

BỘ NÔNG NGHIỆP & PHÁT TRIỂN NÔNG THÔN
VIỆN CƠ ĐIỆN NÔNG NGHIỆP & CÔNG NGHỆ SAU THU HOẠCH

BÁO CÁO KHOA HỌC

**ĐỀ MỤC: Nghiên cứu thiết bị và công nghệ bảo quản rau quả tươi
bằng khí ozon và ion âm qui mô vừa và nhỏ**
*(Thuộc Đề tài cấp Nhà nước về bảo quản và chế biến rau quả tươi
qui mô vừa & nhỏ)*

Chủ nhiệm đề mục: ThS. Trần Hồng Thao

Cán bộ tham gia: TS. Nguyễn Đình Lục
KS. Nguyễn Tấn Anh Dũng
KS. Trần Xuân Hưng
KS. Phạm Thị Nhớ

Hà nội - 10/2003

5342-4

25/5/05¹

ĐỀ MỤC

QUI TRÌNH CÔNG NGHỆ VÀ THIẾT BỊ BẢO QUẢN RAU QUẢ TƯƠI CÓ SỬ DỤNG OZONE KẾT HỢP ION ÂM

MỤC TIÊU

1. Nghiên cứu thiết kế, chế tạo thiết bị tạo Ozone và ion âm phục vụ các kho bảo quản rau quả tươi qui mô vừa và nhỏ.
2. Nghiên cứu xây dựng qui trình công nghệ bảo quản rau quả có sử dụng Ozone kết hợp ion âm trong quá trình bảo quản.

ĐỐI TƯỢNG VÀ PHẠM VI NGHIÊN CỨU

Thiết kế, chế tạo, lắp ráp, hiệu chỉnh thiết bị phát Ozone và ion âm năng suất 4g/h O_3 và 5×10^6 ion/s.

Triển khai các thí nghiệm bảo quản các loại quả: mận, vải, cam nhằm xây dựng qui trình công nghệ bảo quản áp dụng thiết bị tạo khí Ozone và ion âm.

SẢN PHẨM KHI NGHIỆM THU

Qui trình công nghệ và thiết bị.

NHÂN SỰ:

Chủ trì: Ths.Trần Hồng Thao

Tham gia: TS. Nguyễn Đình Lục

KS. Nguyễn Tấn Anh Dũng

KS. Trần Xuân Hưng

KS. Phạm Thị Nhớ

Với sự cộng tác của: TS. Nguyễn Thị Mai - Viện Công nghệ sau thu hoạch

KS. Ngô Ngọc Hân - Tổng Công ty Rau quả Việt nam

ThS. Nguyễn Xuân Thuỷ - Viện Cơ Điện Nông nghiệp

KS. Nguyễn Thị Hằng - Viện Cơ Điện Nông nghiệp

KS. Hồ Thị Tuyết - Viện Cơ Điện Nông nghiệp

Và một số cộng tác viên khác.

MỤC LỤC

I. ĐẶT VẤN ĐỀ	
1. Hiện trạng sản xuất và bảo quản rau quả ở Việt nam	Trang 4
2. Tác nhân gây hư hỏng hoa quả tươi trong quá trình bảo quản	Trang 4
3. Một số phương pháp chính bảo quản rau quả tươi	Trang 7
3.1. Bảo quản trong môi trường khí quyển được kiểm soát (CA)	Trang 7
3.2. Bảo quản trong môi trường vi khí quyển (MA)	Trang 7
3.3. Bảo quản bằng phương pháp chiếu xạ	Trang 8
3.4. Bảo quản trong môi trường Ozone	Trang 8
4. Ứng dụng của ozone và ion âm	Trang 9
5. Tạo khí ozone và ion âm	Trang 12
6. Kết luận	Trang 14
II. NGHIÊN CỨU THIẾT KẾ, CHẾ TẠO THIẾT BỊ TẠO OZONE VÀ ION ÂM	Trang 16
1. Tạo khí ozone và giải pháp kỹ thuật	Trang 16
2. Cơ sở khoa học thực tiễn và phương pháp nghiên cứu	Trang 16
2.1. Tổng hợp quá trình tạo khí ozone bằng nguồn điện xoay chiều tần số cao	Trang 16
2.1.1 Phương pháp phóng điện trong chất khí	Trang 16
2.1.2. Cơ sở lý thuyết quá trình, tổng hợp khí ozone trong hệ điện cực hình trụ có lớp điện môi	Trang 18
2.2. Ảnh hưởng các thông số điện đến hiệu suất tạo khí ozone	Trang 20
2.2.1 Mô hình nghiên cứu buồng phát ozone	Trang 21
2.2.2 Nghiên cứu ảnh hưởng các thông số đến quá trình tạo khí ozone	Trang 22
3. Kết quả nghiên cứu thực nghiệm các thông số, chế độ của buồng tạo khí ozone	Trang 22
3.1. Ảnh hưởng nhiệt độ & độ ẩm không khí đến hiệu suất máy phát ozone	Trang 23
3.2 Xác định hiệu suất tạo ozone và cường độ dòng điện phụ thuộc vào biên độ điện áp xung	Trang 24
3.3 Xác định năng suất tạo ozone phụ thuộc vào tần số xung	Trang 26
4. Cơ sở lý thuyết và phương pháp tạo ion âm	Trang 26
4.1. Tiền đề lý thuyết quá trình tạo ion âm	Trang 26
4.2. Kết quả nghiên cứu thử nghiệm	Trang 28
5. Chế tạo thiết bị tạo ozone và ion âm	Trang 30
III. THÍ NGHIỆM XÁC ĐỊNH ẢNH HƯỞNG CỦA OZONE VÀ ION ÂM	Trang 33
1. Nghiên cứu ảnh hưởng của khí ozone	Trang 33
2. Nghiên cứu ảnh hưởng của ion âm	Trang 35
3. Nghiên cứu ảnh hưởng của nước được sục khí ozone	Trang 36
4. Quy trình xử lý ozone trong bảo quản rau quả tươi	Trang 37
III. KẾT QUẢ TRIỂN KHAI BẢO QUẢN MỘT SỐ LOẠI QUẢ	Trang 38
1. Bảo quản cam	Trang 38
2. Bảo quản vải	Trang 39
IV. KẾT LUẬN VÀ ĐỀ NGHỊ	Trang 42

BÁO CÁO KHOA HỌC

I. ĐẶT VẤN ĐỀ

1. Hiện trạng sản xuất và bảo quản rau quả ở Việt nam

Việt nam là một nước nông nghiệp có diện tích dành cho sản xuất rau quả khoảng 533,4 nghìn ha năm 1999 (Statistical Yearbook, 2000) và theo Bộ Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn (1999) đến 2010 phần đầu sẽ mở rộng tới 550.000 ha diện tích trồng rau và 750.000 ha diện tích trồng quả. Sản lượng rau quả, nhờ vậy, tăng từ 6,8 triệu tấn rau và 5,5 triệu tấn quả năm 1999 (Statistical Yearbook, 2000) ước tính sẽ đạt 11 triệu tấn rau và 9 triệu tấn quả vào năm 2010. Trong đó, lượng rau quả được chế biến lên đến 820.000 tấn / năm và lượng rau quả cho xuất khẩu tươi lên 700.000 tấn / năm [1].

Sản lượng tăng sẽ dẫn đến lượng sản phẩm dư thừa khi chính vụ. Mặt khác rau quả tươi sau khi thu hoạch rất dễ bị hư hỏng nếu không có biện pháp xử lý và bảo quản thích hợp. Ngoài ra, rau quả lại mang tính thời vụ cao nên cần thiết phải có khâu bảo quản để duy trì chất lượng của rau quả tươi cho chế biến, cho đến tận tay người tiêu dùng trong nước hoặc xuất khẩu [1].

Theo thống kê thì tổn thất trong bảo quản đối với rau quả ở Việt Nam là 25 - 40 %, trong khi ở Thailan là 23 - 28 %, còn Singapore và Malaysia là 20 %. Tỷ lệ tổn thất lớn đẩy giá thành sản phẩm lên cao, chất lượng giảm nên khả năng xuất khẩu kém. Do vậy giảm tổn thất trong bảo quản nông sản là vấn đề mang tính cấp bách và có ý nghĩa to lớn về mặt kinh tế - xã hội.

Việc cung cấp rau quả tươi cho các cơ sở chế biến để tiêu dùng trong nước và xuất khẩu còn gặp rất nhiều khó khăn vì khi vận chuyển thường là rất xa, khi tới nhà máy thì rau quả tươi trở nên héo, dập không đáp ứng được về chất lượng cũng như về số lượng, phải thải loại nhiều. Đặc biệt là không chủ động đáp ứng được về số lượng cho kế hoạch sản xuất của các khu chế biến. Nên các cơ sở chế biến luôn bị động trong sản xuất.

Như vậy, một trong những giải pháp quan trọng nhất là đầu tư thiết bị và công nghệ bảo quản rau quả tươi sau thu hoạch để nâng cao giá trị sản phẩm và hạn chế tối đa tổn thất đảm bảo lợi ích cho người sản xuất, ổn định an toàn thực phẩm và chủ động cung ứng sản phẩm tiêu dùng cho xã hội và xuất khẩu.

2. Tác nhân gây hư hỏng rau quả tươi trong quá trình bảo quản

Trong quá trình bảo quản rau quả tươi, các biến đổi về vật lý, sinh lý và sinh hoá xảy ra có liên hệ chặt chẽ và phụ thuộc vào tính chất tự nhiên của rau

quả tươi: giống loại, điều kiện trồng và chăm sóc, độ già chín khi thu hái, kỹ thuật thu hái, vận chuyển và những yếu tố kỹ thuật trong quá trình tồn trữ [2].

Phần lớn rau quả tươi vẫn duy trì sự sống tiếp tục sau khi thu hái. Nhưng ở đây chủ yếu là quá trình phân huỷ và tiêu hao vật chất để sinh năng lượng để duy trì quá trình sống. Rau quả nhận oxy từ môi trường và trong quá trình hô hấp chúng thải ra cacbonic, hơi nước và nhiệt lượng.

a. Sự mất nước ở rau quả tươi

Sự thoát hơi nước là quá trình di chuyển nước ra khỏi các tế bào vào môi trường xung quanh, nghĩa là từ nơi có gradien nồng độ nước cao (bên trong quả với độ ẩm tương đối là 100%) đến nơi có gradien nồng độ nước thấp (môi trường không khí xung quanh quả). Các môi trường ẩm ướt làm giảm sự thoát hơi nước của rau quả. Do đó, quả và rau tươi thường được bảo quản ở các môi trường ẩm ướt có độ ẩm tương đối RH cao (khoảng 90 ÷ 98%) để hạn chế tối thiểu sự thoát hơi nước.

Khi rau quả bị mất dần hơi nước thì trọng lượng quả cũng bị suy giảm, dẫn đến rối loạn sự trao đổi chất và mất khả năng đề kháng với các tác dụng bất lợi từ bên ngoài. Dần dần, vỏ quả sẽ bị nhăn và bị mất đi giá trị thương mại. Nhưng độ ẩm cao đồng thời cũng tạo điều kiện thuận lợi cho các loại vi sinh vật phát triển gây thối hỏng. Nhiệt độ cao cũng làm tăng sự thoát hơi nước và dẫn tới giảm chất lượng quả.

Như vậy, sự thoát hơi nước ở rau quả phụ thuộc vào nhiệt độ, thành phần khí và độ ẩm môi trường bảo quản. Ngoài ra còn tùy thuộc vào đặc điểm và mức độ bị giập cơ học, tốc độ chuyển động của không khí, độ chín thu hái, cách bao gói ...

b. Sự hô hấp của rau quả tươi

Rau và quả cũng giống như các sản phẩm có nguồn gốc thực vật khác đều có sự hô hấp trong quá trình bảo quản. Cường độ hô hấp của các loại quả và rau khác nhau là khác nhau và thay đổi trong quá trình phát triển của quả. Số liệu đo được đã chứng tỏ rằng giai đoạn ban đầu của quả có cường độ hô hấp cao nhất. Trong giai đoạn phát triển tiếp theo thì cường độ hô hấp giảm mạnh và đạt giá trị lúc ban đầu. Khi diễn ra quá trình chín quả thì cường độ hô hấp lại tăng lên. Người ta gọi hiệu ứng đó là sự phát triển hô hấp đỉnh. Cuối cùng sau khi quả chín thì cường độ hô hấp lại giảm. Tuy nhiên cường độ hô hấp của các loại rau tăng lên đều đặn và giá trị đo được cuối quá trình bảo quản lớn hơn lúc thu hái. Các loại rau quả bị giập cơ học thì cường độ hô hấp tăng [1], [4].

Nhiệt độ bảo quản cao làm tăng sự hô hấp làm chín quả và tăng quá trình mất nước, khi nhiệt độ giảm xuống thì tốc độ hô hấp giảm thấp và làm chậm chín quả, đồng thời làm chậm sự phát triển của các vi sinh vật. Tuy vậy, nhiệt độ bảo quản quá thấp có thể gây tổn thương do lạnh đối với một số quả nhiệt đới và cận nhiệt đới. Mức độ thay đổi tốc độ phản ứng hô hấp phụ thuộc vào giống quả và vào mức độ chín của quả. Các phản ứng diễn ra ở quả trong quá trình hô hấp phụ thuộc nhiệt độ sẽ làm biến đổi nguồn cacbonhydrat dự trữ (Glucos-6-p) hoặc làm ảnh hưởng tới sự vận chuyển oxy. Vì vậy, sự hình thành mono và oligosacharit cũng như sự thay đổi cường độ hô hấp có thể xảy ra là phụ thuộc vào nhiệt độ bảo quản.

c. Thành phần không khí

Lượng khí O₂ và CO₂ trong môi trường bảo quản có tác động rất quan trọng đối với quá trình bảo quản rau quả tươi. Thông thường sự giảm hàm lượng O₂ hay tăng lượng CO₂ sẽ làm chậm sự hô hấp và thời gian bảo quản kéo dài thêm. Nhưng khi lượng CO₂ tăng cao quá sẽ phá vỡ cân bằng các quá trình sinh lý làm cho rau quả mất khả năng đề kháng tự nhiên, dẫn đến thâm đen và thối hỏng. Nếu lượng oxy ở quả rất nhỏ thì sự phân huỷ đường yếm khí sẽ đóng vai trò lớn và tạo ra các sản phẩm như rượu etylic và axetaldehyt. Chất lượng của sản phẩm bảo quản sẽ bị hư hỏng. Mức oxy thấp nhất đối với quả táo thường là 2%. Mức này phụ thuộc vào độ chín quả và thời gian từ khi thu hái [3].

d. Sự phát triển của các vi sinh vật

Các vi sinh vật, nấm mốc... bám trên bề mặt rau quả tập trung vào giai đoạn sau thu hoạch, bắt nguồn từ các công cụ kỹ thuật dùng trong thu hoạch, vận chuyển và bảo quản, trong đó kể cả các thiết bị kho tàng, bao bì. Lượng bào tử nấm trong tổng số lượng vi sinh vật chiếm khoảng 68 - 96%, đồng thời tập đoàn nấm mốc này chỉ thích hợp với độ ẩm cao [5].

Trong quá trình bảo quản 30% các sản phẩm tươi sống bị vi khuẩn làm hỏng ở giai đoạn thu hoạch, cất trữ, chế biến, vận chuyển, sắp xếp và giao hàng cho người tiêu dùng (Beuchat, 1991) [4].

Do đó trong quá trình bảo quản rau quả tươi, ngoài vấn đề hạn chế sự mất nước, giảm quá trình hô hấp và trao đổi chất, còn cần phải tiêu diệt hoặc ức chế sự phát triển của các loại vi sinh vật, nấm mốc gây thối hỏng, biến màu sản phẩm làm ảnh hưởng tới chất lượng rau quả bảo quản.

3. Một số phương pháp chính áp dụng bảo quản rau quả tươi

Đặc điểm của nông sản - thực phẩm là mang tính thời vụ do điều kiện tự nhiên của mỗi vùng quyết định. Với điều kiện khí hậu và đặc điểm đặc điểm địa lý riêng biệt mà một vùng nào đó trở nên rất thuận lợi cho việc sản xuất một vài loại nông sản, nhưng yêu cầu của thị trường là phải bảo quản phục vụ trái vụ và vận chuyển tới được những vùng khác không thể sản xuất chúng với tỷ lệ hư hỏng thấp nhất, chất lượng ổn định nhất nhằm thu được lợi nhuận tối đa. Bảo quản tốt nông sản - thực phẩm giúp chúng ta khắc phục được sự phụ thuộc vào thời vụ, làm ổn định chất lượng sản phẩm để cung cấp đủ nguyên liệu thường xuyên cho các nhà máy chế biến, đáp ứng nhu cầu tiêu dùng trong nước cũng như phục vụ cho xuất khẩu. Hiện nay, ngoài những phương pháp đóng hộp thực phẩm truyền thống như bảo quản lạnh, bảo quản bằng hoá chất, bảo quản bằng đóng hộp thực phẩm .v.v... Người ta đã phát triển sử dụng nhiều phương pháp bảo quản hiện đại mới như bảo quản trong môi trường khí quyển điều chỉnh, bảo quản bằng chiếu xạ, bảo quản bằng màng bọc.

3.1 . Bảo quản trong môi trường khí quyển được kiểm soát (CA).

Rau quả tươi được đưa vào phòng bảo quản kín, lạnh hoặc không lạnh, có hệ thống thông gió và cung cấp các khí O_2 ; N_2 ; CO_2 với thiết bị đo nhiệt độ, độ ẩm và nồng độ các khí này một cách tự động. Tất cả các thông số về nhiệt độ, độ ẩm và nồng độ các khí được kiểm soát rất chặt chẽ nên chất lượng bảo quản cao, tuy nhiên do giá thành tương đối cao nên chưa được sử dụng rộng rãi.

3.2. Bảo quản trong môi trường vi khí quyển (MA).

Phương pháp bảo quản này xuất hiện từ những năm 60. Rau quả được bảo quản trong các túi chất dẻo (PE; PP; PVC ...), khí ở trong túi kín rau quả sẽ hô hấp và tạo nên sự thay đổi môi trường không khí bên trong của túi chứa. Các hoạt động sống như trao đổi chất, hô hấp và thoát mồ hôi của rau quả được thực hiện khi có đủ một lượng oxy nhất định. Nếu lượng oxy thiếu thì trong rau quả sẽ xảy ra hô hấp kỵ khí, các quá trình trao đổi chất sẽ chậm lại và làm chậm sự thay đổi các thành phần hoá học, dinh dưỡng của quả. Mặt khác, khi thiếu oxy sự sinh trưởng và hoạt động phá hoại của vi sinh vật cũng trở nên kém hơn. Nếu làm giảm nồng độ oxy, tăng nồng độ N_2 ; CO_2 thì quá trình biến đổi sinh hoá bị ức chế, hoạt động của vi sinh vật bị ngừng trệ. Vì vậy có thể duy trì chất lượng rau quả bảo quản chỉ nên thay đổi một lượng oxy nhất định.

3.3. Bảo quản bằng phương pháp chiếu xạ.

Nguyên lý cơ bản của chiếu xạ thực phẩm là sử dụng các nguồn bức xạ năng lượng bức xạ sẽ ức chế các quá trình sinh lý, sinh hoá của nông sản thực phẩm sau thu hoạch, tiêu diệt các loại vi sinh vật, côn trùng và tiết sinh các loại ấu trùng có mặt trong hàng hoá chiếu xạ, nhờ đó mà kéo dài được thời gian bảo quản, nâng cao chất lượng và đôi khi có tác dụng như là một biện pháp xử lý kiểm dịch thực vật đối với rau quả sau thu hoạch.

Trong công nghệ bảo quản bằng chiếu xạ và đối tượng chiếu xạ người ta có thể sử dụng các liều hấp thụ khác nhau. Thông thường, đối với mục đích chiếu xạ bảo quản thực phẩm, người ta chỉ sử dụng liều thấp dưới 10 kGy. Điều kiện chiếu xạ cũng là một yếu tố rất quan trọng, chẳng hạn tác dụng của bức xạ sẽ khác nhau ở các điều kiện nhiệt độ khác nhau hay trong trường hợp có và không có oxy. Dựa trên kết quả của rất nhiều công trình nghiên cứu, vào năm 1980, hội nghị quốc tế của nhóm chuyên gia hỗn hợp thuộc liên hợp quốc là FAO/IAEA/WHO họp tại Ginevơ, Thụy Sĩ đã đi đến kết luận là tất cả các thực phẩm chiếu xạ với liều hấp thụ nhỏ hơn 10kGy thì hoàn toàn không gây độc cho người tiêu dùng. Các nước phát triển như Mỹ, Pháp, Canada... đã cho phép nhập khẩu nhiều mặt hàng chiếu xạ, thậm chí ở một số nơi hàng hoá chiếu xạ được ưa chuộng hơn do tính an toàn của nó [3].

3.4. Bảo quản trong môi trường Ozone

Rau quả tươi được đưa vào phòng bảo quản kín, lạnh hoặc không lạnh, có hệ thống thông gió và cung cấp khí O₃ với thiết bị đo nhiệt độ, độ ẩm và nồng độ khí này một cách tự động. Ozone có khả năng sát khuẩn mạnh nhờ khả năng oxi hoá các màng tế bào, nó có tác dụng diệt khuẩn và diệt nấm mốc trên bề mặt sản phẩm. Nó còn có thể loại trừ được các bụi hữu cơ, các vi sinh vật, các hợp chất độc hại và bay hơi. Ngoài ra Ozone còn phân huỷ etylen sinh ra trong quá trình bảo quản và như vậy nó trì hoãn quá trình chín của quả. Thời gian bảo quản do vậy được kéo dài thêm đáng kể. Tất cả các thông số về nhiệt độ, độ ẩm và nồng độ khí được kiểm soát rất chặt chẽ nên chất lượng bảo quản cao.

Hiện nay nhiều nước phát triển đã sử dụng Ozone trong chế biến và bảo quản nông sản, thực phẩm thay thế cho các hoá chất sát khuẩn. Gần đây, việc sử dụng Ozone trong chế biến và bảo quản thực phẩm được quan tâm hàng đầu khi Ủy ban Quản lý thuốc và Thực phẩm của Mỹ (FDA), vào ngày 21 tháng sáu năm 2001, đã ban hành một quyết định công nhận chính thức (21 CFR 173.368) về việc chấp nhận sử dụng Ozone như là một tác nhân chống vi sinh vật để xử lý, bảo quản và chế biến thực phẩm ở dạng khí và nước được

tiếp xúc trực tiếp với thực phẩm, bao gồm cả rau quả tươi chưa chế biến và đã được chế biến [6].

4. Ứng dụng của Ozone và ion âm

a. Tính năng của Ozone và Ion âm

- *Ozone*: Ozone có thể oxi hoá và phân huỷ rất mạnh nên nó dễ dàng oxi hoá hay khử rất nhanh nhiều loại mùi khó chịu, mùi lạ, mất khác do phản ứng oxi hoá nên nó phân huỷ các hợp chất màu do vậy người ta thường sử dụng nó vào mục đích khử mùi, khử màu. Đặc biệt là hướng sử dụng Ozone để khử trùng, các cuộc thí nghiệm cho thấy rằng khả năng oxi hoá của Ozone mạnh gấp 600 - 3000 lần khả năng của khuẩn que, do đó nó có thể diệt và ức chế hoạt động của hầu hết các loại vi khuẩn như: khuẩn tụ cầu, sa mone, nấm mốc và một số loại vi khuẩn khác trong thời gian ngắn. Ozone tiêu diệt các vi sinh vật có hiệu quả do khả năng oxi hoá các màng tế bào và phần lớn các gen bệnh, các vi khuẩn sinh ra trong thực phẩm cũng rất nhạy cảm với tác dụng của oxi hoá. Ozone có khả năng diệt trùng mạnh hơn clorin, là chất diệt trùng đang được sử dụng rất rộng rãi đối với các loại sản phẩm tươi sống, 52% và có hiệu quả với các vi sinh vật hơn clorin và một số chất tẩy trùng khác. Khả năng diệt khuẩn của Ozone chỉ đứng sau Flo và gấp 7 lần muối. Ngoài ra, Ozone có chu kỳ phân rã tương đối ngắn, sau khi phân rã nó không để lại hoá chất thừa dư và không làm biến đổi phân tử oxi qua phản ứng hay biến chất tự nhiên [4], [5].

- *Ion âm*: Sự cân bằng của những Ion âm và dương tính trong không khí bị ảnh hưởng bởi những tác động của môi trường. Trong không khí sạch, không bị ô nhiễm, những Ion âm và dương tính tồn tại với số lượng theo một tỷ lệ 5/4. Một Ion không khí âm là một nguyên tử hoặc phân tử oxi mà đã nhận được một điện tử và một Ion không khí dương thông thường là phân tử các bon - đioxit mà đã mất một điện tử [34].

Trong tự nhiên, các Ion âm được sản sinh dưới tác động của chớp, sau đó là sóng biển và các thác nước. Các Ion âm cũng rất nhiều trong những dãy núi và các cánh rừng, đây là những nơi có nồng độ Ion âm cao nhất.

Các nhà khoa học đã chứng minh được rằng với lượng lớn hơn 50.000 Ion âm/cm³ thì vi khuẩn không thể sống được nên nó cũng có khả năng sát khuẩn rất mạnh. Trong môi trường không khí các Ion âm sẽ trung hoà với các Ion dương và tạo nên một lượng Ion cần thiết cho môi trường sống.

Tuy nhiên, những nhà nghiên cứu hóa sinh và lâm sàng đã tìm thấy trong một loạt những sản phẩm hàng ngày thiết yếu đối với cuộc sống hiện

đại của chúng ta đã sản sinh một sự lượng thừa những Ion dương tính mà nó phá vỡ sự cân bằng tự nhiên của môi trường chúng ta. Trong khi hiển nhiên là không khí thuần khiết thì tốt hơn không khí bị ô nhiễm, vấn đề là có nhiều năng lượng hơn trong không khí thuần khiết so với các loại khác.

b. Ứng dụng trong bảo quản rau quả tươi

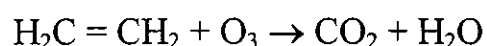
Khí Ozone được sử dụng như một chất bảo quản trong thực phẩm đầu tiên là tại Cologne, Đức vào năm 1909. Năm 1924 qua nghiên cứu Hartman tuyên bố rằng " Trong kho lạnh, dùng Ozone để ngăn chặn nấm phát triển rất hữu hiệu" và "trứng được bảo quản tốt ở độ ẩm tương đối là từ 88% đến 99% và có Ozone để ngăn ngừa sự phát triển của nấm mốc".

Một trong những thí nghiệm sớm nhất về vấn đề bảo quản hoa quả được thử nghiệm trên chuối qua xử lý Ozone do Gane thực hiện vào các năm 1933, 1934, 1935, 1936. Kể từ đó, nhiều cuộc nghiên cứu đã được tiến hành trên nhiều loại củ quả khác nhau như cà rốt, lê, đào, táo... Phần lớn những kết quả thu được cho thấy khả năng giữ tươi lâu tăng lên và khả năng nhiễm bệnh giảm xuống. Kupianoff, năm 1953, đã nhận thấy táo có thể kéo dài thời hạn bảo quản thêm vài tuần khi cung cấp cho nó 2 - 3 cm³ Ozone/m³ không khí khoảng vài giờ mỗi ngày. Tuy nhiên nồng độ Ozone đến 10 cm³ /m³ sẽ phá huỷ táo. Năm 1968, Norton và cộng sự nhận thấy rằng nồng độ Ozone 0,6 ppm ở 60⁰C có thể làm hư hỏng các quả Cranberry. Năm 1979, Baranovskaia và cộng sự đã chỉ ra là khoai tây có thể bảo quản rất dài ở nhiệt độ 6 - 14⁰C và độ ẩm 93 - 97% với nồng độ Ozone 3 ppm [4].

Nghiên cứu của Kondo và cộng sự, năm 1989, cho thấy có thể loại trừ 90% tổng lượng vi khuẩn bằng cách sử dụng nước Ozone hoá với nồng độ 2,3mg/L trong 60 phút đối với mẫu bắp cải Trung Quốc. Theo William và cộng sự (1995), nước rửa được Ozone hoá cho dây chuyền chế biến giảm được lượng vi khuẩn tới 1000 lần. Barth và cộng sự (năm 1995) đã đánh giá sự chống nấm gây thối rữa của quả mâm xôi khi có mặt Ozone tại phòng thử nghiệm kỹ thuật nông nghiệp của trường Đại học Tổng hợp Kentucky. Quả mâm xôi được thu hoạch và bảo quản 12 ngày ở 2⁰C, độ ẩm 90% trong môi trường có nồng độ Ozone là 0,0; 0,1; 0,3 ppm, sau đó đánh giá sự phân huỷ do nấm (*Botrytis cinerea*), anthocyanines, chất sắc tố và peroxide. Kho được xử lý Ozone ngăn không cho nấm phát triển trong 12 ngày, trong khi đó 20% lượng hoa quả sẽ bị hỏng nếu cất trong kho không có Ozone. Số lượng hoa quả qua xử lý không bị hỏng là rất đáng kể [8].

Năm 1996, Sarig và các đồng sự cũng chỉ ra rằng Ozone với nồng độ thấp (0,1 mg/g hoa quả) trong 20 phút làm giảm lượng nấm men và vi khuẩn trên nho nhưng với nồng độ cao hơn sẽ làm nho bị hư hại [4].

Một trong những hiệu quả quan trọng của Ozone trong quá trình bảo quản lạnh là làm giảm rất thấp quá trình chín của rau và quả. Rice và cộng sự, năm 1982, đã nhận thấy rằng, rất nhiều loại quả trong quá trình chín thì nhả ra một lượng khí Etylen, mà nó thúc đẩy nhanh thêm quá trình chín của chúng. Ozone đã rất hiệu quả trong việc khử Etylen thông qua các phản ứng hoá học, mà nó kéo dài thời hạn bảo quản của rau quả, phương trình của phản ứng như sau [7]:



Các nhà khoa học ở Trường đại học Tổng hợp California đã trồng lúa mạch, yến mạch, đậu Hà lan trong môi trường được bổ xung các Ion âm và nhận thấy mức độ tăng trưởng cao hơn đối chứng, ngược lại nếu môi trường có lượng Ion giảm xuống thì cây sẽ chậm phát triển và dễ mắc bệnh. Nghiên cứu của Tiến sĩ Albert Krueger cho thấy một số lượng tương đối nhỏ của các Ion âm có thể giết chết các vi khuẩn gây bệnh cúm và các bệnh truyền nhiễm về hô hấp trong không khí [9].

Năm 1993, Công ty Mitsubishi đã sử dụng các Ion âm để ngăn chặn sự phát triển nhanh của các vi khuẩn và nấm. Một máy phát Ion âm cung cấp vào trong buồng bảo quản lượng Ion âm là 10^4 ion / cm^3 . Thịt cá ngừ được xử lý bằng Ion âm và được bảo quản trong 4 ngày thì số lượng vi khuẩn trên bề mặt chỉ bằng 1/10 so với đối chứng. Tương tự, quả dâu tây được xử lý bằng Ozone và bảo quản trong 7 ngày thì mốc phát triển nhưng mẫu xử lý bằng Ion âm thì đã không có mốc. Đây là lần đầu tiên các Ion âm được sử dụng để giữ tươi hoa quả [10].

Trong một thí nghiệm của các nhà khoa học Nhật bản Tanimura và Yasuhiro đã thí nghiệm khả năng diệt khuẩn của ion âm đối với *Yellow staphylococcus* được nuôi trên các đĩa thí nghiệm. Kết quả đã thu được sau 3 ngày là với lượng ion âm 10^6 ion/ cm^3 thì số lượng vi khuẩn trên đĩa thí nghiệm còn khoảng 700 tế bào /đĩa trong khi đối chứng với ozone nồng độ 0,05 ppm là 800 tế bào và không xử lý là 900 tế bào [12].

Hiện nay người ta kết hợp sử dụng *hỗn hợp khí Ozone và ion âm trong bảo quản hoa quả, nông sản* và hiệu quả của nó cao gấp nhiều lần so với sử dụng đơn lẻ 2 loại khí trên. Theo các nghiên cứu hợp tác của Sở nghiên cứu Kokuritsu với công ty Mitsubishi thì sử dụng hỗn hợp khí trên một cách hợp

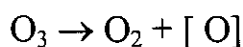
lý có thể bảo quản lê được 5 tháng, nho được 4 tháng so với lê và nho trước đây chỉ bảo quản được 2 - 3 tháng. Cam và quýt trước đây chỉ có thể bảo quản được 6 tuần thì sau khi áp dụng kỹ thuật mới này có thể giữ tươi đến 5 tháng [11].

Những ứng dụng hiện tại và tương lai: Ozone không phải là giải pháp tẩy trùng toàn diện cho việc chế biến mọi loại thực phẩm. Có rất nhiều ứng dụng tốt như tiệt trùng nước làm sạch thực phẩm, xử lý và quay vòng nước thải, xử lý nước lạnh và nước chế biến, tiệt trùng khí cho sản phẩm trong kho và khi vận chuyển. Tuy nhiên, bên cạnh những lợi ích của các ứng dụng còn có những hạn chế nhất định. Các qui định về môi trường cùng với sự gia tăng sử dụng chlorine hay những hợp chất halogen khác sẽ thúc đẩy hơn nữa nghiên cứu về công nghệ Ozone.

5. Tạo khí Ozone và ion âm

* Ozone được phát hiện lần đầu tiên vào năm 1785 do một nhà khoa học người Đức tên là Van Marum, đến năm 1840 nó mới được một nhà hoá học người Đức tên là Schonbein đặt tên là " Ozone" mà theo tiếng Hy Lạp có nghĩa là không khí trong lành.

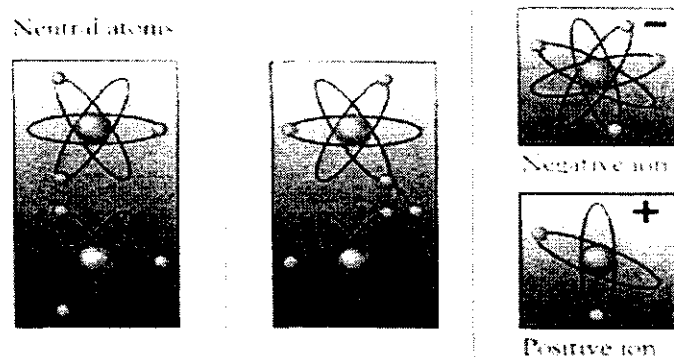
Ozone được ký hiệu là O_3 , phân tử của nó gồm 3 nguyên tử oxi, trọng lượng phân tử là 47,998. Nhiệt độ hoá lỏng: $-12,1^{\circ}C$; Nhiệt độ sôi: $-111,9^{\circ}C$; Nhiệt độ đông đặc: $-192,7^{\circ}C$. Nó có thể tan trong nước với tỷ trọng riêng gấp 1,7 lần tỷ của trọng không khí và gấp gần 1,5 lần tỷ trọng của oxy. Ozone chỉ có một lượng rất nhỏ trong bầu khí quyển, ở nồng độ thấp nó có mùi như mùi cỏ và nó có hương thơm đặc trưng không gây khó chịu cho da, mắt. Tuy ở nồng độ thấp hơn nó là chất khí gần như không màu, không mùi nhưng khi nồng độ tăng lên tới 15% nó có màu xanh da trời nhạt. Ozone là một chất đồng vị với oxi vì vậy nó có các phân tử rất linh hoạt và là một loại khí không ổn định. Phân tử ozone dưới các điều kiện thuận lợi được tạo thành từ ba nguyên tử oxi trong điều kiện nhiệt độ bình thường từ $18 - 30^{\circ}C$ và nhanh chóng phân rã thành phân tử và nguyên tử oxi tự do theo phương trình:



Nguyên tử oxi này rất linh hoạt và có khả năng phản ứng cao, vì vậy ozone cho khả năng oxi hoá rất mạnh và do đó rất hiệu quả trong khử trùng. Vận tốc của phản ứng phụ thuộc vào nhiệt độ, áp suất hỗn hợp khí và nồng độ ozone trong đó. Khi nhiệt độ cao hơn điều kiện tiêu chuẩn ozone phân rã gia tăng, tăng nhanh khi nhiệt độ trên $100^{\circ}C$ và phân rã hoàn toàn ở $250^{\circ}C$.

Nghiên cứu tính chất lý hoá của ozone cho phép sử dụng có hiệu quả trong các quá trình ôxy hoá, nồng độ an toàn và tiến hành tổng hợp và phân ly ozone trong các chế độ tối ưu.

* Ion chính là những nguyên tử hoặc những phân tử mà được tăng thêm hoặc mất đi một số điện tử. Những nguyên tử hoặc những phân tử mà đã mất



một số điện tử được gọi là những ***Ion dương*** tính, trong khi những nguyên tử hoặc những phân tử mà đã thêm được một điện tử là những ***Ion âm***.

Trong không khí các ion âm chuyển động tương đối nhanh và khi tiếp xúc với các bụi lơ lửng trong không khí hay các vi khuẩn chúng tạo thành các phản ứng ion hoá và tạo nên hiệu quả diệt khuẩn rất cao.

Thiết bị khí ozone để bảo quản hạt giống ở Việt Nam đã được Viện Cơ Điện Nông nghiệp (trước kia) nghiên cứu và triển khai từ năm 1992 - 1995 trong khuôn khổ đề tài KC - 04 - 14 - 04. Nhóm nghiên cứu đã chế tạo thành công máy Ozonol-2 có năng suất tạo khí ozone 1 gO₃/h theo nguyên lý phóng điện thăm trong hệ điện cực kim - mặt phẳng [5]. Các kết quả nghiên cứu triển khai bảo quản thóc giống và các kết quả nghiên cứu thăm dò bảo quản một số loại quả cam, vải, quýt ... đã cho các kết quả khả quan.

Tuy nhiên, trong quá trình sử dụng để bảo quản quả tươi nhóm nghiên cứu nhận thấy máy Ozonol-2 còn có một số hạn chế như: năng suất tạo khí ozone còn thấp đối với mục đích bảo quản rau quả tươi, kết cấu dạng điện cực kim - mặt phẳng không cho phép nâng cao điện thế giữa 2 cực, do vậy khó có thể nâng cao công suất thiết bị. Hệ thống sấy và lọc khí còn đơn giản nên chất lượng không khí vào buồng phát ozone chưa đảm bảo cấu tạo công kênh. Nhằm nâng cao được công suất ozone phục vụ cho mục đích bảo quản trong các kho bảo quản rau quả tươi cần phải có thiết bị công suất lớn hơn. Để đạt được mục đích này và để tăng hiệu suất của máy phát ozone thông thường hệ thống điện cực được chế tạo dạng ống và được làm mát.

Hiện nay, một số cơ sở trong nước đã bắt đầu nhập và chế tạo thiết bị tạo khí ozone như Công ty OBM, Công ty Greentech... Tuy nhiên các thiết bị

trên, trừ loại nhập ngoại về lắp ráp (Công ty Dân Xuân), làm việc không ổn định, kết cấu đơn giản, hiệu suất thấp do thiếu hệ thống sấy, lọc sạch không khí cấp cho buồng tạo ozone.

Cho đến nay Nga, Đức, Nhật, Mỹ chủ yếu sản xuất các thiết bị tạo khí ozone dạng điện cực ống. Trong những năm gần đây nhờ các tiến bộ của khoa học kỹ thuật và vật liệu cách điện chuyên dùng ở Pháp có xu thế phát triển máy ozone dạng điện cực phẳng, vì loại này có ưu điểm gọn nhẹ [5].

Thiết bị tạo ion âm được chế tạo theo nguyên lý cho luồng không khí đi qua buồng phóng điện của hệ thống điện cực kim mặt phẳng sau đó đi qua bộ lọc ozone và chỉ cho các ion âm đi qua [12], tuy nhiên kết cấu của thiết bị này tương đối phức tạp chỉ sử dụng cho các thiết bị công suất lớn. Hướng khác, người ta chế tạo các buồng ion hoá mà trước cửa khí vào có màng lọc bụi tĩnh điện, bên trong buồng ion hoá được đặt hệ điện cực mà nó được cung cấp bởi nguồn điện thế cao áp với tần số cao [13, 14]. Cửa ra của buồng ion hoá là luồng ion âm dùng cho các yêu cầu diệt khuẩn.

Từ năm 1997 - 1998, Công ty kỹ thuật điện Airlux, Công ty điện tử Mitsubishi đã nghiên cứu hoàn chỉnh và tiến hành sản xuất các thiết bị diệt nấm mốc, vi khuẩn và khử mùi sử dụng khí Ozone kết hợp với ion không khí âm thu được hiệu quả rất tốt.

6. Kết luận

- Việc sử dụng ozone và Ion âm trong công nghiệp thực phẩm ngày càng phát triển. Một số lĩnh vực trước đây bị cấm sử dụng ozone vì lý do tiếp xúc trực tiếp với thực phẩm nay đã được phép. Đặc biệt từ khi Ủy ban Quản lý thuốc và Thực phẩm của Mỹ (FDA) ban hành một quyết định công nhận chính thức về việc chấp nhận sử dụng ozone như là một tác nhân chống vi sinh vật để xử lý, bảo và chế biến thực phẩm ở dạng khí và nước được tiếp xúc trực tiếp với thực phẩm, bao gồm cả rau quả tươi chưa chế biến và đã được chế biến thì quá trình nghiên cứu sử dụng ozone vào các lĩnh vực trong bảo quản và chế biến nông sản, thực phẩm càng được thúc đẩy mạnh. Các cơ sở sử dụng ozone cần áp dụng tốt các tiêu chuẩn về an toàn để bảo vệ công nhân cũng như bảo vệ các sản phẩm tránh dùng quá liều.

- Trong bảo quản rau quả: ozone giảm được lượng vi khuẩn, ngăn không cho nấm phát triển, khử Etylen ... kéo dài thời hạn bảo quản của rau quả. Ion âm ngăn chặn sự phát triển nhanh của các vi khuẩn và nấm. Hạn chế: ozone và ion âm tấn công các loại nấm và khuẩn trên bề mặt tốt, khả năng thâm nhập sâu kém, chú ý độ ẩm không khí.

- Công nghệ bảo quản rau quả xử lý hoá chất tạo ra các ảnh hưởng có hại của hoá chất còn dư trên sản phẩm nên việc sử dụng nó trong bảo quản rau quả tươi ngày càng bị hạn chế. Việc sử dụng Ozone và ion âm trong công nghiệp thực phẩm ngày càng phát triển. Một số lĩnh vực trước đây bị cấm sử dụng Ozone vì lý do tiếp xúc trực tiếp với thực phẩm nay đã được phép. Các cơ sở sử dụng Ozone cần áp dụng tốt các tiêu chuẩn về an toàn để bảo vệ công nhân cũng như bảo vệ các sản phẩm tránh dùng quá liều. Các nghiên cứu ứng dụng ozone và ion âm cho thấy chúng phát huy tốt tác dụng diệt khuẩn kết hợp với môi trường có nhiệt độ thấp và độ ẩm cao để bảo quản rau quả tươi lâu hơn, chất lượng cao.

- Trên cơ sở các kết quả nghiên cứu của đề tài KC 04 - 14 - 04 và các mẫu máy phát ozone và ion âm mới của Nhật, Canada cùng với các tiến bộ trong lĩnh vực vật liệu và điện tử cho phép có thể chế tạo thiết bị phát ozone và ion âm nhỏ gọn, hiệu suất cao và dễ sử dụng trong điều kiện thực tế hiện nay ở nước ta.

- Dựa trên những công trình nghiên cứu và ứng dụng ozone và ion âm của các nước tiên tiến tiến hành các thí nghiệm xác định khả năng diệt khuẩn, nấm mốc của chúng với một số loại quả chủ yếu của Việt Nam như vải, mận, cam, quýt.

- Đồng thời dựa trên các công nghệ bảo quản rau quả tươi có điều chỉnh, khống chế nhiệt độ và độ ẩm, ứng dụng ozone và ion âm thích hợp với từng loại đối tượng để kéo dài thời hạn bảo quản của chúng trong điều kiện khí hậu Việt Nam. Từ đó đề xuất qui trình công nghệ thích hợp cho việc áp dụng khí ozone và ion để kéo dài thời hạn bảo quản rau quả tươi có chất lượng cao mà không gây ô nhiễm môi sinh.

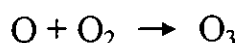
II. NGHIÊN CỨU THIẾT KẾ, CHẾ TẠO THIẾT BỊ TẠO OZONE VÀ ION ÂM

1. Tạo khí ozone và giải pháp kỹ thuật

Ozone là một đồng vị không bền của ôxy, có khả năng ôxy hoá mạnh được sử dụng ở nhiều lĩnh vực nhằm mục đích ôxy hoá, sát khuẩn, khử mùi, khử màu... tổng hợp ozone có thể thực hiện bằng nhiều phương pháp: điện phân, axits, bức xạ ion hoá nhưng phổ biến nhất là giải pháp quang hoá và phóng điện trong chất khí.

Ozone được tạo ra bằng phương pháp điện phân H_2SO_4 , $HCCO_4$ có nồng độ chiếm 30 ÷ 38% tương đương 60 ÷ 76% mg/m^3 , đối với các oxýt hay muối - nồng độ thu được cao hơn. Phương pháp này phức tạp, khó áp dụng rộng rãi. Phương pháp quang hoá dựa trên hiệu ứng bức xạ mặt trời trong điều kiện tự nhiên. Lượng ozone được tạo thành do quá trình quang hoá trong khí quyển rất cao đạt 3,2.10⁹T, nhưng trong thực tế không thể điều chế được ozone nồng độ cao nên chưa được áp dụng.

Tổng hợp khí ozone dựa trên hiệu ứng phóng điện ngưỡng là phương pháp phổ biến nhất. Nhờ phân ly phân tử ôxy dưới tác động điện năng phóng điện trong lớp không khí giữa các điện cực thành nguyên tử ôxy ở trạng thái kích và liên kết với phân tử ôxy khác tạo thành ozone O_3 , bản thân O_3 dễ phản ứng nguyên tử ôxy tạo thành phân tử ôxy. Diễn biến quá trình phân ly tán hợp trên có thể được mô tả bằng các biểu thức [15]:



Thế cân bằng linh hoạt giữa hình thành và phân rã ôzone xác định nồng độ phản ứng do vậy nồng độ ozone có thể được 5 ÷ 7%.

2. Cơ sở khoa học thực tiễn và phương pháp nghiên cứu.

2.1. Tổng hợp quá trình tạo khí ozone bằng nguồn điện xoay chiều tần số cao.

2.1.1 Phương pháp phóng điện trong chất khí.

Ở điều kiện bình thường các phân tử hỗn hợp son khí trong không khí nằm trong trạng thái nhiệt động học cân bằng, giữa chúng không thể xảy ra chuyển biến hoá học. Những công trình nghiên cứu động học các phản ứng hoá học trong chất khí [15] cho thấy tốc độ phản ứng chủ yếu được xác định

bởi năng lượng dự trữ ở mức dao động tự do của các phân tử. Để có được những chuyển biến hoá học cần cung cấp một năng lượng để tạo kích thích dao động các phân tử. Các phân tử bị kích thích mất trạng thái cân bằng thúc đẩy quá trình hoạt hoá các chất trong khí. Để làm giảm năng lượng hoạt hoá của các phân tử và tạo được khí phân tử mất cân bằng sử dụng phương pháp phóng điện trong không khí nhờ điện trường cao áp không đồng nhất (phóng điện thẳm và phóng điện corona). Phương pháp này có nhiều ưu việt và đang được ứng dụng rộng rãi. Nằm trong điện trường điện tử tự do và các ion chuyển động hỗn loạn chịu tác dụng của lực Culon $\vec{F}$ phụ thuộc vào cường độ điện trường $\vec{E}$.

$$\vec{F} = \rho \cdot \vec{E} \quad (2.1)$$

ở đó: $\vec{E}$ - véc tơ cường độ điện trường;
 ρ - mật độ điện tích.

Ozone được tạo ra bởi quá trình phản ứng trong phóng điện là do phân ly phân tử khí ôxy. Phân ly có thể xảy ra chỉ khi va đập không đàn hồi các điện tử tự do với các phân tử [22].

Năng lượng va đập không đàn hồi của điện tử với các phân tử được xác định theo biểu thức:

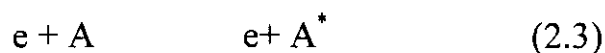
$$X_k = \frac{m}{m + m_1} \quad (2.2)$$

ở đó: m, m_1 - khối lượng của phân tử và điện tử tương ứng.

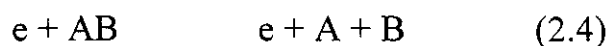
Công thức (2.2) cho thấy thực tế toàn bộ động năng của điện tử tham gia vào biến đổi trạng thái năng lượng của phân tử. Trong vùng plasma phóng điện xảy ra các quá trình ion hoá, phân ly và kích thích các phân tử, tạo ra các phản ứng hoá học. Vì thế hoạt hoá các biến đổi hoá học trong vùng plasma phóng điện chất khí gắn liền với va đập không đàn hồi.

Các quá trình va đập chủ yếu của điện tử với các phân tử và nguyên tử bao gồm [27]:

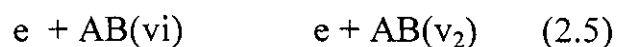
- 1- Va đập không đàn hồi tạo nên trạng thái điện tử bị kích thích .



- 2- Phân ly phân tử do va đập điện tử

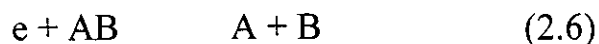


- 3- Tạo trạng thái dao động kích thích



ở đó v là số Kvant dao động của phân tử

- 4- Kết dính phân ly của các điện tử vào phân tử



- 5- Tái hợp phân ly



- 6- Ion hoá phân tử hay nguyên tử do va đập điện tử



ở đó : A, B - nguyên tử

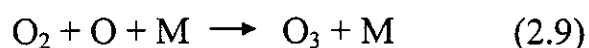
AB - phân tử

A^*, B^* - nguyên tử kích thích

Nhờ các quá trình chủ yếu này vùng phóng điện plasma của chất khí làm xúc tác cho các biến đổi hoá học khác nhau.

Một trong những dạng phản ứng trong phóng điện plasma là phản ứng tạo khí ozone. Vai trò chủ yếu trong quá trình tạo khí ozone là các phân tử oxy bị kích thích điện do quá trình va đập phân tử oxy từ trạng thái kích thích sang trạng thái phản ứng hoá học cao hơn. Xác suất phân ly phân tử oxy lớn nhất tương ứng với mức năng lượng của điện tử từ giá trị ngưỡng (khoảng 4,5 electron volt) đến mức năng lượng ion hoá phân tử oxy (12 electron volt), vượt quá mức này phân ly giảm xuống đột ngột. Để tạo được ozone ổn định cần có năng lượng kích thích từ 6 đến 8,4 eV [19,20]

Quá trình tổng hợp ozone từ nguyên tử oxy và phản ứng tái hợp được mô tả bằng phương trình [21]



ở đó: M - hạt son khí

Nồng độ ozone của các phản ứng phân ly, tái hợp ở buồng phóng điện đạt 5 ÷ 7% (tính theo thể tích).

2.1.2. Cơ sở lý thuyết quá trình, tổng hợp khí ozone trong hệ điện cực hình trụ có lớp điện môi.

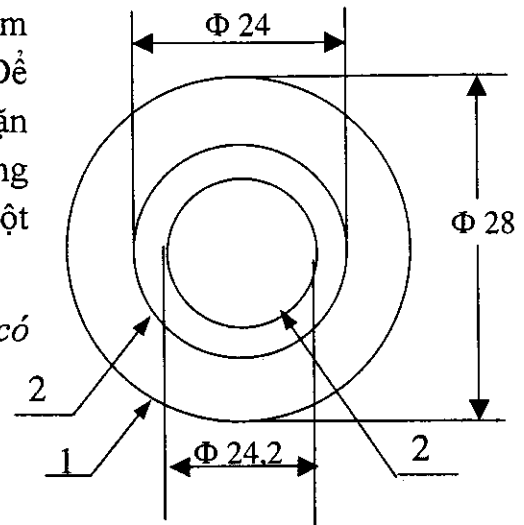
Quá trình tạo khí ozone bằng phương pháp ion hoá lớp không khí giữa hai điện cực phụ thuộc nhiều yếu tố: phóng điện ngưỡng, cấu hình, vật liệu điện cực và tần số điện áp...

Những nghiên cứu [19] cho thấy điện áp ngưỡng phóng điện qua lớp không khí giữa các điện cực không có đệm điện môi không ổn định. Nguyên nhân sau khi phóng điện, hiệu điện thế của khoảng không khí giảm xuống do

thay đổi trở kháng tải máy phát có thể ngừng phóng điện. Mặt khác không khí đi qua buồng phóng điện bị hút bám vào cực phát điện tự làm giảm giá trị điện áp ngưỡng xuống 10-15% ở tần số điện nguồn nuôi hàng chục KHz[18]. ảnh hưởng bụi bẩn đến giảm điện áp ngưỡng kể cả tần số 50HZ và khi tần số tăng càng giảm nhiều, đặc biệt ở giai đoạn đầu sau ngưỡng. Để ổn định quá trình điện ngưỡng, ngăn chặn phóng điện leo do máy điện tiến chuyển động dịch trượt trên bề mặt một trong cực phủ một lớp điện môi (Hình 2.1)

Hình 2.1 Sơ đồ kết cấu hệ điện cực có lớp điện môi

- 1- Cực ngoài
- 2- Điện môi
- 3- Điện cực trong



Điện cực đệm lớp điện môi có nhiều ưu điểm so với điện cực trơn: Điện áp ngưỡng cao, giảm hao phí năng lượng, tăng độ bền điện của lớp không khí giữa các điện cực [19]. Cường độ điện trường giữa hai điện cực bằng tổng điện trường thành phần của lớp điện môi và không khí.

$$E = E_d + E_k \quad (2.10)$$

Ở đó E_d , E_k cường độ điện trường lớp điện môi và không khí tương ứng phân bố trường giữa điện cực phụ thuộc vào tính chất của lớp điện và không khí. Cường độ điện trường trên bề mặt lớp điện môi được xác định bằng biểu thức:

$$E_d = (U : 2\pi\epsilon_1 r_0) \cdot C_d \cdot C_k : (C_d + C_k) \quad (2.11)$$

ở đó: U - Hiệu điện thế giữa hai điện cực

C_d - điện dung của lớp điện môi

C_k - điện dung của khoảng không khí giữa lớp điện môi và cực ngoài 1

ϵ_1 - độ thấm điện môi của không khí.

C_d , C_k được tính theo biểu thức [19]

$$C_d = (2\pi\epsilon_2 : \ln. r_0 / r_n) \cdot l \quad (2.12)$$

$$C_k = (2\pi\epsilon_1 : \ln.R/r_0) \cdot l \quad (2.13)$$

ở đó: ϵ_2 - độ thấm điện môi của lớp điện môi

l - chiều dài điện cực

Điện dung của hệ điện cực được tạo bởi Cd và Ck nối tiếp nhau trên đơn vị chiều dài điện cực $l = 1\text{m}$.

$$C = C_d.C_k / (C_d + C_k) \quad (2.14)$$

Từ (2.2) xác định điện áp ngưỡng được xác định bằng biểu thức;

$$U_0 = E_0 2\pi \epsilon l (C_d + C_k) / C_d.C_k \quad (2.15)$$

Và cường độ dòng điện tương ứng điện áp ngưỡng

$$I = (U - U_0) / R_d \quad (2.16)$$

ở đó: $R_d = [(ln .r_0/r_n) / 2\pi].\rho$ - điện trở của lớp điện môi trên đơn vị chiều dài om - m

ρ - điện trở suất của lớp điện môi

Biểu thức (2.7) cho thấy, lượng ozone tạo ra phụ thuộc vào bội của điện áp ngưỡng $n = u/u_0$ và điện trở của lớp điện môi R_d .

Nghiên cứu quá trình phóng điện trong chất khí có đệm điện môi trên điện cực [19] cho phép thiết lập lớp đệm đến quá trình ion hoá không khí. Điều kiện ổn định ion hoá được xác định bằng thực nghiệm nằm trong giới hạn sau:

$$n = U/U_0 > 1,$$

$$\rho.\epsilon_2 \gg 2.10^{10} \text{ om.m}$$

Trong thực tiễn vật liệu của lớp đệm điện môi được dùng phổ biến là thủy tinh (tốt nhất là thủy tinh pirex), vật liệu lý tưởng là gốm vì chúng có điện trở suất lớn.

2.2. Ảnh hưởng các thông số điện đến hiệu suất tạo khí ozone.

Hiệu suất tạo khí ozone bằng phương pháp phóng điện trong chất khí phụ thuộc vào hai yếu tố: hiệu suất tạo oxy nguyên tử và quá trình chuyển hoá oxy nguyên tử thành ozone. Trong [19] cho thấy hiệu suất tạo oxy nguyên tử được xác định đại lượng điện trường so với mật độ phân tử oxy E/P_0 (gọi là điện trường qui đổi).

Hiệu suất được tính bằng biểu thức:

$$\eta_0 = K_p . P_0 / v_p . E \quad (2.17)$$

ở đó: K_p - hệ số tốc độ phân ly từ oxy;

v_p - tốc độ trôi điện tử

P_0 - mật độ phân tử oxy trong buồng phóng điện.

Từ (2.17) ta thấy với một giá trị E nhất định hiệu suất tạo ozone phụ thuộc chủ yếu vào mật độ phân tử oxy và đạt cao nhất P_0 lớn nhất. Trong

trường hợp này trong buồng phóng điện chỉ có ôxy không có những thành phần khác của không khí (trong thực tế một số hãng đã tạo ozone bằng cách này). Cường độ điện trường quyết định năng lượng bứt tách điện tử ra khỏi điện cực và tốc độ trôi trong khoảng cách phóng điện. Do thời gian khoảng chạy tự do đến va đập và tồn tại ở mức năng lượng cao không lâu 10^{-3} s nên hiệu quả tạo khí ozone đạt cao nhất khi sử dụng điện áp phóng điện dạng xung. Công ở chế độ xung thúc đẩy quá trình bứt điện tử. Ngoài ra thời gian quá trình tạo ozone kéo dài cỡ vài microgiây [33].

Như vậy năng suất phát ozone trong một đơn vị thời gian tỷ lệ thuận với công suất và được tính bằng công thức:

$$Q = P = K.I.U \quad (2.18)$$

ở đó: p - công suất tiêu tán trong vùng ion hoá.

I, U - cường độ dòng điện và điện áp ngưỡng.

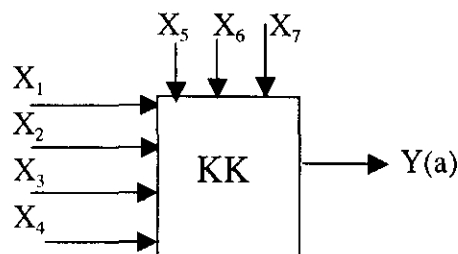
K - hệ số tỷ lệ.

Ở chế độ xung cường độ dòng điện phụ thuộc biên độ điện áp, độ rộng sườn xung và tần số dao động. Mặt khác khi sử dụng điện áp xung tần số cao sẽ sinh nhiệt quá trình phân rã ozone tăng và độ ẩm tăng làm giảm năng lượng ở khoảng phóng điện giữa các điện cực.

Từ những luận điểm lý thuyết trên cho thấy năng suất tạo khí ozone phụ thuộc vào nhiều yếu tố, những yếu tố chính: Nhiệt độ, độ ẩm, tốc độ cấp khí (hoặc ôxy), tần số dòng, điện áp phóng điện. Để tăng năng suất và độ tin cậy làm việc của thiết bị phát ozone không khí đưa vào cần được sấy, làm sạch bụi bẩn và làm điện cực. Đối với từng thiết kế cụ thể, các yếu tố trên được xác định bằng thực nghiệm.

2.2.1 Mô hình nghiên cứu buồng phát ozone

Từ các thông tin tiền định và phân tích mục 2.1 cho thấy tạo khí ozone mang tính ngẫu nhiên (Hình 2.2). Đối tượng nghiên cứu có các yếu tố đầu vào phân làm ba nhóm chính:



Quá trình tổng hợp ozone được mô tả bằng biểu thức :

$$R = f(x,y)$$

Các yếu tố công nghệ bao gồm x_1 điện áp công tác; x_2 tần số làm việc; x_3 , x_4 đường kính trong và ngoài của điện cực hình trụ. X_5 độ dày lớp điện môi. Yếu tố môi trường bao gồm tốc độ gió v (m/s), nhiệt độ $t^{\circ}\text{C}$, độ ẩm không khí $w\%$. Thông số đầu ra là năng suất tạo khí ozone Q , mg/h.

2.2.2 Nghiên cứu ảnh hưởng các thông số đến quá trình tạo khí ozone

Phân tích những nghiên cứu thực nghiệm [21] quá trình tạo khí ozone bằng phương pháp phóng điện trong khí phụ thuộc vào ba nhóm yếu tố chính. Trong các yếu tố môi trường, nhiệt độ và độ ẩm ảnh hưởng đến quá trình tạo ozone nhiều nhất. Khi tăng nhiệt độ t và độ ẩm w lượng ozone thoát ra giảm.

Các thông số kết cấu bao gồm độ lớn khoảng cách phóng điện, hình dáng, kích thước và vật liệu của điện cực. Vật liệu của điện cực nhận điện tử không ảnh hưởng đáng kể đến các quá trình phát ozone. Điều này đã được khẳng định bằng thực nghiệm [19]. Đối với điện cực hình trụ đồng trục khoảng cách phóng điện liên quan đến hiệu suất tạo khí ozone (làm tăng hay giảm cường độ điện trường giữa hai điện cực).

Các thông số chế độ tạo ozone bao gồm cường độ dòng điện phóng điện, cực tính, dạng và đại lượng điện áp với điện cực. Dòng phóng điện đặc trưng cho cường độ tạo các điện tử tự do trong buồng phát. Dòng càng lớn thì số điện tử tự do tăng lên lượng ozone được tạo ra lớn. Nghiên cứu thực nghiệm cho thấy lượng ozone tỷ lệ thuận với cường độ dòng phóng điện trong dải biến đổi rộng. Trong [21] đã tiến hành nghiên cứu thực nghiệm thấy cực tính điện cực ảnh hưởng đến quá trình tạo ozone bằng phương pháp phóng điện trong chất khí.

Để nâng cao tối đa hiệu suất phát ozone đề tài ứng dụng dạng điện áp nuôi điện cực xung. Nghiên cứu đặc thù phóng điện trong chất khí và nguồn nuôi dạng xung chỉ rõ các quá trình diễn biến có tính chất rời rạc về thời gian và không gian. Những nghiên cứu điện áp nuôi dạng xung [32] cho thấy mật độ điện tích và cường độ điện trường giữa các điện cực phụ thuộc vào các thông số xung, biên độ điện áp U_a và tần số dao động f .

3. Kết quả nghiên cứu thực nghiệm các thông số, chế độ của buồng tạo khí ozone

Quá trình tổng hợp khí ozone bằng phương pháp phóng điện trong chất khí là những hàm đa yếu tố phụ thuộc vào các thông số điện, kết cấu và môi trường.

Nghiên cứu các thông số này được tiến hành bằng phương pháp thực nghiệm thống kê xác định miền biến thiên của chúng. Để đạt được mục đích trên đề tài thiết kế, chế tạo dàn thí nghiệm bao gồm các bộ phận chính sau: buồng phát ozone hình trụ đồng trục, ống trong có đường kính Φ 24mm, dài 320mm, ống thủy tinh Φ 24,2mm dài 400mm, ống ngoài đường kính Φ 28mm, dài 320mm, ống trong và ngoài có độ dày 1,2mm, vật liệu thép chống rỉ (inox); bộ phát xung có giải tần số 100Hz đến 20KHz, buồng sấy không khí được lọc bởi chất xúc tác đặc biệt, điều khiển nhiệt độ bằng thiết bị điện tử RS-6, nguồn điện áp xung 10 ÷ 20kV, vôn kế, ampe kế, nhiệt kế và máy đo nồng độ ozone Trip Plus TTP-0141-k dải đo 0 - 10ppm có thể ghi giữ liệu số liệu và ghép nối máy tính.

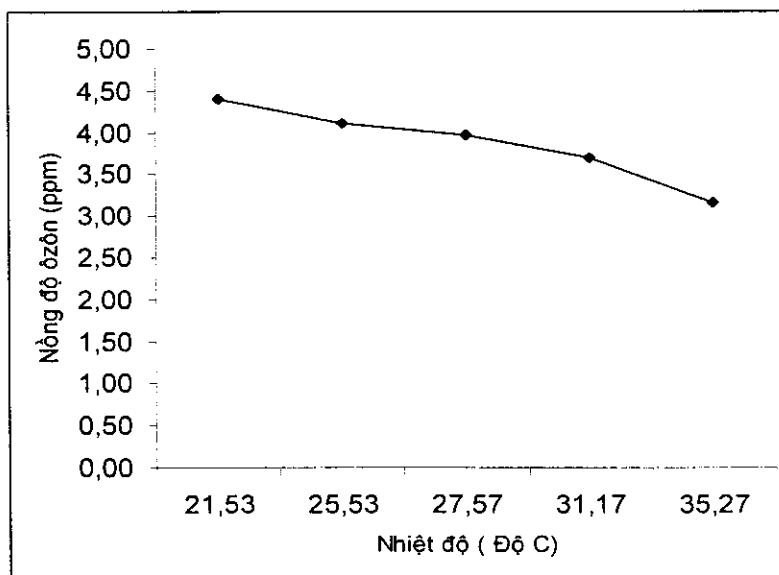
Hiệu suất của máy phát ozone phụ thuộc vào nhiều yếu tố. Qua phân tích mục 2.12; 2.13 cho thấy những các thông số cơ bản ảnh hưởng đến hiệu suất tạo ozone là nhiệt độ, độ ẩm, vận tốc cấp khí hoặc ôxy vào buồng phát, tần số dòng điện, điện áp phóng, làm mát điện cực.

3.1. Ảnh hưởng nhiệt độ & độ ẩm không khí đến hiệu suất máy phát ozone

Nhiệt độ và độ ẩm không khí thay đổi phụ thuộc lẫn nhau. Nhiệt độ tăng, độ ẩm cũng tăng lên. Để xác định mức định ảnh hưởng của nhiệt độ và độ ẩm không khí, thực nghiệm được tiến hành với buồng khí có thể tích 3m³, có thể hạ nhiệt độ xuống 24-25⁰C. Khí được bơm vào buồng tạo ozone ở ngoài được cấp nguồn nuôi xung có biên độ Um = 9,5 KV, f = 750Hz.

Ảnh hưởng của nhiệt độ và độ ẩm không khí đến quá trình tạo khí ozone được thể hiện ở bảng 1, đồ thị hình 2.3.

N _{tt}	Độ ẩm khí vào W%	Nhiệt độ khí vào °C	Nồng độ O ₃ (ppm)
1	95,0	35,3	3,2
2	95,2	35,3	3,1
3	95,3	35,2	3,2
TB	95,17	35,27	3,17
1	90,0	31,0	3,7
2	90,1	31,2	3,7
3	90,3	31,3	3,7
TB	90,13	31,17	3,70
1	84,4	27,6	4,0
2	84,0	27,5	3,9
3	84,2	27,6	4,0
TB	84,20	27,57	3,97
1	69,5	25,5	4,1
2	69,3	25,5	4,1
3	69,6	25,6	4,1
TB	69,47	25,53	4,10
1	61,5	21,5	4,4
2	61,7	21,6	4,4
3	61,4	21,5	4,4
TB	61,53	21,53	4,40



Hình 2.3. Đồ thị ảnh hưởng của nhiệt độ không khí đến năng suất phát ozone

Phân tích đồ thị hình 2.3 thấy nồng độ máy phát ozone suy giảm khi nhiệt độ và độ ẩm không khí tăng. Ở độ ẩm trên 85 %, nồng độ ozone giảm xấp xỉ 10%. Để hiệu suất phát ổn định độ ẩm không khí không vượt quá 85% và nhiệt độ dưới 28⁰C. Khắc phục những hạn chế trên đề tài đã nghiên cứu sử dụng sấy và lọc không khí trước khi bơm khí vào buồng tạo ozone.

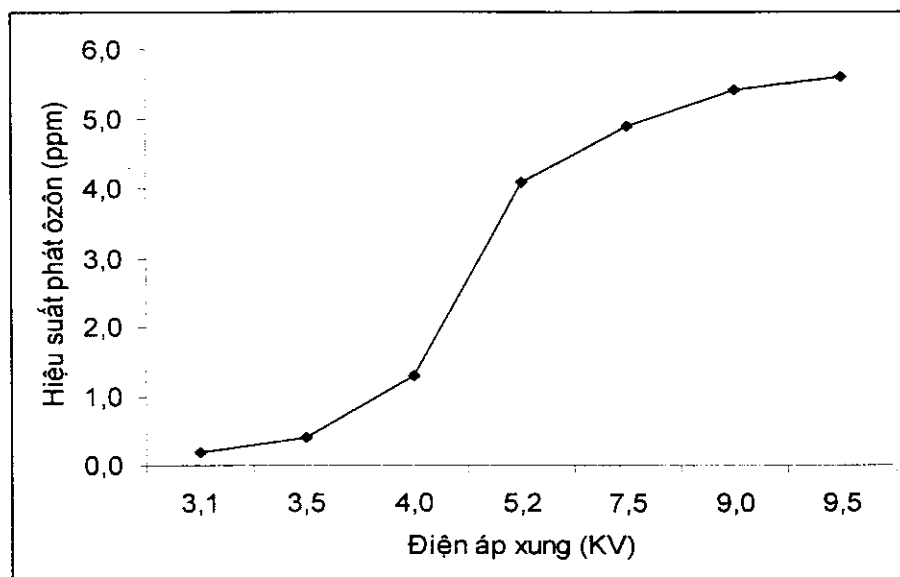
3.2 Xác định hiệu suất tạo ozone và cường độ dòng điện phụ thuộc vào biên độ điện áp xung

Khi sử dụng nguồn nuôi dạng xung các quá trình phóng điện coron mang đặc tính rời rạc tại không gian tạo ozone, mật độ dòng cao nhưng giảm đáng kể lượng nhiệt so với nguồn nuôi một chiều.

Kết quả thực nghiệm xác định hiệu suất tạo ozone và cường độ dòng điện phụ thuộc vào biên độ điện áp xung được biểu diễn ở bảng 2, đồ thị hình 2.4. Khí ozone sau khi tạo ở buồng phát được bơm vào hộp thủy tinh chữ nhật có kích thước 135 lít nồng độ và cường độ được ghi ở thời điểm 120s.

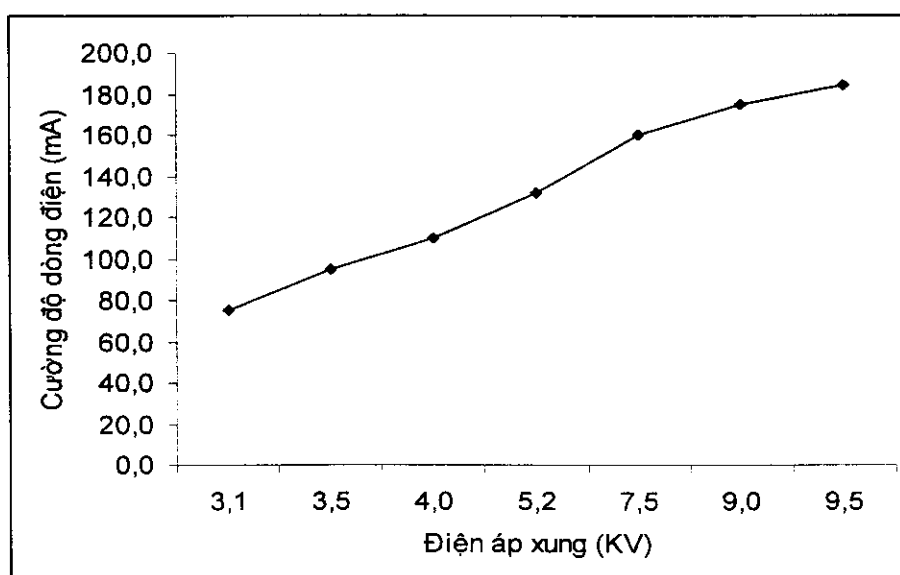
Năng suất máy phát ozone phụ thuộc cường độ dòng điện và điện áp xung bảng 2:

U(KV)	3,1	3,5	4,0	5,2	7,5	9,0	9,5
I(mA)	75,0	95,0	110,0	132,0	160,0	175,0	184,0
Năng suất phát ozone (ppm)	0,2	0,4	1,3	4,1	4,9	5,4	5,6



Hình 2.4. Đồ thị phụ thuộc hiệu suất phát ozone vào cường độ dòng điện

Phân tích các đồ thị hình 2.4, 2.5 cho thấy khi tăng biên độ điện áp trên hệ điện cực buồng tạo ozone thì hiệu suất cũng như cường độ dòng điện tăng. Điện áp trên 8,5 KV, hiệu suất phát ozone và dòng điện đạt giá trị bão hoà. Điều đó được giải thích như sau: Khi điện áp còn thấp, mật độ điện tích trên bề



Hình 2.5. Đồ thị phụ thuộc hiệu suất phát ozone vào điện áp xung

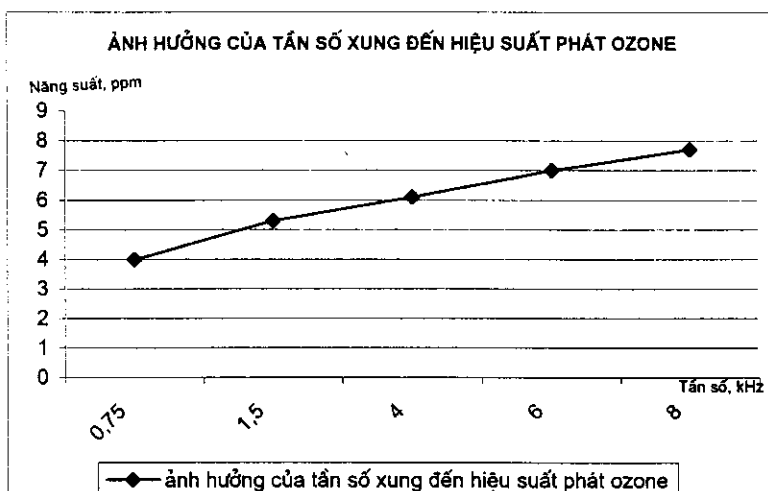
mặt điện cực được tạo ra do phóng điện dạng sợi chỉ riêng lẻ, mật độ sợi chỉ còn thưa (điện áp dưới giá trị ngưỡng). Với lượng khí bơm vào không đổi, cường độ điện trường tăng (điện áp tăng) đến giá trị ngưỡng mật độ dòng phóng dày đặc phủ kín bề mặt mật độ điện tích đạt giá trị bão hoà, có bao nhiêu nguyên tử oxy kích hoạt tạo ra kết hợp bấy nhiêu phân tử oxy tạo ozone nên nồng độ ozone đã đạt đến giá trị bão hoà.

3.3 Xác định năng suất tạo ozone phụ thuộc vào tần số xung

Xác định năng suất ozone phụ thuộc vào tần số được tiến hành với điều kiện điện áp xung 9 KV, lưu lượng bơm khí 5 lít/ phút, độ ẩm không khí 84,4% và nhiệt độ là 27,6°C. Tần số biến thiên trong khoảng 0,75 ~ 8 kHz. Kết quả thực nghiệm được thể hiện trong bảng- 3 và hình 2.6:

Bảng 3

Tần số, kHz	0.75	1.5	4	6	8
Năng suất, ppm	4	5.3	6.1	7	7.7



Hình 2.6. Đồ thị phụ thuộc của năng suất ozone vào tần số

Phân tích đồ thị hình 2.6 cho thấy khi tăng tần số thì năng suất tạo ozone tăng, điều đó được giải thích như sau: Khi tăng tần số xung thì lượng điện tích và đập tăng tạo số lượng nguyên tử oxy được kích hoạt, do đó lượng ozone được hình thành nhiều hơn. Tuy nhiên, khi tăng tần số đến giới hạn thì xảy ra hiện tượng quá nhiệt làm nứt vỡ lớp điện môi và van công suất. Nguyên nhân do các loại vật liệu trên thị trường không cho phép tăng tần số.

4. Cơ sở lý thuyết và phương pháp tạo ion âm

4.1. Tiền đề lý thuyết quá trình tạo ion âm

Tạo ion bằng phương pháp xung được sử dụng để nghiên cứu vận tốc kết dính của các điện tử với các thành phần khí khác của ion âm. Phương pháp này thường được mở rộng để xác định vận tốc bút phá của các điện tử và sau đó kết dính với các thành phần khí khác và tiếp tục va đập sẽ bút phá tiếp tạo thành ion mới, sau đó đưa về cực thu. Xung các điện tử được tạo thành nhờ xung phát xạ tia cực tím được hội tụ tại cực catot, sự phụ thuộc dòng anot vào thời gian kể từ thời điểm phát xạ xung điện tử có thể đo được nhờ cực lưới điều khiển. Khi đặt 1 xung điện áp có thời gian ngắn vào cực lưới này nó

sẽ thu các điện tử và các ion âm. Khi đặt vào cực lưới các xung điện áp vào các thời điểm khác nhau có thể đạt được dãy dòng điện tử và các ion âm. Thời gian chạy của các điện tử tự do t_e nhỏ hơn nhiều lần thời gian bay của các ion âm t_i . Khi bút phá các điện tử sẽ chạy đến cực anot trong khoảng thời gian lớn hơn t_e nhưng lại nhỏ hơn t_i .

Nếu n_e , n_i là mật độ các điện tử và các ion âm tương ứng trong vùng dịch chuyển qua thời gian t sau khi bắt đầu có xung với khoảng cách x so với nguồn phát thì ta có phương trình [33]:

$$\frac{\partial n_e}{\partial t} + u_e \frac{\partial n_e}{\partial x} = -v_a n_e + v_d n_i \quad (2.19)$$

$$\frac{\partial n_i}{\partial t} + u_i \frac{\partial n_i}{\partial x} = v_a n_e - v_d n_i, \quad (2.20)$$

Trong đó: u_e , u_i là vận tốc của các điện tử và các ion tương ứng

v_a - tần số kết dính (đối với 1 điện tử), v_d - tần số bút (đối với 1 ion âm) Giả sử Q_e - tổng điện tích của tất cả các điện tử được phát xạ trong khoảng thời gian xung trên 1 đơn vị diện tích của cực catot. Cho rằng độ dài của 1 xung là vô cùng bé, từ các phương trình 2.19, 2.20 tính đến các điều kiện ban đầu ta tìm được biểu thức mật độ dòng điện tử J_e trên cực lưới vào thời điểm t

$$J_e/Q_e = \delta(t - t_e) \exp(-a) + \exp(-a) z(t - t_e)^{-1} \times \exp\{\tau(a - d)\} I_1(2z) \quad (2.21)$$

Trong đó: $t_e = L/u_e$ - thời gian bay của điện tử tự do, L - chiều dài dịch chuyển

$$\tau = (t - t_e)/(t_i - t_e), \quad z = \{ad(i - \tau)\tau\}^{1/2}, \quad (2.22)$$

Ở đó: $t_i = L/u_i$ - thời gian bay của các ion âm, $a = v_a L/u_e$ - xác suất tạo thành ion âm bởi điện tử trong khoảng thời gian bay của nó, $d = v_d L/u_i$ - xác suất mất mát điện tử bởi ion âm sau khoảng thời gian bay của nó, hàm số $I_1(2z)$ ở trong công thức 2.21 - hàm Becelia, delta hàm - δ hàm phân bố chuẩn $\int \delta(t) dt = 1$.

Để xác định v_d và v_a ta xét 2 điều kiện biên [33]: áp suất thấp khi hiệu ứng bút điện tử rất nhỏ và áp suất cao khi các điện tử và ion âm trên đường dịch chuyển tham gia vào giai đoạn kết dính và bút.

Ở trường hợp thứ nhất có thể coi d nhỏ. Khi đó đối với thời điểm $t \ll t_i$ (có nghĩa là $\tau \ll 1$) ta tính được

$$J_e/Q_e \cong \delta(t - t_e) e^{-a} + (ad/I_1) e^{-a} \quad (2.23)$$

Trong những điều kiện thực tế xung xuất phát có độ dài hữu hạn Δt . Nếu $q_e = Q_e/\Delta t$, thì:

$$J_e/q_e = e^{-a} + \{ad(t - t_e)/t_1\}e^{-a}, \quad t_e < t < t_e + \Delta t \quad (2.24)$$

$$J_e/q_e = (ad\Delta t/t_1)e^{-a}, \quad t > t_e + \Delta t \quad (2.25)$$

Số hạng e^{-a} trong công thức 2.24 tương ứng với hằng số trong J_e/Q_e của các điện tử đi qua khoảng không gian dịch chuyển. Những điện tử đó thường xuất hiện trong trường hợp khi bút của chúng xảy ra trong khoảng thời gian $(t - t_e)$, Xác xuất của quá trình đó là $d(t - t_e)/t_1$. Tương tự số hạng bên phải của phương trình 2.25 liên quan đến các điện tử được tạo thành khi bút sẽ xảy ra lâu hơn trong khoảng thời gian Δt . Ký hiệu tham gia của các điện tử vào quá trình kết dính là J_d/q_0 ta nhận được công thức:

$$J_e/J_0 = ad\Delta t/t_1 = (v_a v_d/u_e)L\Delta t \quad (2.26)$$

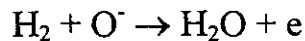
Sau khi đo được J_e/J_0 có thể tìm được $v_a v_d/u_e$

Đối với những điều kiện trên xác định v_a/u_e và v_d ta sử dụng mối quan hệ giữa dòng J_{es} - cực lưới thu trong trường hợp khi tất cả các điện tử đi dọc theo ống dịch chuyển, và dòng tổng J_t của các điện tử và các ion âm được xác định theo công thức 2.27

$$J_{es} = J_t \exp(-v_a L/u_e) \quad (2.27)$$

Dòng J_t là các điện tử thu được khi không có điện áp cực lưới.

Sử dụng các công thức trên có thể xác định được lượng điện tử và ion âm khi kết dính với các thành phần khí khác [33]:



Tương tự đối với các phân tử khác như CO , O_2

Lý thuyết tính toán và phương tiện, thiết bị thực nghiệm xác định lượng ion âm là rất phức tạp. Do đó trong khuôn khổ đề tài thời gian và phương tiện có hạn không cho phép đi sâu vào vấn đề trên mà chỉ dừng lại lựa chọn thiết bị phát ion âm có kết cấu không quá phức tạp và tiến hành chép mẫu.

Trên cơ sở đó xác định lượng ion âm cần thiết để tiến hành các thí nghiệm thăm dò khả năng diệt khuẩn trên bề mặt rau quả tươi trong quá trình bảo quản.

4.2. Kết quả nghiên cứu thử nghiệm

Sau khi khảo sát thị trường và tiến hành lựa chọn thiết bị tạo ion âm, nhóm đề tài đã lựa chọn thiết bị phát ion âm theo nguyên lý buồng ion hoá

dưới tác dụng của điện trường cao áp, cao tần mà nó được đặt trong thiết bị tạo ozone và ion âm AC-2128 được chế tạo bởi công ty điện tử Airlux – Đài loan [13] để khảo nghiệm và tiến hành chép mẫu. Không khí từ môi trường được quạt hút đi qua lớp lọc bụi tĩnh điện và cửa dẫn khí vào trong buồng ion hoá, tại đây dưới tác động của điện trường không khí được ion hoá thành các ion âm và được thổi ra ngoài qua cửa ra của buồng. Trong buồng ion hoá có đặt một số các điện cực hình kim bằng inox, nguồn điện cấp cho thiết bị là 220V, 50 Hz.

Tiến hành xác định các kích thước hình học của buồng, kim điện cực, đồng thời đã tiến hành đo và xác định được tần số và điện áp cấp cho các điện cực phóng điện là 7 kV, 19 kHz. Sau khi chế tạo đã thực hiện thực nghiệm xác định hiệu suất tạo ion âm của thiết bị mới so với nguyên mẫu phụ thuộc vào thời gian được biểu diễn ở bảng 4. Khí ion âm sau khi tạo ở buồng phát được bơm vào hộp thuỷ tinh chữ nhật có kích thước 135 lít, năng suất và thời gian được ghi ở các thời điểm. Nhiệt độ môi trường 27⁰C. độ ẩm 82%. lượng ion xác định bằng thiết bị Air ion counter có dải đo đến 2.10⁶ ion/cm³.

Bảng 4

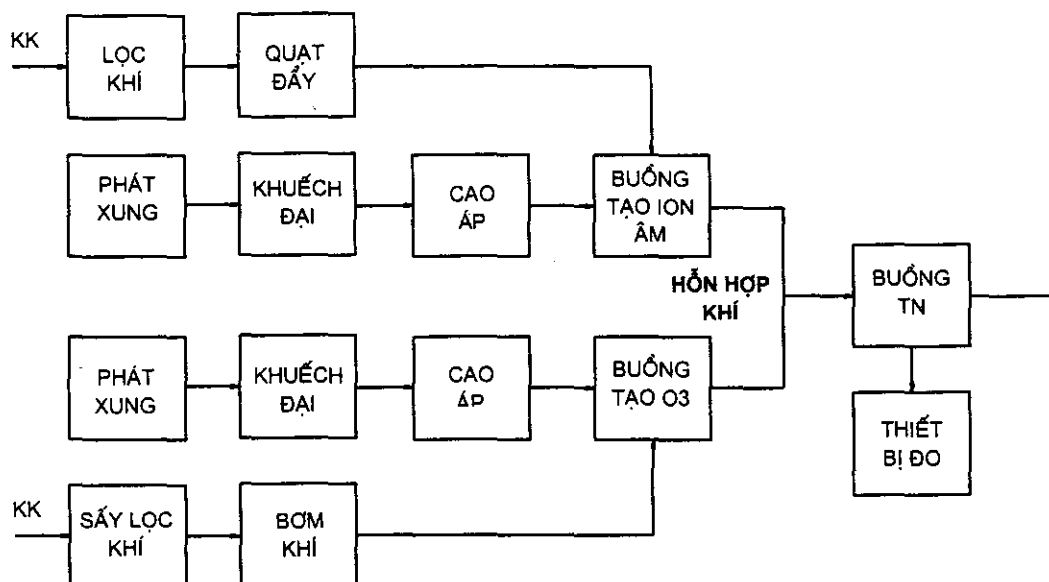
<i>Thời gian, phút</i>	<i>10</i>	<i>20</i>	<i>30</i>	<i>60</i>	<i>90</i>
Thiết bị mẫu	20.10 ³	80.10 ³	150.10 ³	1300.10 ³	>2.10 ⁶
Thiết bị được chế tạo	20.10 ³	70.10 ³	130.10 ³	1100.10 ³	1700.10 ³

Ta thấy, năng suất của thiết bị của thiết bị tăng dần lên theo thời gian và sau 90 phút thì ở thiết bị mẫu giá trị đã vượt ngưỡng của thiết bị đo. Tuy năng suất thiết bị phát ion âm được chế tạo có nhỏ hơn từ 11 đến 15% so với thiết bị mẫu của AC-2128 nhưng vẫn đạt yêu cầu đặt ra.

5. Chế tạo thiết bị tạo ozone và ion âm

a. Sơ đồ khối thiết bị

Trên cơ sở các kết quả nghiên cứu triển khai của Đề tài cấp Nhà nước KC - 04 - 14 về công nghệ và thiết bị tạo khí ozone, đánh giá các ưu nhược điểm của thiết bị Ozonel-2, kết hợp các nghiên cứu lý thuyết và thực nghiệm về hiện tượng phóng điện trong hệ điện cực hình trụ có lớp đệm điện môi, các vật liệu và linh kiện hiện có trên thị trường thời gian gần đây nhóm nghiên cứu đã lựa chọn sơ đồ nguyên lý chế tạo thiết bị phát ozone và ion âm như hình 2.7



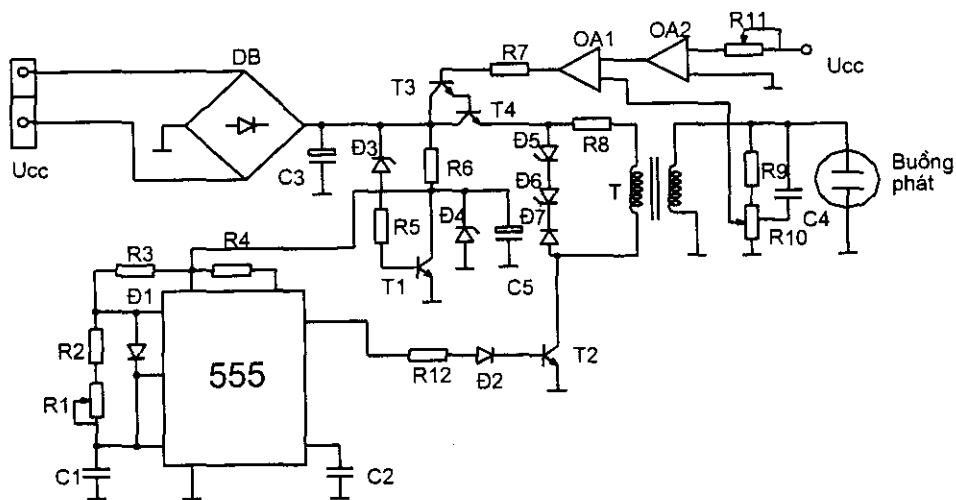
Hình 2.7. Sơ đồ khối nguyên lý thiết bị tạo ozone và ion âm

b. Hệ thống điện và các cấu kiện

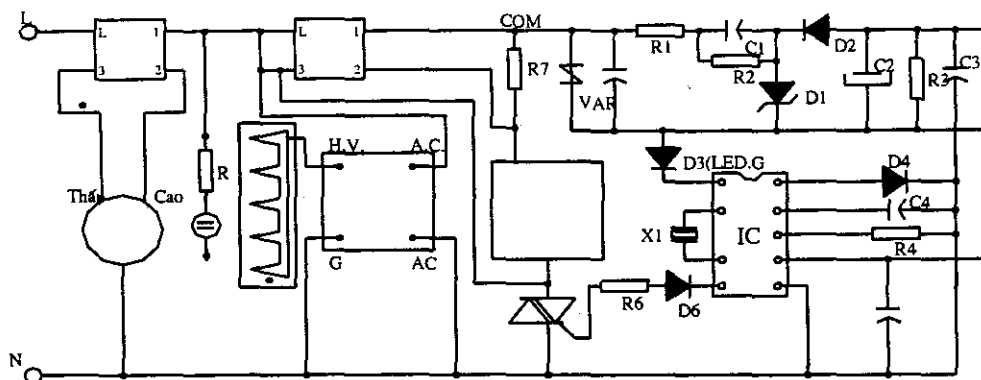
Nguồn cung cấp điện, mạch điện cấp cho buồng ozone, mạch điện cấp cho buồng ion, mạch sấy khí được thiết kế chế tạo theo sơ đồ hình 2.8, 2.9. Các cấu kiện cơ bản của thiết bị được cho trong bảng 5:

Bảng 5

STT	Tên cấu kiện	Số lượng	Thông số kỹ thuật
1	Biến thế nguồn	1	220/110V 300VA
2	Quạt làm mát	1	220/50Hz, 38W
3	Điện trở sấy khí	2	125W/220V
4	Van điện khí	1	1w/220V
5	Van lọc nước	1	
6	Bơm không khí	1	50W, 35l/p, 0,3kg/cm ²
7	Quạt ở buồng Ion âm	1	220V/50Hz, 22W
8	Bảng mạch điều khiển	3	
9	Đồng hồ điện áp	1	0 ÷ 300V
10	Công tắc điện, đèn báo	8	
11	Vỏ tủ	1	500 x 800 x 200 mm



Hình 2.8. Sơ đồ mạch điện buồng tạo ozone



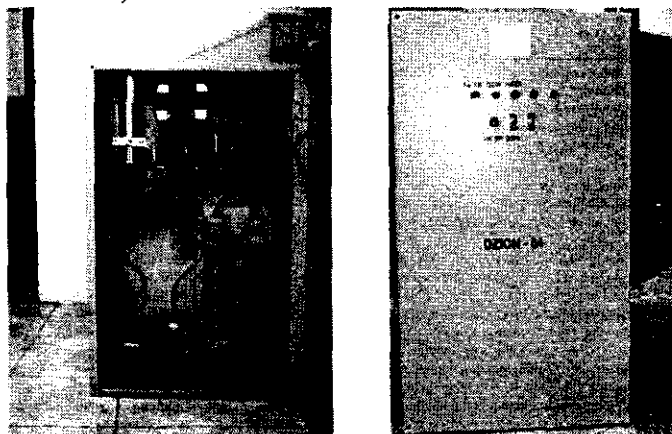
Hình 2.9. Sơ đồ mạch điện buồng tạo ion âm

c. Bộ bản vẽ thiết kế

Toàn bộ bản vẽ kỹ thuật thiết bị tạo khí ozone và Ion âm được thiết kế theo mục II.3 và II.4, được trình bày trong phụ lục PL1.

d. Chế tạo thiết bị

Thiết bị tạo khí ozone và Ion âm được chế tạo và lắp ráp tại Viện Cơ điện và công nghệ sau thu hoạch. Máy có kết cấu chắc chắn, mặt trước có các đèn hiển thị trạng thái làm việc, đồng hồ vôn mét, và các công tắc điều khiển, cầu chì bảo vệ (hình 2.10).



Hình 2.10. Thiết bị tạo Ozone và ion âm.

Các thông số chính của thiết bị như sau:

Điện áp nuôi: 220V/ 50Hz

Công suất lắp đặt: 300W

Năng suất tạo ozone : 4g/h

Năng suất tạo Ion âm: 5.10^6 Ion âm/cm²

Kích thước: 500 x 800 x200 (mm)

Trọng lượng : 30kg

Thiết bị gồm có một vỏ ngoài trong đó có một bộ phận phát Ozone và một bộ phận phát Ion âm riêng rẽ.

Bộ phận phát Ozone gồm có: phân lọc và sấy không khí, bơm không khí, buồng phát Ozone làm việc theo nguyên lý điện trường phóng điện êm, nguồn tạo điện áp U và tần số f cung cấp cho buồng phát Ozone, các ống dẫn và van chia không khí.

Bộ phận phát Ion âm gồm có: bộ lọc, bơm không khí, điện cực phát ion âm và nguồn nuôi.

III. THÍ NGHIỆM XÁC ĐỊNH ẢNH HƯỞNG CỦA OZONE VÀ ION ÂM

1. Nghiên cứu ảnh hưởng của khí ozone

Đối tượng nghiên cứu là số lượng các vi sinh vật gây bệnh nấm mốc và tổng vi sinh vật hiếu khí có trên quả mận, vải, cam được bảo quản chịu tác động của ozone với hai tham số nồng độ ozone η_{O_3} , thời gian xử lý t.

Mẫu và môi trường thí nghiệm: Mẫu quả sau khi thu hái được lựa chọn. Buồng thí nghiệm bằng thủy tinh có dung tích 45 lít. Khí ozone được cung cấp bằng thiết bị tạo ozone và ion âm.

Thu thập và xử lý số liệu: các số liệu được ghi chép định kỳ, xử lý theo phương pháp thống kê. Công thức tính khuẩn lạc vi sinh vật hiếu khí hoặc số khóm nấm mốc cho 1(g) hoặc 1(ml) sản phẩm như sau:

$$N = \sum C / (n_1 + 0,1n_2)d$$

Trong đó: c – số khuẩn lạc trên các đĩa

d – nồng độ pha loãng thứ nhất

n_1, n_2 – số đĩa ở các nồng độ đã chọn

Làm tròn kết quả, chỉ giữ lại 2 số có nghĩa.

Thiết bị đo lường: Các thiết bị đo nồng độ ozone Trip Plus TTP-0141-k dải đo 0 - 10ppm, nhiệt độ 621C, độ ẩm HW936H, thời gian....

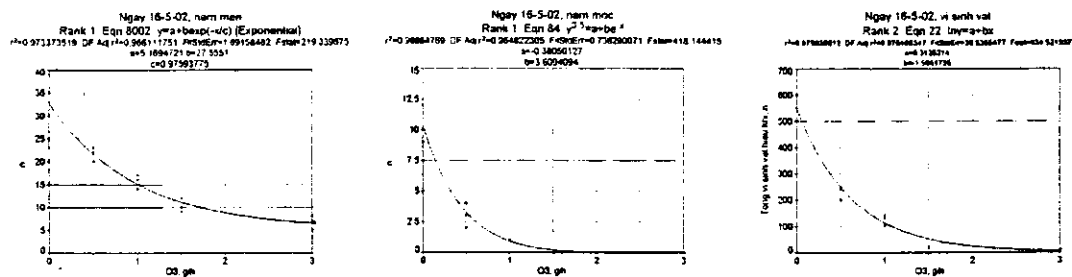
a. Ảnh hưởng của nồng độ ozone

Mận sau khi thu hái được chọn và lấy mẫu đưa vào xử lý ozone với nồng độ 0 ~ 3 ppm, thời gian xử lý là 5 phút, nhiệt độ môi trường 23°C, độ ẩm - 85% và lấy mẫu phân tích vi khuẩn trực tiếp tại buồng thí nghiệm ngay sau khi xử lý. Các kết quả được ghi nhận sau khi nuôi cấy 48 - 72 h tại phòng thí nghiệm vi sinh của Viện công nghiệp thực phẩm. Các số liệu được xử lý trong bảng 3.1 và biểu diễn trên đồ thị ở hình 3.1.

Bảng 3.1

STT	Tên	O3	Nấm men, TB/g				Nấm mốc, TB/g				Tổng VSV hiếu khí, TB/g			
Lần lặp			1	2	3	TB	1	2	3	TB	1	2	3	TB
1	ĐC	0	35	33	30	32.67	12	9	10	10.33	600	550	500	550.00
2	I	0.5	23	22	20	21.67	4	2	3	3.00	240	250	200	230.00
3	III	1	17	16	14	15.67	1	1	1	1.00	140	130	100	123.33
4	III	1.5	12	9	10	10.33	0	0	0	0.00	19	15	17	17.00
5	IV	3	8	5	7	6.67	0	0	0	0.00	11	10	9	10.00

Ghi chú: Kết quả trên là số lượng VSV trên toàn bộ bề mặt quả mận (45,8 cm²)



Hình 3.1. Đồ thị ảnh hưởng nồng độ của ozone đối với các vi sinh vật

Phân tích đồ thị hình 3.1 thấy khi nồng độ ozone tăng lên thì số lượng các loại vi sinh, nấm mốc giảm đi rõ rệt. Với nồng độ ozone 1,5 ppm trong 5 phút lượng nấm men chỉ còn 30% so với đối chứng, tương tự vi sinh vật chỉ còn lại khoảng 3%.

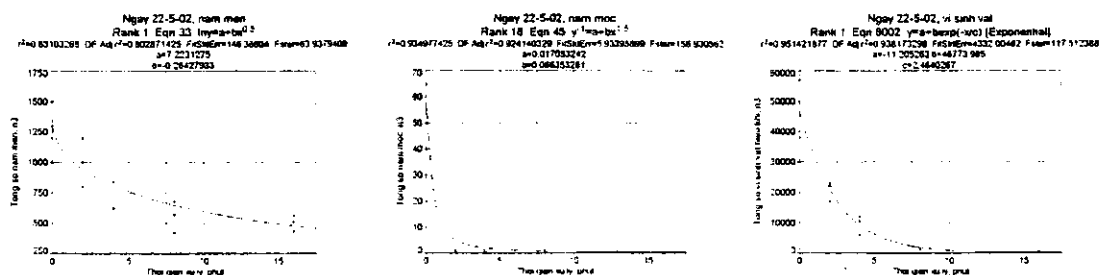
b. Ảnh hưởng của thời gian xử lý ozone

Tương tự mạn được xử lý ozone với nồng độ 0,5 ppm, thời gian xử lý là 0 ~ 16 phút, nhiệt độ môi trường 22°C, độ ẩm là 83% và lấy mẫu phân tích vi khuẩn trực tiếp tại buồng thí nghiệm ngay sau khi xử lý. Các kết quả được ghi nhận sau khi nuôi cấy 48 - 72 h tại phòng thí nghiệm vi sinh của Viện công nghiệp thực phẩm. Các số liệu được xử lý trong bảng 3.2 và biểu diễn trên đồ thị ở hình 3.2

Bảng 3.2

STT	Tên	Tg, phút	Nấm men, TB/g				Nấm mốc, TB/g				Tổng VSV hiếu khí, TB/g			
	Lần lặp		1	2	3	TB	1	2	3	TB	1	2	3	TB
1	ĐC	0	1300	1200	1500	1333.33	40	55	65	53.33	57000	45300	38000	46766.7
2	I	2	800	1000	1200	1000.00	1	0	1	0.67	17000	22000	23000	20666.7
3	III	4	840	620	630	696.67	0	1	1	0.67	12000	10500	6000	9500
4	III	8	570	680	420	556.67	0	1	0	0.33	1400	1100	1500	1333.33
5	IV	16	510	430	560	500.00	0	0	0	0.00	250	480	290	340

Ghi chú: Kết quả trên là số lượng VSV trên toàn bộ bề mặt quả (45,8 cm²)



Hình 3.2. Đồ thị ảnh hưởng thời gian xử lý của ozone đối với các vi sinh vật

Phân tích đồ thị hình 3.2 cho thấy khi thời gian xử lý tăng lên thì số lượng các loại vi sinh, nấm mốc giảm đi rõ rệt. Với thời gian xử lý 8 phút ở

nồng độ ozone 0,5 ppm lượng nấm men chỉ còn 42% so với đối chứng, tương tự vi sinh vật chỉ còn lại khoảng 3%.

Nhận xét chung qua các thí nghiệm trên dễ nhận thấy tác động của ozone đến các vi sinh vật hiếu khí lớn hơn so với nấm mốc, nấm men ít chịu tác động của ozone hơn cả.

2. Nghiên cứu ảnh hưởng của ion âm

Điều kiện thí nghiệm, đối tượng nghiên cứu và môi trường thí nghiệm xác định ảnh hưởng của ion âm đối với các vi sinh vật của quả cam tương tự như tiến hành với ozone nhưng ở đây thay cho ozone là khí ion âm với tham số là thời gian xử lý t.

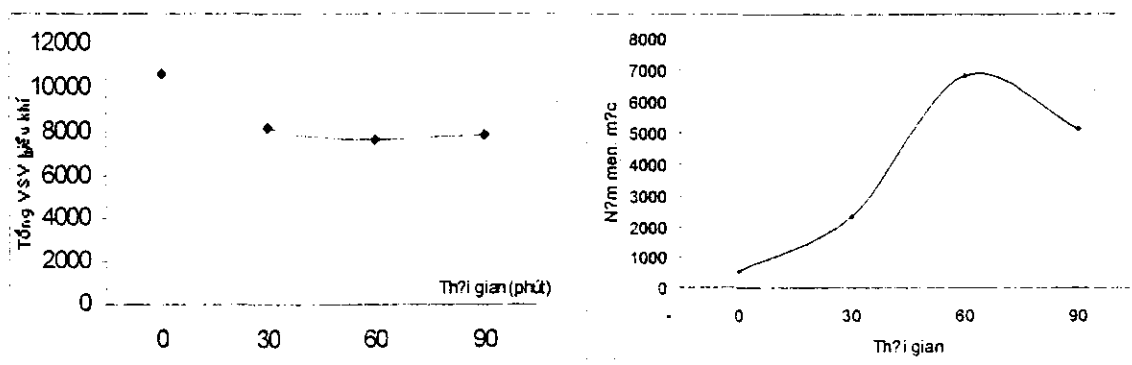
Thu thập và xử lý số liệu cũng tương tự như đối với xử lý ozone.

Thiết bị đo lường: Các thiết bị đo nồng độ ion âm Air Ion Counter có dải đo từ $10 \sim 2.10^6$ ion/cm³, nhiệt độ 621C, độ ẩm HW936H, thời gian....

Cam quả sau khi thu hái được chọn và lấy mẫu đưa vào xử lý ion âm với nồng độ ion/cm³, thời gian xử lý là 0 ~ 90 phút, nhiệt độ môi trường 28°C, độ ẩm môi trường 80% và lấy mẫu phân tích vi khuẩn trực tiếp tại buồng thí nghiệm ngay sau khi xử lý. Các kết quả được ghi nhận sau khi nuôi cấy 48 - 72 h tại phòng thí nghiệm vi sinh của Viện công nghiệp thực phẩm. Các số liệu thu được ghi trong bảng 3.3 và biểu diễn trên đồ thị ở hình 3.3

Bảng 8

STT	Tên	Thời gian xử lý, phút	Tổng nấm men, TB/g				Tổng VSV hiếu khí, TB/g			
			1	2	3	TB	1	2	3	TB
		Lần lặp								
1	ĐC	0	270	900	500	556.67	8500	4500	18800	10600.00
2	II	30	220	2300	4500	2340.00	7000	8700	8900	8200.00
3	III	60	8500	2600	9400	6833.33	5900	8100	9000	7666.67
4	IV	90	450	8000	7000	5150.00	6300	8200	9000	7833.33



Hình 3.3 Đồ thị ảnh hưởng của thời gian xử lý ion âm đến các vi sinh vật

Phân tích đồ thị trên hình 3.3 chúng ta nhận thấy sau 60 phút dưới tác động của các ion âm thì lượng vi sinh vật giảm chỉ còn khoảng 73% so với đối chứng, trong khi đó số lượng nấm men lại tăng lên. Điều này có thể là do các ion âm ít có tác dụng đối với nấm men.

3. Nghiên cứu ảnh hưởng của nước được sục khí ozone

Đối tượng nghiên cứu là số lượng tổng vi sinh vật hiếu khí có trên quả mận, vải, cam trước bảo quản dưới tác động của nước được sục khí ozone với tham số là thời gian xử lý t.

Mẫu và môi trường thí nghiệm: Mẫu quả sau khi thu hái được lựa chọn có trọng lượng 5 kg. Thùng thí nghiệm bằng nhựa có dung tích 50 lít, trong đó có chứa 30 lít nước. Khí ozone được cung cấp bằng thiết bị tạo ozone thông qua đầu sủi.

Thu thập và xử lý số liệu cũng tương tự như đối với xử lý ozone.

Quả được sau khi thu hái được chọn và lấy mẫu đưa vào xử lý, thời gian xử lý là 0 ~ 30 phút, nhiệt độ môi trường 23~30°C, độ ẩm môi trường 70 ~ 85% và lấy mẫu phân tích vi khuẩn trực tiếp tại buồng thí nghiệm ngay sau khi xử lý. Các kết quả được ghi nhận sau khi nuôi cấy 48 - 72 h tại phòng thí nghiệm vi sinh của Viện công nghiệp thực phẩm. Các số liệu thu được ghi trong bảng 3.4, 3.5, 3.6.

Bảng 3.4: Kết quả xử lý đối với quả mận ngày 22.5.02

STT	Tên	Tg, ph	Nấm men				Nấm mốc				Tổng VSV hiếu khí			
Lần lặp			1	2	3	TB	1	2	3	TB	1	2	3	TB
1	ĐC	0	18000	16000	15000	16333	2	2	2	2	28000	24000	26000	26000
2	I	5	9900	8800	9000	9233	1	1	1	1	1000	1500	6900	3133
3	III	10	1400	1900	6700	3333	1	1	1	1	1500	1200	1700	1467
4	III	15	720	700	600	673	0	0	0	0	580	920	890	797
5	IV	30	390	820	450	553	0	0	0	0	760	810	420	663

Bảng 3.5: Kết quả xử lý đối với quả vải ngày 5.6.02

STT	Tên	Ghi chú	Tổng VSV, TB/g			
Lần lặp			1	2	3	TB
1	ĐC	0	700	350	410	487
2	XL	Sục 20' ngâm 10'	66	72	110	83

Bảng 3.6: Kết quả xử lý đối với quả cam ngày 16.12.02

TT	Ký hiệu	Ghi chú	Tổng VSV, TB/g	Tổng số bào tử men, mốc
1	Đối chứng		140.000	450
2	IV 1	Sục nước 30'	11.000	250
3	IV 2		26.000	140
4	IV 3		29.000	190

Phân tích các kết quả trong bảng 3.4, 3.5, 3.6 cho thấy sau khi rửa quả trong nước được sục khí ozone trong thời gian 30 phút thì tổng vi sinh vật hiếu khí trên mẫu quả mận được xử lý chỉ bằng khoảng 5% so với đối chứng, tương tự với vải là 17% và cam 16%.

4. Quy trình xử lý ozone trong bảo quản rau quả tươi

Trên cơ sở các kết quả nghiên cứu thực nghiệm ở các mục II.4, II.5, III.1, III.2, III.3, các phân tích và thừa kế các kết quả nghiên cứu của đề tài KC 04-14-04 đối với bảo quản hạt thóc giống [5], các kết quả nghiên cứu lựa chọn của nước ngoài có thể khuyến cáo qui trình xử lý ozone và ion âm trong quá trình bảo quản rau quả tươi như sau:

- Trước khi đưa vào bảo quản cần được xử lý quả bằng nước sục khí ozone trong thời gian 30 phút.
- Nồng độ khí ozone trong khoảng 0,5 - 1,5 ppm, thời gian lặp lại 24 h.
- Thời gian nạp khí ion âm 1 - 2 h, thời gian lặp lại 24h.
- Chất lượng các loại quả trước khi đưa vào bảo quản phải đáp ứng các yêu cầu chung đối với rau quả tươi.
- Kho bảo quản phải đáp ứng các yêu cầu kỹ thuật chung cho việc bảo quản nông sản tươi.
- Qui trình bảo quản phải tuân theo đúng qui trình bảo quản rau quả tươi, phải được kiểm tra, theo dõi định kỳ và tuân thủ các qui định về an toàn điện, an toàn khí ozone.

IV. KẾT QUẢ TRIỂN KHAI BẢO QUẢN MỘT SỐ LOẠI QUẢ

1. Bảo quản cam

- Cam hái tại Tuyên Quang ngày 19/12/02 chở về Hà Nội cùng ngày, cam được chuyển vào phòng thí nghiệm được phân loại, bỏ những quả dập do cơ học trong quá trình vận chuyển, quả quá bé, xấu, khuyết tật. Đặc điểm cam có nhiều quả rậm, bần, quả không đều, quả to dày vỏ, quả bé vỏ mỏng.

- Xử lý quả trước khi đưa vào bảo quản. Trong quá trình bảo quản kết hợp lạnh và cung cấp khí ozone nồng độ 1,5 ppm + ion âm trong 1h định kỳ ngày một lần, độ ẩm 90 - 95%, nhiệt độ $6 \pm 1^{\circ}\text{C}$. Số liệu bảo quản sau 4 tháng được ghi trong bảng 4.1

Nguyên liệu trước khi bảo quản:

Khối lượng trung bình của quả: 209,2g

Tỷ lệ phân ăn được: 67,5%

Độ cứng: 1,2mm

Cường độ hô hấp: 2,19 mlCO₂/kg/h

Chất khô hoà tan: 9,2°Bx

Hàm lượng đường tổng số: 8,14%

Hàm lượng axit tổng số: 0,79%

Hàm lượng vitaminC: 32,56mg/100g

Hàm lượng nước : 89,5%

Nấm men: 20,5 x10² TB/g

Nấm mốc : 150 TB/g

Màu sắc: L: 45,05; C: 29,62; H: 96,8

(Các chỉ tiêu nấm men, nấm mốc do Phòng Thí nghiệm Tổng hợp - Viện nghiên cứu rau quả thực hiện)

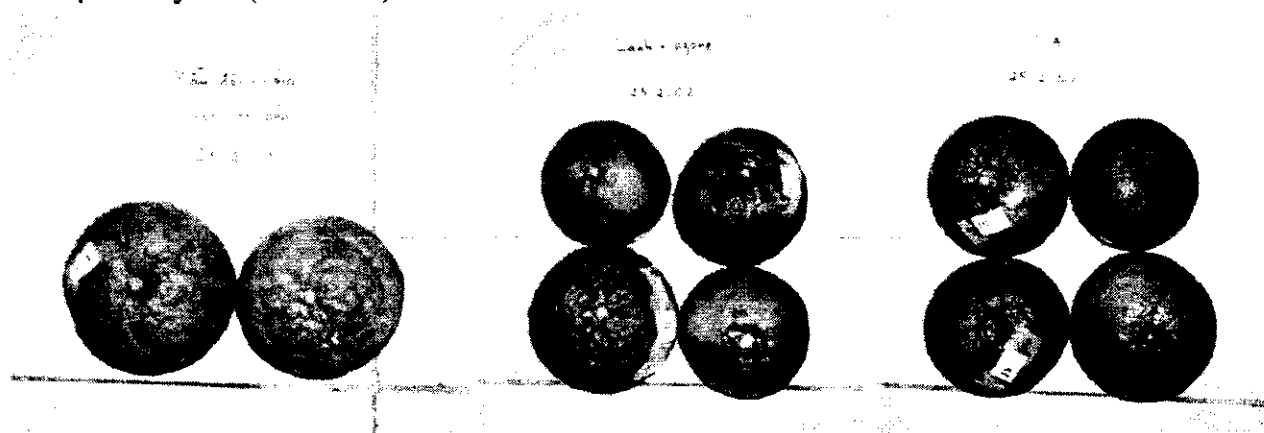
Bảng 4.1

Ngày	Tỷ lệ quả hỏng (%)	Độ cứng (mm)	Màu sắc*			Hô hấp (mlCO ₂ /kg/h)	TSS (°Bx)	Đường TS (%)	axit TS (%)	VitC (mg/100g)	Nước (%)	Nấm men (x10 ² TB/g)	Nấm mốc (TB/g)
			L	C	H								
0		1.2	45.05	29.62	96.8	2.19	9.2	8.14	0.79	32.56	89.5	20.5	150
14		2.35	53.59	5.09	45.99	1	8.9	7.82	0.65	30.8	89	82	150
28	-	2.33	54.39	15.04	47.98	0.48	9.5	7.79	0.71	33.44	88	22.5	1300
40	-	2.94	55.8	17.13	47.62	1.28	9.3	8.02	0.67	27.28	88.5	32.5	1200
53	-	4.17	52.66	17.35	44.63	2.97	10.5	8.4	0.76	25.52	87.5	95	12
61		0.95	42	-4.33	31.75	1.54	9.4	8.14	0.65	24.64	89	16	150
67		0.87	47.68	1.67	41.64	3.22	8.9	8.33	0.66	24.64	89	40	250
74	-	1.57	42.96	1.67	35.43	3.52	9.4	8.53	0.72	23.76	89.25	45	650
81	-	1.17	44.62	-1.57	34.14	1.85	9	7.85	0.6	23.76	88.75	61	200
125	8.5	1.13	45.3	1.71	37.9	6.62	8.4	7.26	0.47	25.52	89.25	4	1100

Nhận xét thí nghiệm:

- Sau 20 ngày bảo quản, cam đối chứng quả mềm, chín vàng, vỏ nhăn nheo (do hiện tượng bay hơi nước). Còn cam bảo quản trong kho quả vẫn tươi, rắn, vỏ quả xanh.

- Sau 58 ngày mẫu đối chứng hỏng vì quả đã mềm, mốc cuống, vỏ khô, tỷ lệ hỏng > 41% do vậy huỷ mẫu. Cam thí nghiệm trong kho bảo quản quả vẫn rắn, vỏ quả xanh. Sau 68 ngày bảo quản cam vẫn rắn, vỏ quả bắt đầu có sự chuyển màu vàng xanh, có một vài quả bị hỏng do đập cơ học trong quá trình vận chuyển. (hình 4.1)



- Sau 120 ngày bảo quản, quả cam vẫn rắn và vỏ có sự chuyển màu vàng của quả chín. Tỷ lệ quả hỏng dưới 10%.

- Cam được xử lý ozone trước khi đưa vào bảo quản cho kết quả tốt hơn mẫu không xử lý. Trong bảo quản nên kết hợp ozone + lạnh + cấp ẩm hàng ngày cho kết quả tốt hơn.

2. Bảo quản vải

- Vải được thu hái vào buổi chiều ngày 11/6/2002 bằng cách bẻ cả chùm, ngắt lá rồi xếp vào thùng gỗ khối lượng 45-55 kg/thùng. Phía trên, dưới và xung quanh thùng được lót giấy mềm. Vải được vận chuyển bằng xe mát về Viện nghiên cứu Rau Quả vào lúc 10h đêm và sau đó được phân phát cho Viện công nghệ sau thu hoạch và Viện cơ điện nông nghiệp.

- Xử lý quả trước khi đưa vào bảo quản. Trong quá trình bảo quản kết hợp lạnh và cung cấp khí ozone nồng độ 1 ppm + ion âm trong 1h định kỳ ngày một lần, độ ẩm 85 - 90%, nhiệt độ $4 \pm 1^{\circ}\text{C}$. Số liệu bảo quản được ghi trong bảng 4.2

Các chỉ tiêu ban đầu của nguyên liệu trước khi bảo quản:

Khối lượng trung bình của quả: 24,55g

Tỷ lệ phần ăn được: 71,0%

Độ cứng: 0,96 mm ((đo bằng thiết bị mitutoyo của Nhật bản dựa trên nguyên lý đo khoảng xuyên thâm của đầu đo (tính bằng mm) vào bề mặt quả với cùng một lực nén trong cùng một đơn vị thời gian (5 giây), quả càng mềm thì khoảng xuyên thâm càng lớn và ngược lại))

Màu sắc: L: 47,52; C: 33,36; H: 47,0 (đo bằng máy MINOLTA CR200)

Cường độ hô hấp: 6,56 mlCO₂/kg/h (Đo bằng thiết bị đo nồng độ CO₂ BP21C do hãng OLDHAM - Pháp sản xuất)

Chất khô hoà tan: 19⁰Bx

Hàm lượng đường tổng số: 17,62%

Hàm lượng axit tổng số (tính theo a xít citric): 0,16%

Hàm lượng vitaminC: 23,76mg/100g

Hàm lượng nước : 80,0%

Nấm men: 11x10² TB/g

Nấm mốc: 350 TB/g

(Các chỉ tiêu nấm men, nấm mốc do Phòng Thí nghiệm Tổng hợp - Viện nghiên cứu rau quả thực hiện)

Bảng 4.2

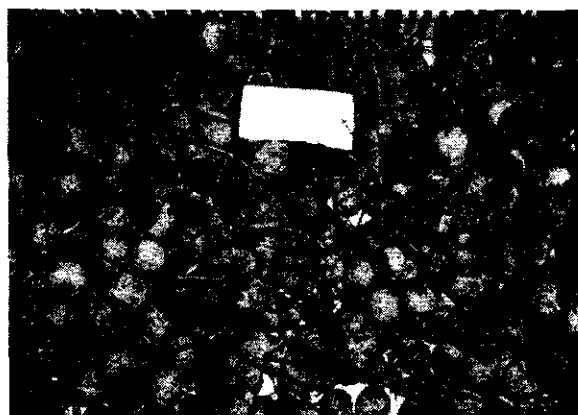
Ngày	Mẫu	Tỷ lệ quả hỏng (%)	Độ cứng (mm)	Màu sắc			CĐ hô hấp (mlCO ₂ /kg/h)	TSS (°Bx)	Đường TS (%)	axit TS (%)	VitC (mg/100g)	Nước (%)	Nấm men (TB/g)	Nấm mốc (TB/g)
				L	C	H								
1	1	0.00	0.96	47.52	33.36	47.00	6.56	19.00	17.62	0.16	23.76	80.00	1,100	350
6	1	0.00	1.15	44.12	33.71	45.90	-	18.60	17.06	0.17	23.76	80.00	800	200
14	1	8.00	1.35	40.35	31.44	45.90	9.29	19.20	17.92	0.18	25.52	80.30	850	150
20	1	13.30	1.21	39.20	34.69	37.40	11.53	19.30	17.34	0.18	24.64	79.50	600	50
24	1	15.70	1.33	36.84	32.24	38.20	18.48	18.70	16.80	0.14	23.76	79.00	300	10
30	1	28.30	1.30	38.04	32.66	39.30	9.32	17.90	16.54	0.13	24.64	79.50	300	20

Nhận xét thí nghiệm:

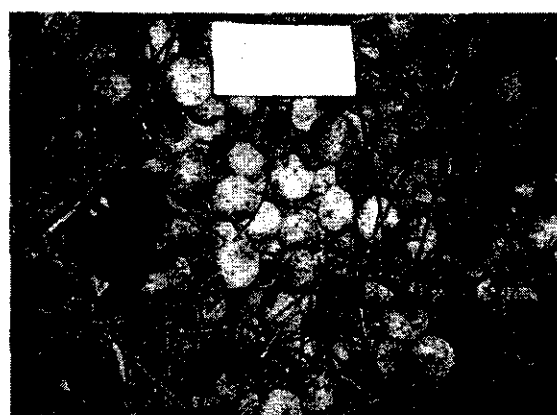
- Trong 17 ngày đầu bảo quản tỷ lệ quả hỏng rất thấp < 10%; nhưng đến ngày thứ 21 tỷ lệ quả hỏng tăng lên trên 10%; có sự thay đổi rõ rệt về màu sắc của quả vải. Mẫu thí nghiệm xử lý trước khi bảo quản có sự khác biệt rõ rệt.

- Nhìn chung mẫu thí nghiệm quả vải có rửa ozone trước khi đưa vào bảo quản, để trong túi nilon thì mẫu quả sáng và đẹp hơn mẫu thí nghiệm để trong hộp các tông.

Sau 21 ngày bảo quản vỏ quả vải bắt đầu sẫm màu hơn, ăn thấy độ ngọt sắc hơn (hình 4.2).

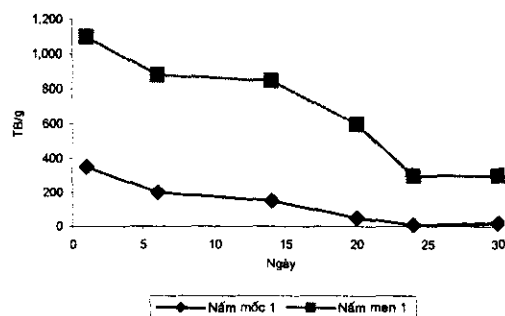


Đối chứng



Xử lý ozone

- Đồng thời, hiện tượng thối hỏng đã xảy ra ở cuối giai đoạn bảo quản và có sự thay đổi về màu sắc. Lượng nấm mốc, men thay đổi trong quá trình bảo quản được biểu diễn trên hình 4.3.



Hình 4.3. Sự thay đổi nấm mốc và nấm men của quả vải theo thời gian bảo quản.

* Như vậy, áp dụng công nghệ xử lý ozone để bảo quản quả cam và vải cho một số kết quả bước đầu như sau:

- Cam được bảo quản sau 4 tháng có tỷ lệ thối hỏng dưới 10%, các chỉ tiêu cảm quan như độ cứng và màu sắc hầu như không đổi. Tuy nhiên độ đường và vitamin C giảm khoảng 5 - 7%. Trong khi đó lượng nấm men và mốc giảm đi nhiều.

- Trong 7, 8 ngày đầu tỷ lệ hỏng của vải không đáng kể, sau 17 ngày tỷ lệ hỏng dưới 10% và sau 21 ngày tăng trên 10%. Nhưng sau đó quả vải hỏng tương đối nhanh và khó tiếp tục bảo quản. Lượng nấm men, mốc trên quả vải đến cuối quá trình bảo quản là rất thấp xấp xỉ 30% so với khi bắt đầu bảo quản.

IV. KẾT LUẬN VÀ ĐỀ NGHỊ

1. Đã chế tạo thành công thiết bị tạo ozone và ion âm theo nguyên lý phóng điện trong hệ điện cực hình trụ có lớp đệm điện môi và nguyên lý phóng điện trong hệ điện cực kim - mặt phẳng. Thiết bị gọn nhẹ, làm việc ổn định, có năng suất 4g/h O_3 và 5×10^6 ion/s, hiện đang được sử dụng trong phòng thí nghiệm để bảo quản quả tươi.

2. Kết quả nghiên cứu ứng dụng ozone và ion âm của các nước tiên tiến cho thấy chúng phát huy tốt tác dụng diệt khuẩn kết hợp với môi trường có nhiệt độ thấp và độ ẩm cao để bảo quản rau quả tươi lâu, giữ được chất lượng cao. Áp dụng công nghệ bảo quản rau quả tươi có điều chỉnh, không chế nhiệt độ và độ ẩm kết hợp ozone và ion âm với nồng độ thích hợp đối với từng loại đối tượng để kéo dài thời hạn bảo quản của chúng phù hợp với điều kiện thực tiễn Việt Nam.

3. Kết quả nghiên cứu thí nghiệm bảo quản cam và vải bằng bảo quản lạnh kết hợp ozon và ion âm cho thấy: Cam được bảo quản sau 4 tháng có tỷ lệ thối hỏng dưới 10%, các chỉ tiêu cảm quan như độ cứng và màu sắc hầu như không đổi. Tuy độ đường và vitamin C giảm khoảng 5 - 7%, nhưng lượng nấm men và mốc giảm đi nhiều. Vải bảo quản trong 7, 8 ngày đầu tỷ lệ hỏng không đáng kể, sau 17 ngày tỷ lệ hỏng dưới 10% và sau 21 ngày tăng trên 10%. Lượng nấm men, mốc trên quả vải đến cuối quá trình bảo quản là rất thấp xấp xỉ 30% so với khi bắt đầu bảo quản. Kết quả này có thể áp dụng cho những đối tượng rau quả tươi khác.

4. Dựa trên các kết quả nghiên cứu, chế tạo thiết bị tạo khí ozone để tài đã chuyển giao ứng dụng 04 thiết bị cho các cơ sở sản xuất: bảo quản mặn trong kho bảo quản tươi kết hợp làm lạnh, khử trùng nước trong dây chuyền sản xuất nước tinh khiết, diệt trùng và khử mùi trong sấy hải sản hiện nay các thiết bị trên đang phát huy tốt hiệu quả cho sản xuất.

5. Xây dựng được quy trình công nghệ bảo quản lạnh rau quả tươi bằng khí ozon, ion âm cho phép triển khai kết quả nghiên cứu vào thực tiễn nhằm kéo dài thời gian bảo quản và nâng cao chất lượng rau quả tươi ở nước ta nhằm phục vụ hàng tiêu dùng và xuất khẩu.

Đề nghị Hội đồng khoa học công nhận kết quả nghiên cứu và cho phép triển khai ứng dụng trong thực tế sản xuất

Hà nội, tháng 10 năm 2003

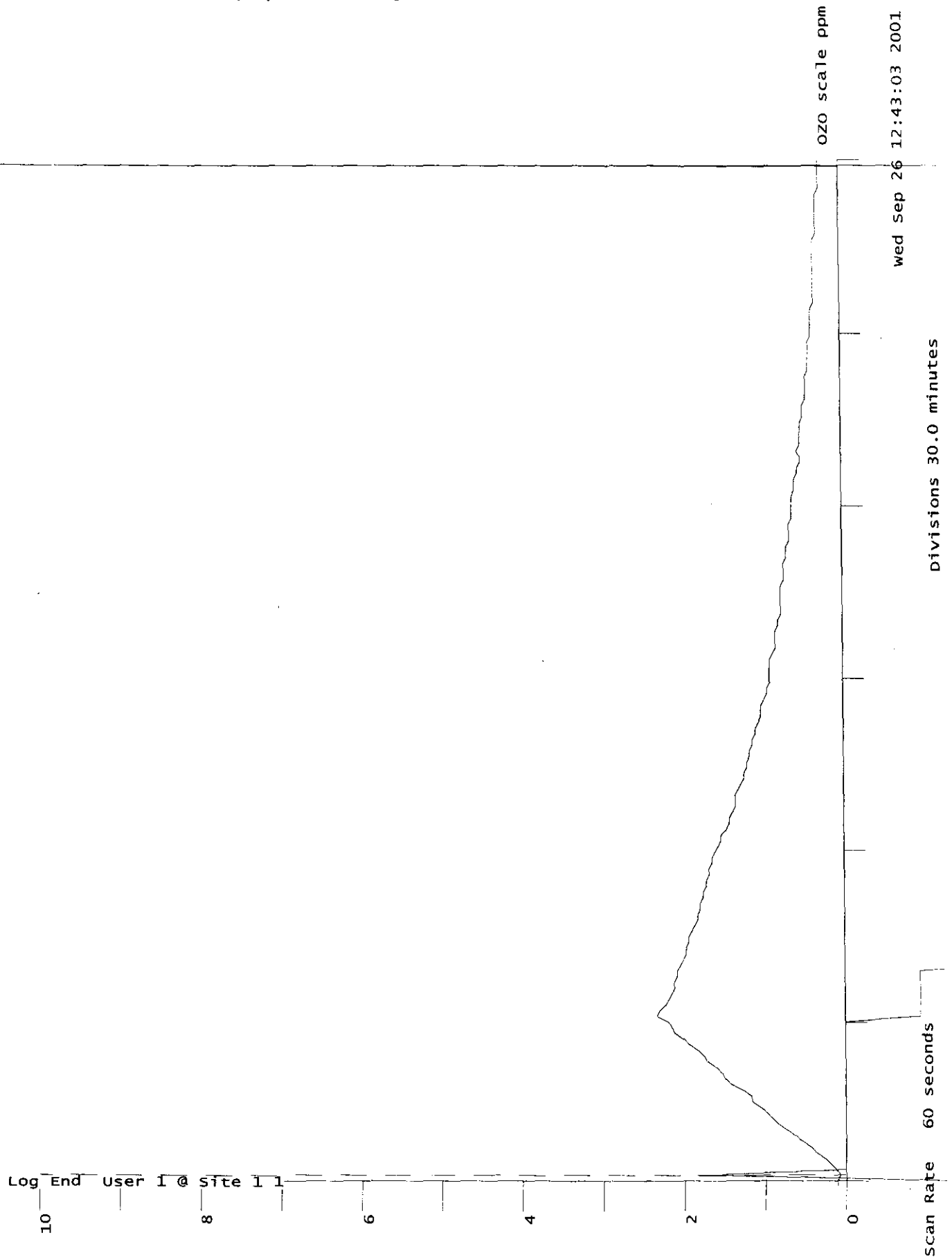
Chủ trì đề mục

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. TSKH. Bạch Quốc Khang, ThS. Trần Hồng Thao và cộng sự: Bảo quản rau quả tươi ở VN, thực trạng và thách thức. Hội thảo quốc tế: “Cơ giới hoá Nông nghiệp - Những vấn đề ưu tiên trong giai đoạn phát triển mới”. Hà Nội - 2001.
2. Quách Dĩnh, Nguyễn Văn Tiếp, Nguyễn Văn Thoa: Công nghệ sau thu hoạch và chế biến rau quả. NXBKH – KT, Hà Nội – 2001, .
3. TS. Nguyễn Duy Lâm và cộng sự: Nghiên cứu cải tiến tính năng và chế tạo mới vật liệu làm màng bao từ chitosan bằng xử lý chiếu xạ để bảo quản quả tươi và hạt giống. Báo cáo khoa học - Viện KH & KT hạt nhân, 2003.
4. Michael Perkins: Ozon trong các ứng dụng chế biến thực phẩm. Kinh nghiệm từ quá khứ, tiềm năng trong tương lai & những vấn đề quy định. Zentox Corporation, 1997. Tài liệu hội thảo về ozon - Hà nội, 2000.
5. TS. Trần Mạnh Hùng, KS. Trần Hồng Thao: Triển khai công nghệ chế tạo máy tạo khí ôzôn bảo quản hạt thóc giống, nông sản. Báo cáo khoa học đề tài KC 04.14-04, 1995
6. T.V.Suslow, Ph.D – Department of Vegetable Crops University of California: Basic of ozone application for posharvest treatment of fresh produce. USA, 2003.
7. Langji Xu: Use of ozone to improve the safety of fresh fruits and vegetables. , Food Technology - VOL.53,No.10, 1999
8. M. Margaret Bath, Cen Zhou, Julien Mercier and Frederick A. Payne: Ozone storage effect on anthocymine content and fungal growth in blackberries. Journal of food science - Volume 60, No. 6, 1995
9. Alber Kruger and David Sobel: Air ions and health.
10. Mitsubish Electric Corporation: Freshness Retention using negative ions. Jetro, February 1994.
11. Trương Thế Anh: Thiết bị bảo quản hoa quả kiểu mới. KHKT Kinh tế thế giới số 27 - 1999.
12. Tanimura, Yasuhiro: Micro organism multiplication preventing method and apparatus. Japan, 1996.
13. Airlux Electronic. Co.Ltd: Air cleaner with separate ozone and ionizer output and method of purifying air – Taiwan, 1996.
14. Jo Meiyo: Generator for strong ozone and minus ion. Japan, 1998
15. Ксёнь. Элекроозонирование воздушной среды животноводческих помещений – Черноград 1991. 171стр

16. Кривомещин. ИП. Озон в промышленности птицеводстве М. Росселбхозиздам, 1988
17. Ориов. В. А. Озонирование воды. М. Стройиздат 1984. 88 Стр
18. Першин. А. Ф. Устройство для озонирования воздуха. Авт. Свид. П 12843498. 1981
19. Возмилов. А. N, Тайманов. ст. Образование озона в коронном разряде использование электронно – ионных технологии 1985, 86-92 Стр
20. Ховатсон аластер макрэ. Введение в теорию газового разряда. персан. М. Атомиздат 1980
21. Френсис. П. Ионизационные явления в газах. Пер. М. Атомиздат. 1964.
22. Пенинб. Ф. Электрические разряды в газах. М. Иноиздат пер. 1960
23. Тамм Игорьб Евгеньевич. Основы теории электричества. М. Гос. Изд 1956. 620 Стр
24. Методы расчёта электростат поля. М. высшшшкога. 1963. 416 Стр
25. Тозони Олег Валенминович. Математические методы для расчёта электримагнитных полей. К Наукова думка, 1964
26. Очерки физики и хими низкотемпературный плазмы. М Наука 1971
27. Слиуомов. В. Н. Воздушение атмоы. М. Энергоиздат, 1982
28. Капцов. Н. А. Электрические явления в газах и вакууме. М Л, 1959, 836 Стр
29. Смирнов. б.М. Введение в физику плазмы М. Наука, 1982; 224 Стр
30. Филиппов Н.В, Емелямов ю.М. и др. Химические реакции в тихом электрическом разряде современные проблемы физической химии. М. изво московскозо ун-та. 1968 I-II, 77-148 Стр
31. Попков В.И. Особенности коронного раз-да при напряженности поля. Изв. АИ. СССР. Энергетика и транспорт. 1965. П4 69-85 Стр
32. Гей В.В, Заменц С.Л. Развитие разрядных путей импульсной короны. Ж. Экспериментальный и теор-кой физики. 1945 Т34. Вып. 8.С-1511
33. Месси Отрцатеибныи ионы. Москва, 1979. 755 (Bản dịch từ tiếng Anh)
34. Б. Мирнов Отршателыны поны. Москва. Атомиздат, 1978. 175 Стр

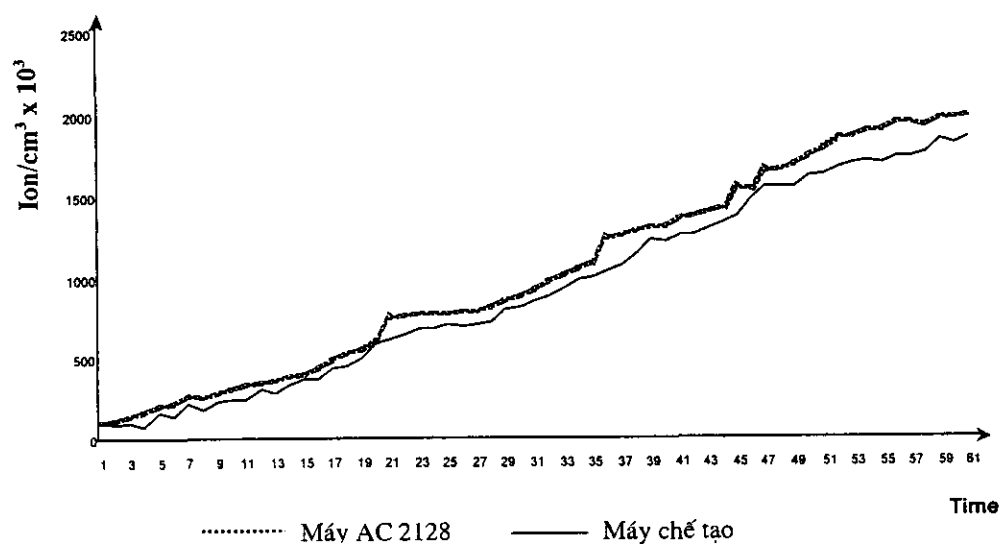
Phụ lục 1.1 Nồng độ ozone trong kho bảo quản



Phụ lục 1.2 Kết quả khảo nghiệm bộ phát ion âm

Thời gian (phút)	Máy AC2128	Máy chế tạo
0	112.65	112.65
1	126.7134	102.7134
2	152.672	110.672
3	185.6026	88.6026
4	215.0923	184.0923
5	227.3666	155.3666
6	283.6949	237.6949
7	277.1742	196.1742
8	298.8685	243.8685
9	329.1705	263.1705
10	344.2312	263.2312
11	367.6064	322.6064
12	373.2697	294.2697
13	396.2726	351.2726
14	414.808	386.808
15	447.3438	386.3438
16	509.6739	455.6739
17	548.8995	468.8995
18	566.4647	521.4647
19	638.3615	604.3615
20	758.8475	630
21	772.9155	665.9155
22	784.5241	700.5241
23	788.2921	697.2921
24	794.2149	730.2149
25	802.0442	711.0442
26	807.1434	726.1434
27	825.4269	737.4269
28	863.1897	821.1897
29	891.8559	827.8559

30	930.8785	864.8785
31	989.2149	898.2149
32	1021.13	940.1302
33	1063.616	996.6162
34	1100.868	1010.868
35	1248.091	1050
36	1268.409	1090
37	1295.698	1150
38	1319.547	1238.547
39	1326.181	1235.181
40	1376.868	1269.868
41	1389.335	1265.335
42	1414.842	1313.842
43	1432.576	1348.576
44	1550	1388
45	1550	1484
46	1660	1571
47	1670	1568
48	1700	1566
49	1746.58	1630
50	1800	1640
51	1860	1682
52	1870	1706
53	1900	1721
54	1900	1713
55	1950	1751
56	1960	1747
57	1924.85	1780
58	1978.65	1850
59	1985.62	1820
60	2000	1860



Phụ lục 1.3. Kết quả xử lý số liệu

DANH GIA DONG NHAT PHUONG SAI

tieu chuan kohren $G = 0.4043$

he so tu do $m = 5$

he so tu do $n-1 = 2$

tieu chuan tra bang (5%) $G = 0.7885$

KET QUA XU LY SO LIEU BANG SO 1

Theo cong thuc so Rank 1 Eqn 8002 $y=a+b\exp(-x/c)$ [Exponential]

Phuong sai theo do luong $Sb = 3.13333$

He so tu do $kb = 10$

Phuong sai tuong thich $Sa = 1.50209$

He so tu do $ka = 2$

Tieu chuan FISHER $F = 0.4794$

No	X	Y1	Y2	Y3	Ytb	Sj	Y^	Yss
1	0.000	35.000	33.000	30.000	32.667	6.333	32.725	0.058
2	0.500	23.000	22.000	20.000	21.667	2.333	21.678	0.011
3	1.000	17.000	16.000	14.000	15.667	2.333	15.060	-0.607
4	1.500	12.000	9.000	10.000	10.333	2.333	11.095	0.761
5	3.000	8.000	5.000	7.000	6.667	2.333	6.444	-0.223

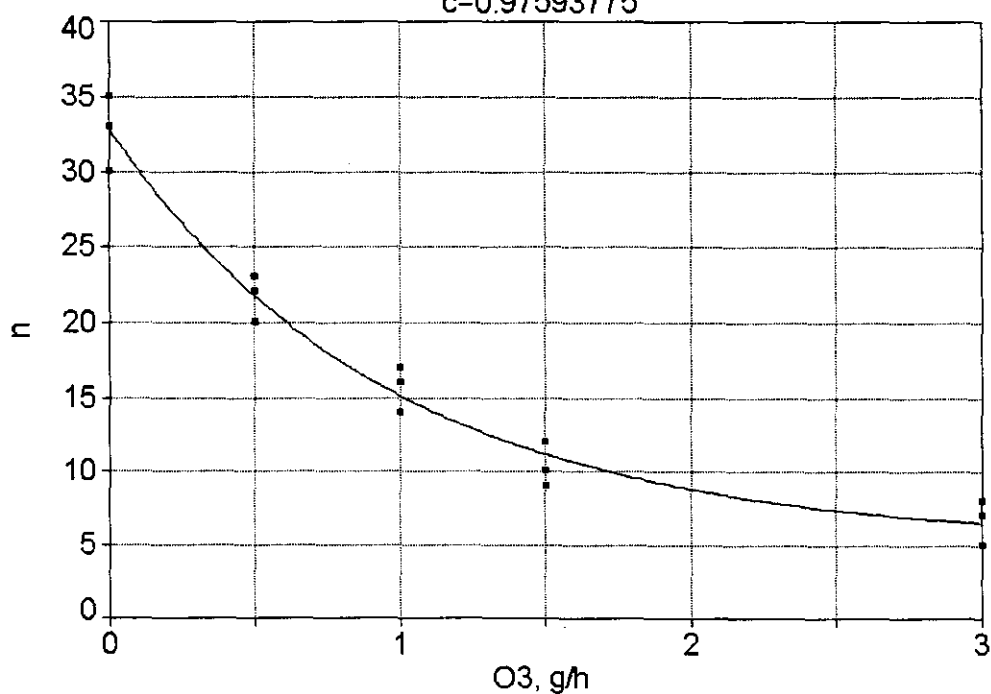
Ngày 16-5-02, nam men

Rank 1 Eqn 8002 $y=a+b\exp(-x/c)$ [Exponential]

$r^2=0.973373519$ DF Adj $r^2=0.966111751$ FitStdErr=1.69158482 Fstat=219.339575

$a=5.1694721$ $b=27.5551$

$c=0.97593775$



DANH GIA DONG NHAT PHUONG SAI
 tieu chuan kohren G = 0.7000
 he so tu do m = 5
 he so tu do n-1= 2
 tieu chuan tra bang (5%) G = 0.7885

KET QUA XU LY SO LIEU BANG SO 1

Theo cong thuc so Rank 2 Eqn 84 $y^{0.5}=a+be^{-x}$

Phuong sai theo do luong Sb = 0.66667
 He so tu do kb = 10
 Phuong sai tuong thich Sa = 0.08269
 He so tu do ka = 3
 Tieu chuan FISHER F = 0.1240

No	X	Y1	Y2	Y3	Ytb	Sj	Y^	Yss
1	0.000	12.000	9.000	10.000	10.333	2.333	10.300	-0.033
2	0.500	4.000	2.000	3.000	3.000	1.000	3.166	0.166
3	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.000	0.831	-0.169
4	1.500	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.149	0.149
5	3.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.060	0.060

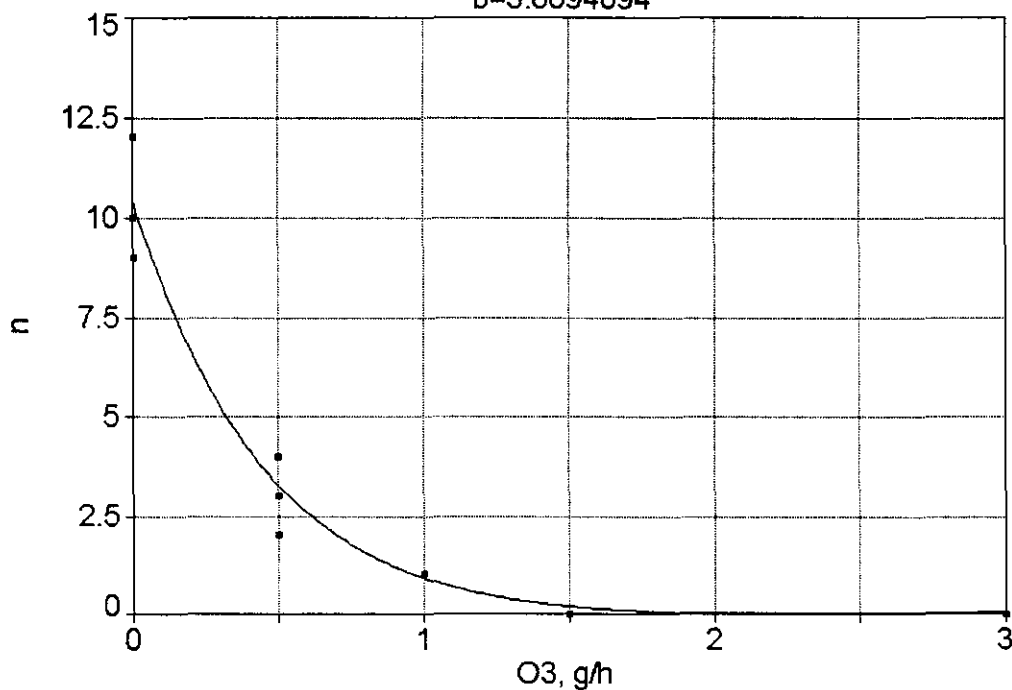
Ngày 16-5-02, nam moc

Rank 1 Eqn 84 $y^{0.5}=a+be^{-x}$

$r^2=0.96984769$ DF Adj $r^2=0.964822305$ FitStdErr=0.736290071 Fstat=418.144415

a=-0.38050127

b=3.6094094



DANH GIA DONG NHAT PHUONG SAI
 tieu chuan kohren $G = 0.6871$
 he so tu do $m = 5$
 he so tu do $n-1 = 2$
 tieu chuan tra bang (5%) $G = 0.7885$

KET QUA XU LY SO LIEU BANG SO 1

Theo cong thuc so Rank 2 Eqn 22 $\ln y = a + bx$

Phuong sai theo do luong $S_b = 727.66667$
 He so tu do $k_b = 10$
 Phuong sai tuong thich $S_a = 1464.76572$
 He so tu do $k_a = 3$
 Tieu chuan FISHER $F = 2.0130$

No	X	Y1	Y2	Y3	Ytb	Sj	Y^	Yss
1	0.00	600.00	550.00	500.00	550.000	2500.000	547.03	-2.967
2	0.50	240.00	250.00	200.00	230.000	700.000	244.56	14.559
3	1.00	140.00	130.00	100.00	123.333	433.333	109.33	-14.000
4	1.50	19.00	15.00	17.00	17.000	4.000	48.88	31.879
5	3.00	11.00	10.00	9.00	10.000	1.000	4.37	-5.632

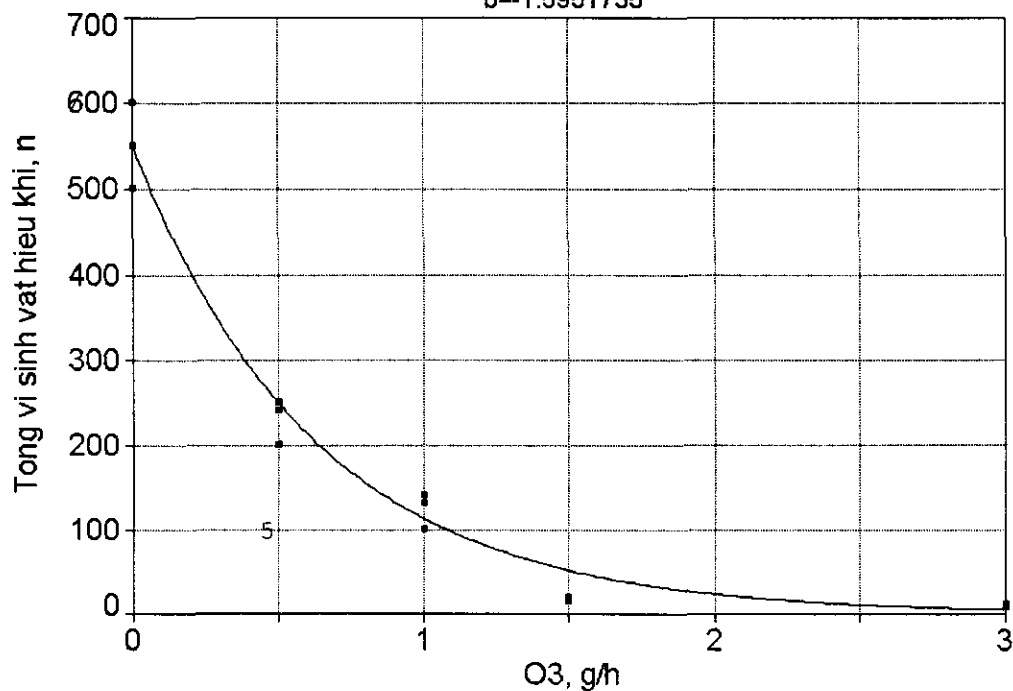
Ngày 16-5-02, vi sinh vat

Rank 2 Eqn 22 $\ln y = a + bx$

$r^2 = 0.979830012$ DF Adj $r^2 = 0.976468347$ FitStdErr = 30.5355477 Fstat = 631.521937

$a = 6.3125214$

$b = -1.5951735$



DANH GIA DONG NHAT PHUONG SAI
 tieu chuan kohren $G = 0.3996$
 he so tu do $m = 5$
 he so tu do $n-1 = 2$
 tieu chuan tra bang (5%) $G = 0.7885$

KET QUA XU LY SO LIEU BANG SO 1

Theo cong thuc so Rank 1 Eqn 33 $\ln y = a + bx \cdot 0.5$

Phuong sai theo do luong $S_b = 20020.00000$
 He so tu do $k_b = 10$
 Phuong sai tuong thich $S_a = 21117.90485$
 He so tu do $k_a = 3$
 Tieu chuan FISHER $F = 1.0548$

No	X	Y1	Y2	Y3	Ytb	Sj	Y^	Yss
1	0.00	1300.00	1200.00	1500.00	1333.333	23333.333	1345.97	12.637
2	2.00	800.00	1000.00	1200.00	1000.000	40000.000	917.52	-82.483
3	4.00	840.00	620.00	630.00	696.667	15433.333	782.85	86.186
4	8.00	570.00	680.00	420.00	556.667	17033.333	625.45	68.783
5	16.00	510.00	430.00	560.00	500.000	4300.000	455.33	-44.672

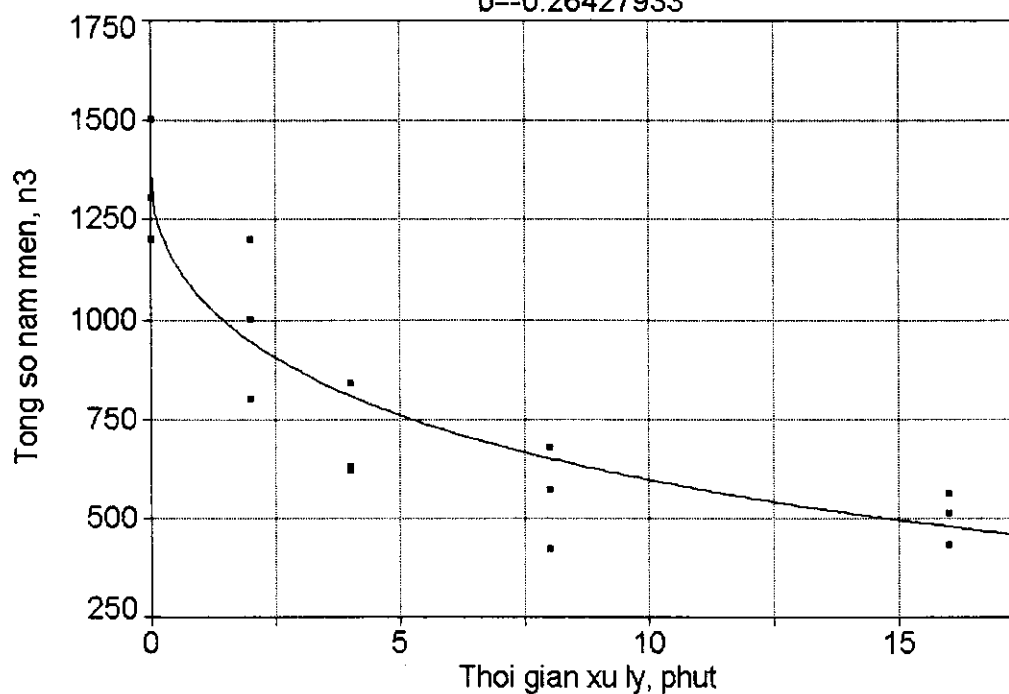
Ngày 22-5-02, nam men

Rank 1 Eqn 33 $\ln y = a + bx^{0.5}$

$r^2 = 0.83103265$ DF Adj $r^2 = 0.802871425$ FitStdErr=146.38604 Fstat=63.9379409

$a = 7.2231275$

$b = -0.26427933$



DANH GIA DONG NHAT PHUONG SAI
 tieu chuan kohren $G = 0.9937$
 he so tu do $m = 5$
 he so tu do $n-1 = 2$
 tieu chuan tra bang (5%) $G = 0.7885$

KET QUA XU LY SO LIEU BANG SO 1

Theo cong thuc so Rank 14 Eqn 45 $y-1=a+bx^{1.5}$

Phuong sai theo do luong $S_b = 31.86667$
 He so tu do $k_b = 10$
 Phuong sai tuong thich $S_a = 1.20445$
 He so tu do $k_a = 3$
 Tieu chuan FISHER $F = 0.0378$

No	X	Y1	Y2	Y3	Ytb	Sj	Y^	Yss
1	0.00	40.00	55.00	65.00	53.333	158.333	53.33	-0.000
2	2.00	1.00	0.00	1.00	0.667	0.333	1.76	1.089
3	4.00	0.00	1.00	1.00	0.667	0.333	0.63	-0.033
4	8.00	0.00	1.00	0.00	0.333	0.333	0.23	-0.107
5	16.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0.08	0.080

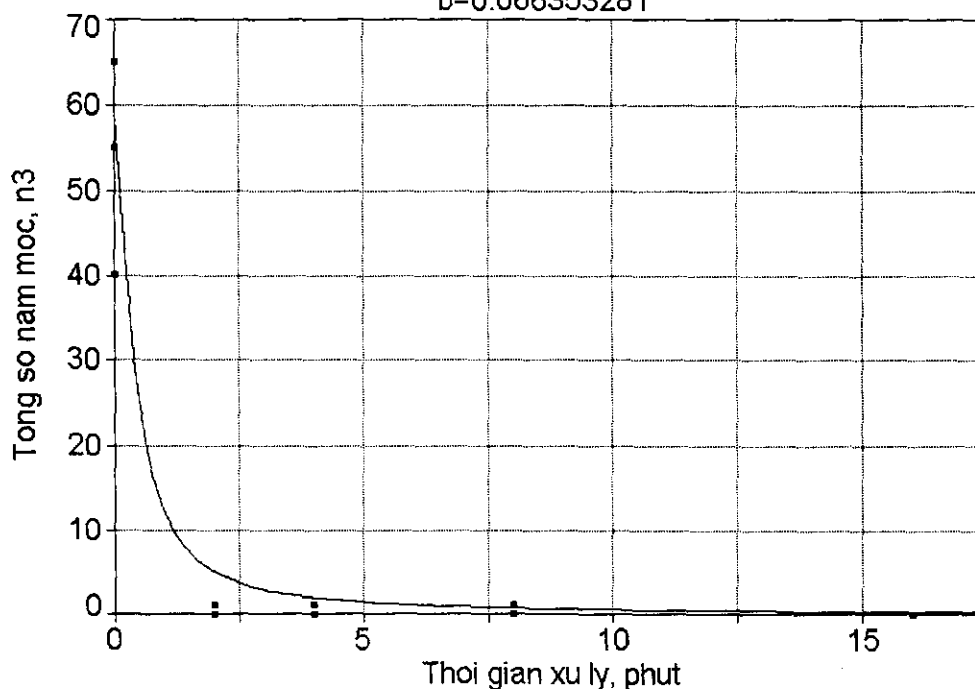
Ngày 22-5-02, nam moc

Rank 18 Eqn 45 $y^1=a+bx^{1.5}$

$r^2=0.934977425$ DF Adj $r^2=0.924140329$ FitStdErr=5.93398899 Fstat=186.930562

$a=0.017083242$

$b=0.066353281$



DANH GIA DONG NHAT PHUONG SAI
 tieu chuan kohren G = 0.8202
 he so tu do m = 5
 he so tu do n-1= 2
 tieu chuan tra bang (5%) G = 0.7885

KET QUA XU LY SO LIEU BANG SO 1

Theo cong thuc so Rank 1 Eqn 8002 $y=a+b\exp(-x/c)$ [Exponential]
 Phuong sai theo do luong Sb = 22401020.00000
 He so tu do kb = 10
 Phuong sai tuong thich Sa = 592058.92838
 He so tu do ka = 2
 Tieu chuan FISHER F = 0.0264

No	X	Y1	Y2	Y3	Ytb	Sj	Y^	Yss
1	0.00	57000.00	45300.00	38000.00	46766.667	91863333.333	46760.00	-6.667
2	2.00	17000.00	22000.00	23000.00	20666.667	10333333.333	20760.00	93.333
3	4.00	12000.00	10500.00	6000.00	9500.000	9750000.000	9214.26	-285.735
4	8.00	1400.00	1100.00	1500.00	1333.333	43333.333	1808.38	475.048
5	16.00	250.00	480.00	290.00	340.000	15100.000	59.58	-280.420

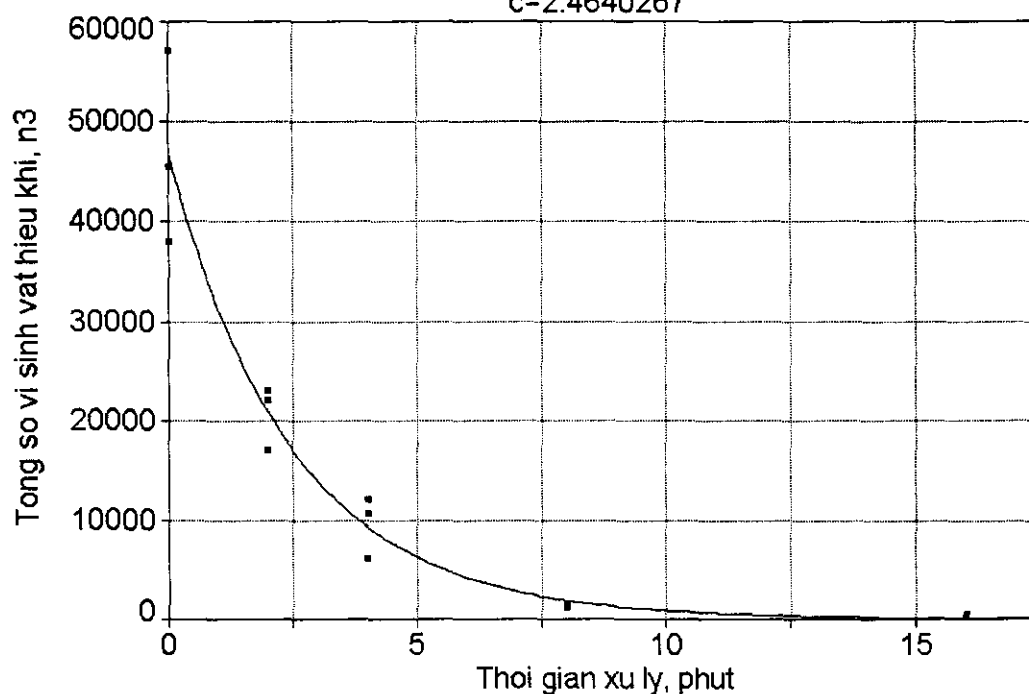
Ngày 22-5-02, vi sinh vat

Rank 1 Eqn 8002 $y=a+b\exp(-x/c)$ [Exponential]

$r^2=0.951421877$ DF Adj $r^2=0.938173298$ FitStdErr=4332.00462 Fstat=117.512388

a=-11.205263 b=46773.985

c=2.4640267



DANH GIA DONG NHAT PHUONG SAI
 tieu chuan kohren $G = 0.7579$
 he so tu do $m = 5$
 he so tu do $n-1 = 2$
 tieu chuan tra bang (5%) $G = 0.7885$

KET QUA XU LY SO LIEU BANG SO 1

Theo cong thuc so Rank 6 Eqn 22 $\ln y = a + bx$
 Phuong sai theo do luong $S_b = 2259673.33333$
 He so tu do $k_b = 10$
 Phuong sai tuong thich $S_a = 4279216.76325$
 He so tu do $k_a = 3$
 Tieu chuan FISHER $F = 1.8937$

No	X	Y1	Y2	Y3	Ytb	Sj	Y^	Yss
1	0.00	18000.00	16000.00	15000.00	16333.333	2333333.333	16540.00	206.667
2	5.00	9900.00	8800.00	9000.00	9233.333	343333.333	8529.32	-704.008
3	10.00	1400.00	1900.00	6700.00	3333.333	8563333.333	4399.22	1065.888
4	15.00	720.00	700.00	600.00	673.333	4133.333	2269.01	1595.680
5	30.00	390.00	820.00	450.00	553.333	54233.333	311.33	-242.004

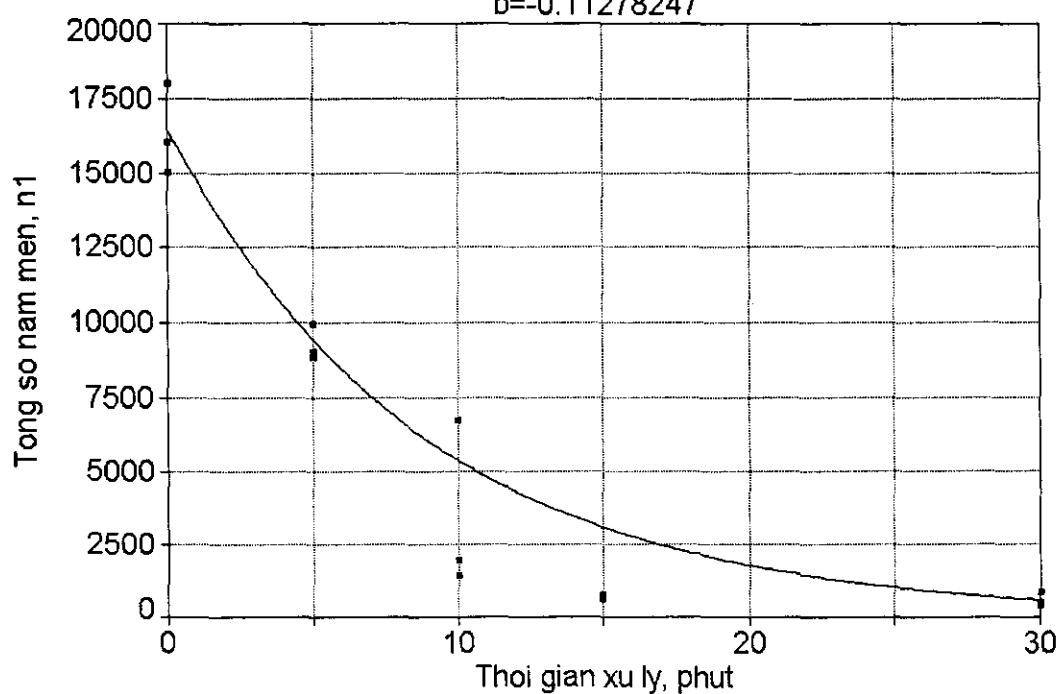
Ngày 29-5-02, nam men. Nong do ozon 0,5 ppm

Rank 3 Eqn 22 $\ln y = a + bx$

$r^2 = 0.909850803$ DF Adj $r^2 = 0.894825937$ FitStdErr = 1987.67786 Fstat = 131.205389

$a = 9.7089297$

$b = -0.11278247$



DANH GIA DONG NHAT PHUONG SAI
 tieu chuan kohren G = 0.7159
 he so tu do m = 5
 he so tu do n-1= 2
 tieu chuan tra bang (5%) G = 0.7885

KET QUA XU LY SO LIEU BANG SO 1

Theo cong thuc so Rank 1 Eqn 43 $y-l=a+bx$
 Phuong sai theo do luong Sb = 2990026.66667
 He so tu do kb = 10
 Phuong sai tuong thich Sa = 121196.64402
 He so tu do ka = 3
 Tieu chuan FISHER F = 0.0405

No	X	Y1	Y2	Y3	Ytb	Sj	Y^	Yss
1	0.00	28000.00	24000.00	26000.00	26000.000	4000000.000	26000.00	0.000
2	5.00	1000.00	1500.00	6900.00	3133.333	10703333.333	3036.49	-96.840
3	10.00	1500.00	1200.00	1700.00	1466.667	63333.333	1612.40	145.732
4	15.00	580.00	920.00	890.00	796.667	35433.333	1097.62	300.955
5	30.00	760.00	810.00	120.00	563.333	148033.333	560.64	-2.689

Ngày 29-5-02, vi sinh vat. Nong do ozon 0,5 ppm

Rank 16 Eqn 43 $y^{-1}=a+bx$

$r^2=0.939060937$ DF Adj $r^2=0.928904427$ FitStdErr=2637.32472 Fstat=200.327863

$a=3.8008823e-05$

$b=2.3228687e-05$

