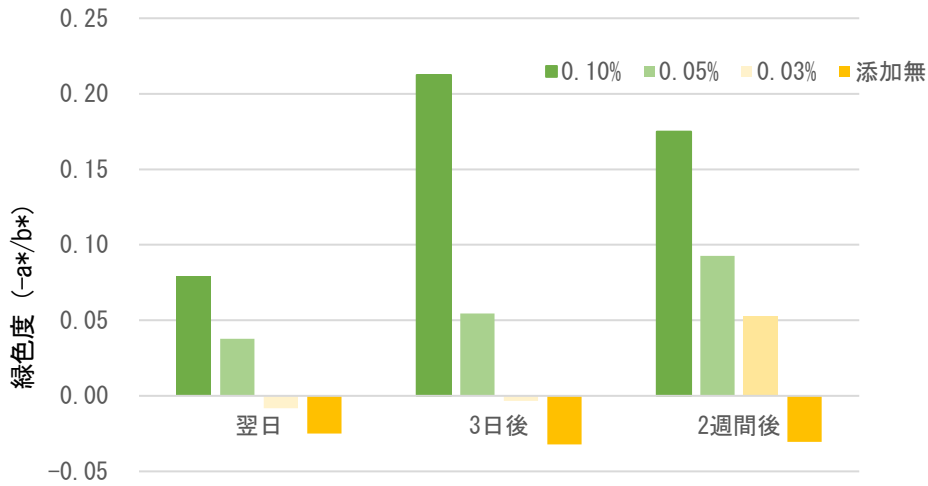


図5 銅酵母添加量の異なるキウイピューレの緑色度の推移

3. 高圧処理の鶏肉への影響

色調および破断点試験力の測定結果を図6～9に示す。明度を示すL*値は処理圧力が200MPa以上になると非加熱と比較して大きくなり、600MPaでは加熱した場合とほぼ同等であった。また、黄色－青色を表すb*値も同様に200MPa以上の処理で若干大きくなる傾向がみられ、黄色寄りの色度へと変化した。緑色－赤色を表すa*値は、処理圧力の大きさによる一定の傾向は認められなかった。これらの結果は、処理圧力が高まると白っぽく変化しているように見える肉眼の感覚とよく一致していた(図10)。破断強度については、処理圧力が高まると大きくなる傾向が認められ、特に400MPa以上の圧力で処理した場合、加熱処理試料と同等以上の破断強度を示した。これらの結果から、200MPa未満の圧力で処理であれば、生の外見、食感を維持できる可能性があるあると考えられた。

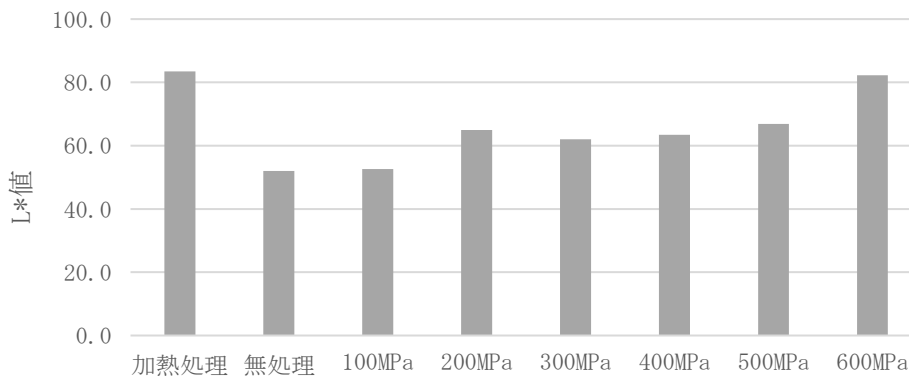


図6 鶏肉の処理条件とL*値の関係

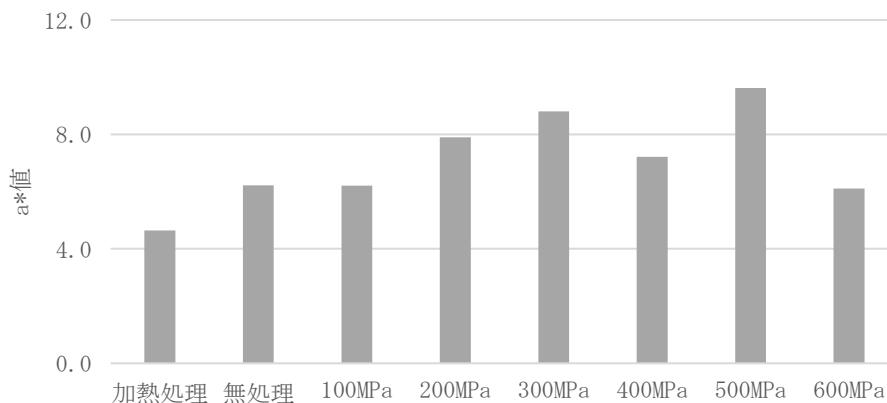


図7 鶏肉の処理条件とa*値の関係

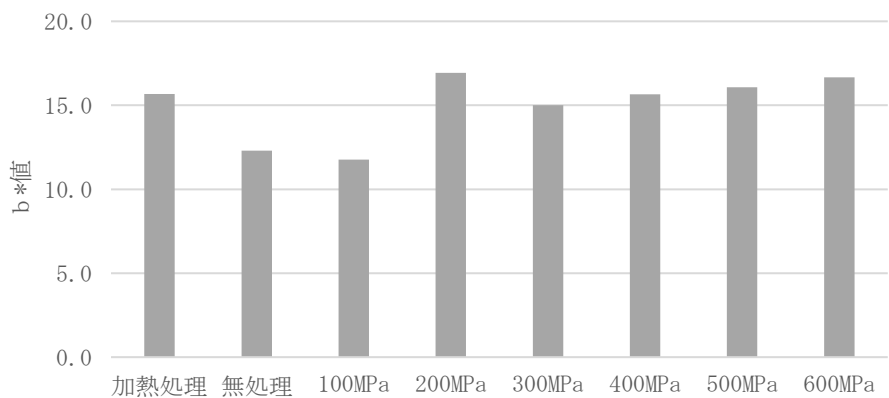


図8 鶏肉の処理条件と b*値の関係

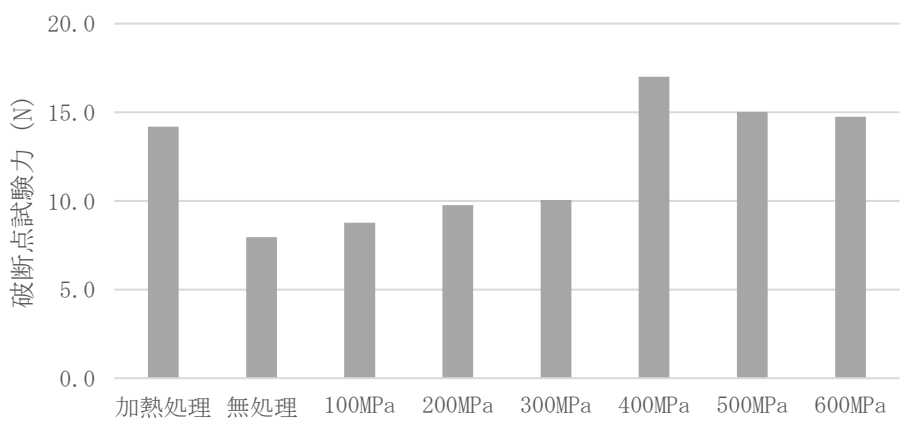


図9 鶏肉の処理条件と破断強度の関係



図10 高圧処理を行った鶏肉の外観

まとめ

緑色果実や鶏肉に対する高圧処理の影響を検証した結果、以下のことが分かった。

1. 緑色果実の保存性向上には 300MPa 以上の高圧処理が有効であり、銅酵母の利用により高圧処理による風味の維持と外観の維持が両立できると考えられた。
2. 鶏肉に対して高圧処理を行った場合、外観は 100~200MPa、食感は 300~400MPa で大きな変化が生じることが明らかになった。

文 献

- 1) 山崎慎也：高压処理による色調に優れた加工食品の開発. 長野県工技センター研報, No.13, p.F27-F31 (2018).
- 2) 山崎彬, 杵淵美倭子: 高压食品開発物語 (その 4) 高压処理による低菌化緑色野菜の開発. 高压力の科学と圧力, 8(1), pp.57-62 (1998).