

ẢNH HƯỞNG CỦA KỸ THUẬT TIỀN XỬ LÝ LÀM MÁT CHÂN KHÔNG TỚI CHẤT LƯỢNG RAU CẢI CHÍP

Effect of Vacuum Pre-Cooling Treatment on the Quality of Brassica Chinensis

Ngo Doan Tai¹, Li Bao Guo², Wang Lu², Cui Cheng²

¹Institute of Food Science and Technology,

²University of Shanghai for Science and Technology

Địa chỉ email tác giả liên hệ: taitaibinh@yahoo.com

TÓM TẮT

Nghiên cứu này được tiến hành để hoàn thiện cơ chế làm mát chân không trong lĩnh vực bảo quản rau tươi. Trong thí nghiệm này, đối tượng nghiên cứu là rau cải chíp, một loại rau ăn lá điển hình, tiến hành nghiên cứu dưới điều kiện bảo quản như nhau, sự khác nhau về nhiệt độ làm mát chân không (4°C, 8°C, 12°C) có ảnh hưởng như thế nào đến chất lượng của rau cải chíp. Sự thay đổi của một số chỉ tiêu trong quá trình làm mát chân không như áp suất, nhiệt độ và khối lượng đã được phân tích. Hơn nữa, hiệu quả của phương pháp làm mát chân không đối với việc giữ độ tươi và độ cứng cho rau cải chíp trong quá trình bảo quản cũng đã được nghiên cứu trong bài báo này. Kết luận cho thấy, phương pháp làm mát chân không có một vai trò tích cực trong việc giữ độ tươi cho rau cải chíp.

Từ khoá: Chất lượng, độ cứng, làm mát chân không, rau cải chíp.

SUMMARY

In order to complete the research on the mechanism of vacuum cooled fresh vegetables, one of typical leafy vegetables - Brassica chinensis was studied in this paper. The quality variation of Brassica chinensis, affected by different vacuum cooling temperatures (4°C, 8°C, 12°C) has been studied. Some experimental parameters such as pressure, temperature, and mass have been analyzed during vacuum cooling process. Moreover, the effect of vacuum cooling on the keeping freshness of fresh Brassica chinensis during storage has studied and the hardness were detected. As a conclusion, compared with the control group, vacuum cooling did a positive role to keep Brassica chinensis fresh.

Key words: Brassica chinensis, quality, texture, vacuum cooling.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong những năm gần đây, với việc điều chỉnh cơ cấu nông nghiệp, sản lượng rau quả của nước ta đã tăng lên đáng kể. Nhưng do rau quả chủ yếu được sản xuất theo mùa vụ và khu vực vì thế rất dễ dẫn đến một lượng không nhỏ rau quả bị tổn đọng. Hơn nữa, rau quả là một sản phẩm mà sau khi thu hoạch hoạt động trao đổi chất vẫn diễn ra rất mạnh

mẽ, ảnh hưởng lớn đến chất lượng rau quả. Chính vì vậy, các nhà nghiên cứu trong lĩnh vực bảo quản thực phẩm đang rất quan tâm là làm thế nào để nâng cao kỹ thuật bảo quản rau quả tươi, giảm thiểu tổn thất không cần thiết, đảm bảo chất lượng sản phẩm nhằm tăng cường giá trị và khả năng cạnh tranh của các sản phẩm nông nghiệp, thúc đẩy phát triển kinh tế - xã hội nông thôn.

Hiện nay, có rất nhiều phương pháp bảo quản thực phẩm, trong đó bao gồm phương pháp làm mát. Tùy theo loại thực phẩm, phương pháp làm mát có thể được chia thành: làm mát chân không, làm mát bằng gió lạnh... Ưu điểm của phương pháp làm mát bằng gió lạnh là tốc độ làm mát nhanh nhưng bề mặt được làm mát không đều và chi phí cao. Phương pháp làm mát chân không có ưu điểm là tốc độ làm mát nhanh, nhiệt độ làm mát đồng nhất, hiệu quả bảo quản rất tốt, sạch sẽ, thao tác đơn giản thuận tiện, phương pháp này rất thích hợp cho việc bảo quản rau quả và hiện nay đang được ứng dụng rất phổ biến ở Nhật Bản, Mỹ, Trung Quốc... Đã có những nghiên cứu cho thấy: với các loại rau ăn lá, bảo quản bằng phương pháp làm mát chân không có hiệu quả rất tốt, nhưng đối với các loại rau ăn thân thì hiệu quả không thật sự lí tưởng. Rau cải chíp là một ví dụ, do có hàm lượng nước cao, tổ chức là những mô mềm, tác dụng của quá trình hô hấp là rất nghiêm trọng, rất dễ bị tổn thương cơ học và nhiễm mầm bệnh dẫn tới nhanh chóng bị thối rữa. Trong điều kiện nhiệt độ bình thường, màu sắc lá rau thay đổi chỉ 2 ngày sau khi thu hoạch, làm giảm chất lượng và giá trị của sản phẩm.

Mục đích của nghiên cứu này là nghiên cứu kỹ thuật bảo quản rau bằng phương pháp làm mát chân không nhằm giúp cho việc đảm bảo nguồn thực phẩm an toàn và chất lượng, đáp ứng được nhu cầu tiêu dùng trong nước và đảm bảo tiêu chuẩn nguồn thực phẩm xuất khẩu.

2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Vật liệu

- Vật liệu thí nghiệm là loại rau cải chíp vừa được thu hái, nhanh chóng được đưa đến phòng thí nghiệm, phân loại nhóm, tiến

hành làm mát chân không sau đó bảo quản trong tủ lạnh ở nhiệt độ 5°C.

- Axit oxalic 0,1 mol/lít
- Dung dịch NaOH 0,4 mol/lít
- Dung dịch BaCl₂ bão hòa
- Phenolphthalein.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Phương pháp bố trí thí nghiệm và lấy mẫu

Dựa theo tài liệu tham khảo (Sun Heng, 2003), áp lực chân không được đặt ở mức 1000 Pa; nhiệt độ làm mát cuối cùng được phân biệt ở các mức: 4°C, 8°C, 12°C; buồng làm mát chân không rộng 0,15 m³. Rau cải chíp được chia thành 10 bó (1 bó dùng làm đối chứng: không xử lý làm mát chân không), khối lượng mỗi bó rau là 100g. Các điểm kiểm tra nhiệt độ được đặt ở trên bề mặt và trung tâm bó rau. Máy tính sẽ tự động ghi lại sự thay đổi của áp lực và nhiệt độ trong toàn bộ quá trình làm mát chân không. Mỗi mức xử lý nhiệt độ làm mát được lặp lại 3 lần.

Lấy mẫu đo độ cứng rau cải chíp: Sau khi quá trình làm mát chân không kết thúc, lấy 2 cây rau cải chíp (một cây ở trên bề mặt và một cây ở trung tâm bó rau), tiến hành kiểm tra độ cứng của thân cây rau. Sau khi kiểm tra xong, đem 2 cây rau đó bảo quản trong tủ lạnh (nhiệt độ bảo quản là 5°C), cứ sau 2 ngày kiểm tra độ cứng của rau một lần, quá trình kiểm tra độ cứng được tiến hành đến ngày thứ 8.

Lấy mẫu đo cường độ hô hấp rau cải chíp: Sau khi quá trình làm mát chân không kết thúc, lấy khoảng 50 g rau cải chíp (bao gồm các cây rau ở trên bề mặt và trung tâm bó rau; lượng rau còn lại được sử dụng ở những lần kiểm tra tiếp sau đó) để kiểm tra cường độ hô hấp. Cứ sau 2 ngày kiểm tra cường độ hô hấp của rau một lần (tiến hành lấy mẫu như lần đầu), quá trình kiểm tra cường độ hô hấp cũng được tiến hành đến ngày thứ 8.

2.2.2. Phương pháp xác định chất lượng rau Cải chíp

Độ hao hụt khối lượng tự nhiên của rau cải chíp được xác định bằng phương pháp đo trọng lượng: Dùng cân điện tử xác định trọng lượng, sau đó tính toán trọng lượng hao hụt sau quá trình làm mát chân không.

Độ cứng của rau cải chíp được xác định bằng máy phân tích kết cấu EZTest, đường kính của mũi khoan máy EZTest đo độ sâu là 5 mm, áp lực là 5 kg, độ sâu xuyên qua của mỗi lần thí nghiệm là 10 mm, tốc độ mũi khoan máy EZTest được duy trì ở mức 1,0 mm/s. Máy tính sẽ tự động ghi lại lực xuyên qua, độ sâu và thời gian xuyên qua của mũi khoan. Trong quá trình xuyên qua của mũi khoan, chọn được giá trị lực xuyên qua lớn nhất để thể hiện độ cứng của rau cải chíp.

Xác định cường độ hô hấp của rau cải chíp, đầu tiên cho 10 ml NaOH 0,4 mol/lít vào đĩa petri, đặt đĩa petri vào đáy máy sấy chân không, tiếp theo cho rau vào trong máy sấy chân không, giữa rau và đĩa petri được ngăn cách bằng tấm sứ đã được đục thủng

nhiều lỗ, đặt nắp máy sấy lại. Sau 1 giờ lấy đĩa petri ra, chuyển dung dịch NaOH trong đĩa petri sang bình chia độ, cho thêm vào 5 ml BaCl₂, 2 giọt phenolphthalein, cho tiếp axit oxalic 0,1 mol/lít vào đến khi dung dịch mất màu thì dừng lại, ghi lại số ml axit oxalic 0,1 mol/lít đã dùng. Từ đó tính được cường độ hô hấp của rau cải chíp.

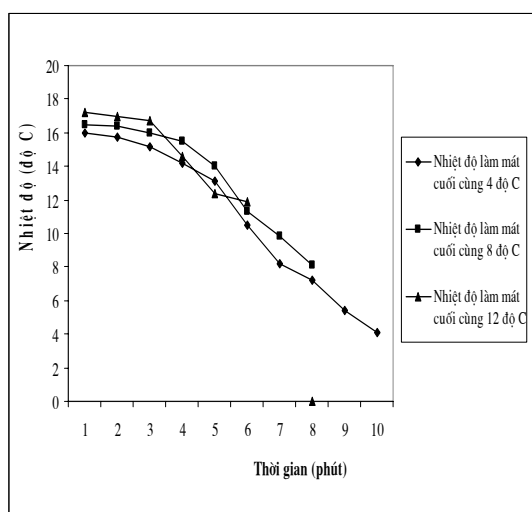
2.2.3. Phương pháp xử lý số liệu

Ứng dụng phần mềm DPS 6.5 để tính giá trị trung bình và độ lệch chuẩn của các chỉ tiêu chất lượng. Áp dụng phương pháp Fisher's LSD, phân tích sự khác biệt giữa các điều kiện xử lý làm mát khác nhau.

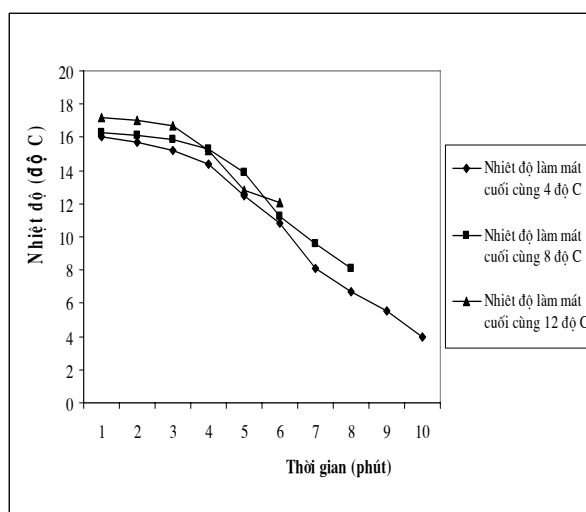
3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Nghiên cứu các thông số trong quá trình làm mát chân không cho rau Cải chíp

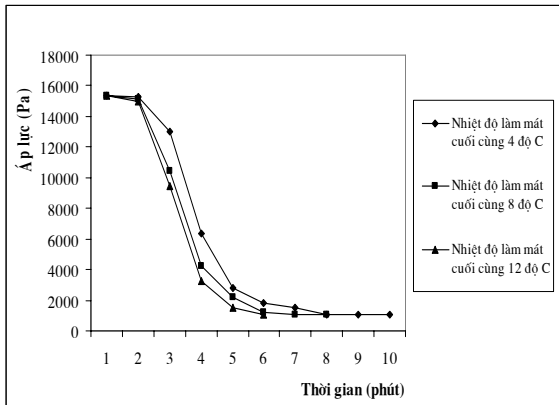
Trong quá trình làm mát chân không, sự thay đổi của nhiệt độ trên bề mặt, trung tâm bó rau cải chíp và sự thay đổi áp lực chân không được thể hiện trong hình 1, 2 và 3.



Hình 1. Sự thay đổi nhiệt độ ở trung tâm bó rau cải chíp



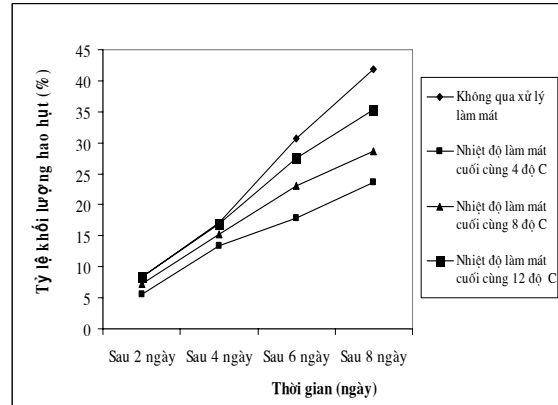
Hình 2. Sự thay đổi nhiệt độ ở trên bề mặt bó rau cải chíp



Hình 3. Sự thay đổi áp lực phòng chân không

Kết quả thí nghiệm cho thấy, khi nhiệt độ làm mát cuối cùng càng cao thì thời gian quá trình làm mát càng ngắn, tuy nhiên khuynh hướng thay đổi áp lực phòng chân không là tương đồng. Quá trình làm mát chân không rau cải chíp có thể chia làm 2 giai đoạn. Giai đoạn thứ nhất (0 - 4 phút), thời điểm này nhiệt độ của rau cải chíp biến đổi không lớn, vì ở giai đoạn này áp lực làm lạnh chân không vẫn chưa giảm xuống đến áp lực cần thiết tương ứng với nhiệt độ rau cải chíp, do đó các phân tử nước trong rau cải chíp chưa bốc hơi ra ngoài. Thời điểm này nhiệt độ của rau cải chíp biến đổi chủ yếu là do sau khi máy hút chân không vận hành, không khí bị hút ra, bề mặt bó rau cải chíp xuất hiện hiện tượng đối lưu hoán nhiệt mãnh liệt, lấy đi một phần nhiệt lượng, làm nhiệt độ rau cải chíp giảm xuống. Nhưng nhiệt lượng và phân hơi nước bốc hơi này so với nhiệt lượng bên trong bó rau là rất nhỏ, do đó nhiệt độ của rau cải chíp giảm xuống rất thấp.

Bước vào giai đoạn thứ 2, áp lực của phòng làm mát chân không đã thấp hơn áp lực bão hòa tương ứng với nhiệt độ của rau cải chíp, thời điểm này một lượng lớn nước trong rau cải chíp bốc hơi ra ngoài đồng thời lấy đi lượng lớn nhiệt lượng bên trong bó rau, từ đó dẫn đến nhiệt độ của rau cải chíp nhanh chóng hạ xuống, đến đây mục đích của quá trình làm mát chân không đã được hoàn thành.



Hình 4. Tỷ lệ khối lượng rau cải chíp hao hụt trong quá trình bảo quản

3.2. Ảnh hưởng của quá trình làm mát chân không đến phẩm chất của rau trong quá trình bảo quản

3.2.1. Tỷ lệ khối lượng hao hụt của rau sau khi được làm mát chân không trong quá trình bảo quản

Hình 4 cho thấy, trong quá trình bảo quản, khối lượng hao hụt của rau cải chíp không qua xử lý làm mát chân không cao hơn so với rau qua xử lý làm mát chân không. Ngoài ra sự khác nhau về nhiệt độ làm mát cuối cùng cũng ảnh hưởng đáng kể đến khối lượng hao hụt của rau cải chíp. Khi rau cải chíp được làm mát chân không xuống 4°C, khối lượng rau cải chíp hao hụt trong quá trình bảo quản thấp hơn đáng kể so với khi làm mát rau xuống 8°C và 12°C.

Trong quá trình bảo quản, sang đến ngày thứ 6, khối lượng hao hụt rau cải chíp tăng nhanh, điều này phù hợp với kết quả nghiên cứu của ZhangYu (2007).

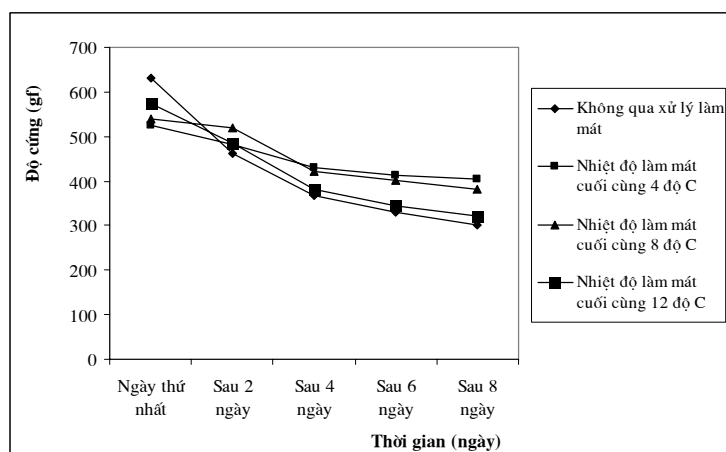
3.2.2. Ảnh hưởng của quá trình làm mát chân không đến độ cứng của rau

Quá trình làm mát chân không có ảnh hưởng nhất định đến độ cứng của rau cải chíp, sự khác nhau về nhiệt độ làm mát cuối cùng cũng có ảnh hưởng tương đối lớn đến độ cứng của rau. Nhiệt độ làm mát cuối cùng càng thấp, độ cứng của rau cải chíp càng giảm mạnh, có thể do nhiệt độ làm mát thấp dễ làm hỏng kết cấu của rau cải chíp (Bảng 1).

Bảng 1. Độ cứng và tỷ lệ thay đổi độ cứng của rau Cải chíp khi được làm mát xuống 4°C, 8°C và 12°C

Độ cứng rau trước khi làm mát (gf)	Sau khi làm mát xuống 4°C		Sau khi làm mát xuống 8°C		Sau khi làm mát xuống 12°C	
	Độ cứng (gf)	Tỷ lệ thay đổi độ cứng (%)	Độ cứng (gf)	Tỷ lệ thay đổi độ cứng (%)	Độ cứng (gf)	Tỷ lệ thay đổi độ cứng (%)
632,4	523,66	10,3 ± 0,2 ^a	538,52	8,0 ± 0,1 ^b	574,43	5,8 ± 0,1 ^c

Ghi chú: Cách thức biểu thị số liệu: Giá trị trung bình ± Sai số chuẩn (**P*<0,05)



Hình 5. Sự thay đổi độ cứng rau cải chíp trong quá trình bảo quản

Hình 5 cho thấy độ cứng là một chỉ tiêu quan trọng thể hiện độ tươi của rau. Khi vừa được thu hoạch, độ cứng của rau đạt giá trị lớn nhất, sau đó sẽ giảm dần theo thời gian. Trong 4 ngày đầu của quá trình bảo quản, độ cứng của rau cải chíp giảm mạnh nhất, ở những ngày tiếp theo độ cứng của rau tiếp tục giảm xuống nhưng với tốc độ chậm hơn. Rau cải chíp sau khi được làm mát chân không, trong quá trình bảo quản độ cứng giảm chậm hơn so với rau không qua xử lý làm mát chân không, chứng tỏ phương pháp làm mát chân không có tác dụng rất lớn trong việc bảo quản độ tươi cho rau, trong thí nghiệm này nhiệt độ làm mát cuối cùng tốt nhất đối với việc bảo quản độ tươi cho rau cải chíp là 4°C.

3.2.3. Ảnh hưởng của quá trình làm mát chân không đến cường độ hô hấp của rau cải chíp

Cường độ hô hấp là một chỉ tiêu quan trọng của quá trình trao đổi chất, cường độ

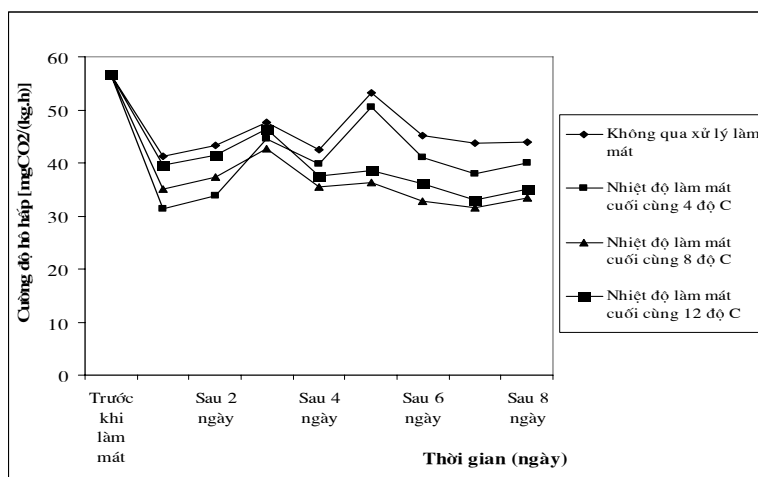
hô hấp càng lớn thì tác dụng của hô hấp càng mạnh mẽ hơn, vật chất dinh dưỡng tiêu hao càng nhanh, tăng nhanh sự lão hóa của sản phẩm dẫn đến không thể kéo dài thời gian bảo quản (Bảng 2).

Bảng 2 thể hiện sự thay đổi về cường độ hô hấp của rau cải chíp trước và sau khi được làm mát chân không xuống 4°C, 8°C và 12°C. Kết quả thí nghiệm cho thấy: cường độ hô hấp của rau cải chíp không qua xử lý làm mát chân không là 56,74 mg CO₂/(kg.h) (nhiệt độ của rau trước khi làm mát là 17°C, nhiệt độ của môi trường là 28°C), sau khi được làm mát xuống 4°C, 8°C và 12°C thì cường độ hô hấp của rau cải chíp lần lượt là: 33,37; 37,07 và 40,7 mg CO₂/(kg.h). Từ đó có thể thấy phương pháp làm mát chân không có tác dụng làm giảm cường độ hô hấp của rau, ngoài ra sự khác nhau về nhiệt độ làm mát cuối cùng cũng có ảnh hưởng đáng kể đến việc giảm cường độ hô hấp, cụ thể là nhiệt độ làm mát cuối cùng càng thấp thì cường độ hô hấp của rau cải chíp càng giảm mạnh (Hình 6).

Bảng 2. Cường độ hô hấp và tỷ lệ thay đổi cường độ hô hấp của rau cải chíp trước và sau khi được làm mát xuống 4°C, 8°C và 12°C [Đơn vị: mgCO₂/(kg.h)]

Cường độ hô hấp của rau trước khi làm mát	Sau khi làm mát xuống 4°C		Sau khi làm mát xuống 8°C		Sau khi làm mát xuống 12°C	
	Cường độ hô hấp	Tỷ lệ thay đổi cường độ hô hấp	Cường độ hô hấp	Tỷ lệ thay đổi cường độ hô hấp	Cường độ hô hấp	Tỷ lệ thay đổi cường độ hô hấp
56,74	33,37	13,4±1,1 ^a	37,07	10,9±0,6 ^b	40,7	8,2±0,5 ^c

Ghi chú: Cách thức biểu thị số liệu: Giá trị trung bình ± Sai số chuẩn (*P<0,05)



Hình 6. Sự thay đổi cường độ hô hấp rau cải chíp trong quá trình bảo quản

Trong quá trình bảo quản cường độ hô hấp của rau cải chíp đã được làm mát chân không thấp hơn so với rau cải chíp không qua xử lý làm mát chân không, về cơ bản xu hướng thay đổi cường độ hô hấp của rau trong quá trình lưu giữ là nhất quán, thể hiện ở chỗ: đầu tiên giảm xuống sau đó tăng từ từ và khi tăng đến một giá trị tối đa thì lại giảm xuống (kết quả này phù hợp với kết quả nghiên cứu của Li Wen Xiang). Trong 3 mức nhiệt độ làm mát cuối cùng thì nhiệt độ làm mát cuối cùng 8°C có tác dụng rõ rệt nhất và tốt nhất trong việc khống chế tác dụng của hô hấp do nó làm giảm đáng kể cường độ hô hấp của rau Cải chíp (Hình 6). Như vậy quá trình làm mát chân không có tác dụng khống chế cường độ hô hấp của rau, nhờ vậy thời gian bảo quản rau được kéo dài.

4. KẾT LUẬN

Quá trình làm mát chân không của rau cải chíp có thể chia làm 2 giai đoạn với điểm phân giới là áp lực cần thiết tương ứng với nhiệt độ rau cải chíp. Giai đoạn 1: áp lực phòng chân không vẫn chưa đạt đến áp lực cần thiết tương ứng với nhiệt độ rau cải chíp, giai đoạn này khí được hút ra từ phòng chân không chủ yếu là không khí, các phân tử nước trong rau cải chíp vẫn chưa bốc hơi, vì vậy nhiệt độ rau cải chíp biến đổi rất nhỏ (do ảnh hưởng của quá trình đối lưu gây nên). Nhưng đến giai đoạn 2, áp lực của phòng chân không đã thấp hơn áp lực cần thiết tương ứng với nhiệt độ rau cải chíp, vì thế các phân tử nước trong rau cải chíp nhanh chóng được bốc hơi, làm cho nhiệt độ của rau cải chíp nhanh chóng hạ xuống. Do tốc độ

của máy hút chân không tương đối lớn, đủ để hút ra ngoài lượng hơi nước bốc ra từ rau cải chíp, hơi nước sẽ không còn đọng lại trong phòng chân không. Như vậy nhiệt độ của rau cải chíp giảm xuống chủ yếu là do quá trình bốc hơi nước sẽ lấy đi một lượng lớn nhiệt lượng; sau khi nước bốc hơi, quá trình hạ nhiệt độ sẽ dựa vào máy làm mát không ngừng lấy đi nhiệt lượng, làm cho nhiệt độ từ từ được hạ xuống, nhiệt độ làm mát càng thấp, quá trình giảm nhiệt càng chậm, thời gian quá trình làm mát càng dài.

Nhiệt độ làm mát khác nhau sẽ ảnh hưởng khác nhau đến tỷ lệ hao hụt khối lượng, độ cứng và cường độ hô hấp của rau cải chíp trước và sau khi bảo quản. Nhiệt độ làm mát càng thấp thì độ cứng của rau cải chíp càng giảm mạnh do nhiệt độ làm mát thấp làm cho kết cấu của rau cải chíp dễ bị phá vỡ, nhưng nhiệt độ làm mát thấp có tác dụng ức chế cường độ hô hấp, giảm tỷ lệ hao hụt khối lượng rau cải chíp. Trong quá trình bảo quản, nhiệt độ làm mát rau là 4°C có tỷ lệ khối lượng hao hụt là thấp nhất và độ cứng của rau sẽ giảm chậm hơn, khi làm mát rau xuống 12°C thì tỷ lệ hao hụt khối lượng là cao nhất và độ cứng của rau giảm nhanh hơn. Nhiệt độ làm mát rau là 8°C có tác dụng ức chế quá trình hô hấp, làm giảm cường độ hô hấp của rau cải chíp, kéo dài thời gian bảo quản rau.

Có thể thấy kỹ thuật bảo quản rau bằng phương pháp làm mát chân không có tác dụng rất lớn trong việc bảo quản độ tươi cho rau, làm giảm cường độ hô hấp, giảm hao hụt khối lượng, kéo dài thời gian bảo quản, từ đó chất lượng và giá trị sử dụng của thực phẩm được nâng lên rõ rệt.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Da-Wen Sun (1999). Comparison of rapid vacuum cooling of leafy and non-leafy vegetables, USA: Americal Society of Agricultural Engineering, 9085- 9659.

- Jin Ting-Xiang, Zhu Hong-Mei, Li Gai-Lian, Xu Lie (2005). Review on Research Development of Vacuum Cooling: 276-280.
- Jin Ting-Xiang, Li Gai-Lian, Zhang Quan Guo, Xu Lie (2005). Analysis of Affecting Factors of Vacuum cooling Process of different Vegetables. *Journal of Henan Agricultural University*: 71-74
- Karl McDonald, Da-Wen Sun (2000). Vacuum cooling technology for the food processing industry: 56-63
- Liana Drummond, Da-Wen Sun (2008). Immersion vacuum cooling of cooked beef - Safety and process considerations regarding beef joint size: 738-743.
- Li Wen Xiang, Zhang Min, Tao Fei, Yu Han Qing. Effect of Vacuum Precooling End-temperature on Short-term Fresh Preservation of Strawberry, 2006, 73-76.
- Liu Yang, Zou Tong Hua, Wu Shuang (2004). General researching and developing situation on vacuum pre-cooling technology: 6-10.
- Qi Zheng, Li Bao Guo, Meng Xiang, Wu Ya Qing (2006). Processing - preserving and cold storage chain of fresh - cut vegetables: 259-261.
- Shen Jiang, Liu Yan, Zou Tong Hua, Liu Jun (2005). Comparative Experimental Study on Vacuum Pre-cooling for Several Vegetables: 12-15.
- Sun Heng, Zhang Jie, Qi Zhao Gang, Deng Dong Quan, Xu Lie (2003). The experimental research of vacuum pre-cooling: 26-28.
- Turk R, Celik E. (1994). The effects of vacuum cooling on the quality criteria of some vegetables, 368:825-829.
- Zhang Yu. (2007). Theoretical and Experimental Study of Vacuum cooling of vegetables. Qingdao of University, 3: 32.
- Zhi Hang Zhang, Da-Wen Sun (2006). Effect of cooling methods on the cooling efficiencies and qualities of cooked broccoli and carrot slices: 320-326.