

Nghiên cứu sử dụng capsaicin chiết xuất từ tự nhiên để chế tạo chất tạo khói cay thay thế chất độc quân sự CS

Lâm Phước Sơn*, Đào Duy Hưng, Hoàng Kim Huế,
Phùng Khắc Huy Chú, Nguyễn Anh Đức

Viện Hóa học - Môi trường quân sự, Binh chủng Hóa học, An Phú, Hoài Đức, Hà Nội, Việt Nam.

*Tác giả liên hệ: phuocsontck8@gmail.com

Nhận bài: 12/10/2024; Hoàn thiện: 06/12/2024; Chấp nhận đăng: 12/12/2024; Xuất bản: 25/12/2024.

DOI: <https://doi.org/10.54939/1859-1043.j.mst.100.2024.90-97>

TÓM TẮT

Bài báo này giới thiệu kết quả nghiên cứu chế tạo lựu đạn khói cay huấn luyện (LĐO-24) sử dụng capsaicin được chiết xuất từ quả ớt thay thế chất độc quân sự CS. LĐO-24 an toàn hơn với con người và môi trường so với loại lựu đạn hơi cay thông thường. LĐO-24 có thể sử dụng trong huấn luyện sẵn sàng chiến đấu và thử nghiệm mặt nạ phòng độc. Thử nghiệm tỷ lệ phối trộn thành phần chất tạo khói và chất gây cay tương tự với lựu đạn LDC-16, nhận thấy lựu đạn khói cay huấn luyện LĐO-24 có các tính năng tương tự lựu đạn khói cay LDC-16, có thể tạo ra màn khói gây kích ứng mắt và hô hấp, với tỷ lệ capsaicin là 10% trong hỗn hợp chất tạo khói cay là tối ưu nhất cho nồng độ capsaicin trong màn khói là $0,0036 \text{ mg/m}^3$, nồng độ chất gây cay này đảm bảo gây kích ứng mắt và hô hấp, mà vẫn an toàn cho cán bộ, chiến sỹ khi huấn luyện. Thời gian tồn tại capsaicin trong không khí sẽ giảm dần theo thời gian, thời gian tồn tại hơi cay trong không khí là 120 - 180 giây.

Từ khóa: Capsaicin; Lựu đạn khói cay; Huấn luyện sẵn sàng chiến đấu.

1. MỞ ĐẦU

Hiện nay, việc nghiên cứu, chế tạo, sản xuất các mẫu mặt nạ phòng độc tại Binh chủng Hóa học ngày càng được đẩy mạnh. Tuy nhiên, trong quá trình thử nghiệm, nghiệm thu vẫn sử dụng các loại bình xịt và lựu đạn khói cay có chứa chất độc 2-Chloroacetophenone (CS) để thử nghiệm về độ kín, khả năng bảo vệ của mặt nạ, khí tài phòng hô hấp. Mặt khác, trong quá trình tạo tình huống diễn tập, huấn luyện sẵn sàng chiến đấu, vẫn sử dụng lựu đạn khói cay có chứa thành phần là chất độc quân sự CS. Việc sử dụng chất độc CS gây ảnh hưởng lớn đến sức khỏe của cán bộ, chiến sỹ. Nếu bị phơi nhiễm chất độc quân sự CS trên mặt sau 20 đến 60 giây sẽ gây chảy nước mắt, đỏ mắt, nặng hơn có thể gây viêm giác mạc, thị lực giảm dần đến mất sức chiến đấu nhanh chóng. Đối với đường hô hấp, dưới tác dụng của hơi chất độc CS có thể bị hắt hơi liên tục, ho, rất họng và khó thở. Nếu hít thở ở nồng độ cao và trong khoảng thời gian dài thì hơi chất độc CS có thể vào phế nang gây viêm phổi và xung huyết phổi. Khi bị dính chất độc CS lên da, lúc đầu sẽ không có cảm giác gì, tuy nhiên chỉ sau khoảng 2 đến 3 phút da sẽ bị bỏng rát, nếu da bị ẩm ướt có thể bị xung huyết và rộp phỏng khi tiếp xúc ở nồng độ cao [4]. Nghiên cứu cho thấy CS hay những chất gây cay khác như CN, CR,... có thời gian bán phân hủy kéo dài, có thể lên đến hàng năm trong một số điều kiện môi trường nhất định [5]. Chúng thường bị tích tụ trong môi trường, nhất là trong đất và nước, làm tăng nguy cơ ô nhiễm môi trường lâu dài.

Hiện nay, lựu đạn khói cay vẫn được các bộ phận an ninh sử dụng phổ biến trong các cuộc dẹp loạn hay giải tán đám đông. Cấu tạo chung của loại lựu đạn này thường chứa chất gây cay (các loại chất độc kích thích như CS, CN,... trộn cùng với các chất có chức năng tạo khói).

Capsaicin (8-methyl-N-vanillyl-6-nonenamide, công thức hoá học $\text{C}_{18}\text{H}_{27}\text{NO}_3$) là hoạt chất chính của ớt đỏ, mang lại vị cay nồng cho ớt. Capsaicin là chất rắn, không tan trong nước, tan nhiều trong dung môi hữu cơ. Nó được phân lập từ bột ớt hoặc thu được bằng phương pháp tổng hợp. Khối lượng phân tử của Capsaicin là 305,41 g/mol, nhiệt độ nóng chảy khoảng 65°C , nhiệt

độ phân hủy là khoảng 200 °C và có áp suất bay hơi thấp. Capsaicin có tác dụng kích thích trên mắt, đường hô hấp tương tự như CS nhưng ở mức độ nhẹ hơn nhiều. Capsaicin là một thành phần thường được sử dụng trong y học, dược liệu và ẩm thực [6].

Để khắc phục những ảnh hưởng của lựu đạn khói cay đang được sử dụng trong nước hiện nay, nhóm thực hiện nghiên cứu áp dụng loại chất gây cay chiết xuất từ tự nhiên là capsaicin hỗn hợp khói thân thiện môi trường dựa trên cơ sở axit Terephthalic thường dùng trong công tác huấn luyện để tạo thành lựu đạn khói cay huấn luyện.

Lựu đạn sau khi được nghiên cứu đóng vai trò quan trọng trong công tác huấn luyện sẵn sàng chiến đấu cũng như là nghiên cứu, thử nghiệm các loại khí tài phòng hộ hấp. Giảm khả năng gây mất an toàn cho sức khỏe bộ đội cũng như môi trường.

2. THỰC NGHIỆM VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Hóa chất, thiết bị

2.1.1. Hóa chất

Capsaicin có hàm lượng $\geq 50\%$ được chiết xuất từ ớt tại phòng thí nghiệm Viện Hóa học - Môi trường quân sự. Lựu đạn khói cay LĐC-16 sản xuất tại Bình chủng Hóa học. Chất tạo khói được sử dụng là loại khói thân thiện môi trường dựa trên cơ sở axit Terephthalic dùng trong công tác huấn luyện, đây là loại khói đang được sử dụng trong lựu đạn khói cay LĐC-16. Dung môi acetonitrile, metanol, Capsaicin ($>98\%$, Sigma Aldrich), Bạc nitrat.

2.1.2. Thiết bị

Máy sắc ký lỏng hiệu năng cao (HPLC) nhãn hiệu HP-1100 của hãng Agilent; Máy rung siêu âm Ultrasonic cleaner; Cân phân tích AB204-S của hãng Toledo, độ chính xác $\pm 0,1\text{mg}$; Thiết bị lấy mẫu khí có lưu lượng 1 - 5 l/p qua bộ lọc sợi thủy tinh 13 mm.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Phương pháp chế tạo lựu đạn khói cay có thành phần gây cay là capsaicin

Trên cơ sở tham khảo các tài liệu về lựu đạn khói cay, nhóm thực hiện đề tài đưa ra quy trình nghiên cứu, chế tạo lựu đạn khói cay huấn luyện như sau:

- Bước 1: Nghiền nguyên liệu.
- Bước 2: Trộn chất tạo khói, chất tạo hơi cay và keo thuốc phóng với tỉ lệ thích hợp.
- Bước 3: Nén chặt hỗn hợp chất tạo khói cay vào thân lựu đạn, tạo hình, phơi khô.
- Bước 4: Lắp dây cháy chậm.
- Bước 5: Lắp ráp lựu đạn khói cay huấn luyện.
- Bước 6: Kiểm tra, bảo quản.

2.2.2. Phương pháp đánh giá tính năng lựu đạn LĐO-24

- Xác định, đánh giá khối lượng lựu đạn LĐO-24

Sử dụng cân điện tử xác định khối lượng của lựu đạn LĐO-24, ghi lại kết quả và so sánh với khối lượng của lựu đạn khói cay LĐC-16.

- Xác định mật độ nhồi nạp chất tạo khói

$$\rho_n = \frac{m}{V} \quad (1)$$

Trong đó :

- ρ_n : Mật độ nhồi nạp (g/cm^3);
- m: Khối lượng chất tạo khói cay (g);
- V: Thể tích của khoang chứa hoặc vật liệu (cm^3).

- *Xác định, đánh giá thời gian môi cháy, thời gian tạo màn khói của lựu đạn LĐO-24*

Tiến hành cho nổ 01 quả lựu đạn LĐO-24, bấm thời gian môi cháy và thời gian tạo màn khói, so sánh với tính năng của lựu đạn khói cay LĐC-16 đang được Binh chủng Hóa học sử dụng.

- *Xác định thời gian tồn tại hơi cay trong không khí*

Để xác định thời gian tồn tại của hơi cay, tiến hành theo các bước sau:

Xác định thời điểm bắt đầu lấy mẫu: Ngay khi lựu đạn hơi cay được kích hoạt trong buồng thử nghiệm khói, bắt đầu ghi lại thời gian và lấy mẫu.

Ghi nhận các yếu tố môi trường: Để đảm bảo tính chính xác, ghi lại các thông số như nhiệt độ, độ ẩm.

Tiến hành kích hoạt lựu đạn LĐO-24 nhiều lần, mỗi lần thử nghiệm tiến hành lấy mẫu ở các khoảng thời gian khác nhau.

Sử dụng kết quả phân tích để vẽ đồ thị biểu diễn tương quan giữa nồng độ hơi cay và thời gian bắt đầu lấy mẫu. Từ đồ thị, khi nào nồng độ hơi cay giảm xuống mức an toàn hoặc tan hết, đây sẽ là khoảng thời gian tồn tại của hơi cay trong không gian đó.

2.2.3. Phương pháp thử nghiệm xác định nồng độ capsaicin trong màn khói

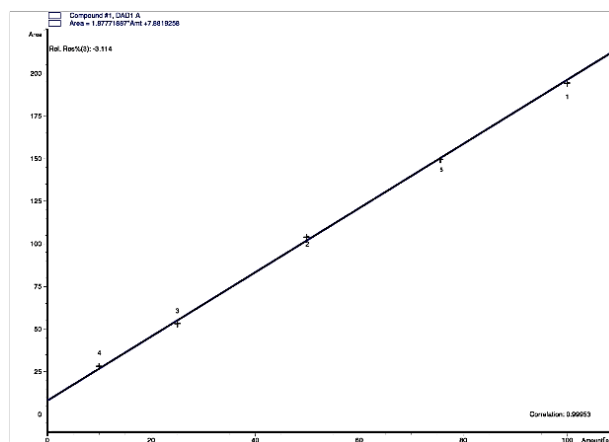
Tiến hành cho nổ 01 quả lựu đạn khói cay huấn luyện trong buồng thử nghiệm khói (hình 1) có kích thước (DxRxC) là 2 x 1.5 x 1.5 m, thể tích buồng là 4,5 m³. Sau khi khói được phát tán đều trong 30 giây, tiến hành lấy mẫu capsaicin theo phương pháp NIOSH 5041 [7], cụ thể: đặt thiết bị lấy mẫu khí có lắp bộ lọc sợi thủy tinh 13 mm với lưu lượng hút 2 l/p trong thời gian 30 phút.

Thể tích khí đã lấy được xác định theo công thức (2):

$$V_{\text{khí}} = \text{Lưu lượng} \times \text{thời gian lấy mẫu} \quad (2)$$



Hình 1. Buồng thử nghiệm khói.



Hình 2. Đường chuẩn phân tích capsaicin trên thiết bị HPLC.

**Phương pháp phân tích capsaicin trong màn khói*

Sau khi kết thúc quá trình lấy mẫu, chuyển màng lọc vào lọ thủy tinh 10 mL có nắp vận teflon. Thêm 5 mL dung môi methanol vào lọ, rung siêu âm trong 30 phút để chiết xuất capsaicin từ bông thủy tinh vào dung môi, quá trình chiết được lặp lại 3 lần. Toàn bộ methanol được thu vào một lọ thủy tinh, làm khô dịch chiết bằng Na₂SO₄, lọc thu dịch chiết và cô cạn dịch chiết về 1 mL.

Capsaicin trong dịch chiết thu được, được đem phân tích trên thiết bị HPLC với cột C₁₈, bước sóng 281 nm, nhiệt độ trong cột 25 °C. Pha động dùng dung dịch metanol và dung dịch bạc nitrat (70:30 v/v), tốc độ dòng 1 ml/phút. Kết quả được ghi lại bằng detector DAD. Phương pháp phân tích capsaicin thực hiện theo Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 9682 – 2:2013.

Đường chuẩn capsaicin được lập từ 5 điểm chuẩn có nồng độ lần lượt là 10; 25; 50; 75 và 100 mg/l, như mô tả trên hình 2.

Tính toán nồng độ capsaicin trong không khí theo công thức:

$$C_{khí} = \frac{C_{chiết} \times V_{dung môi}}{V_{khí} \times H} \quad (3)$$

Trong đó:

$C_{khí}$: Nồng độ capsaicin trong không khí (mg/m³).

$C_{chiết}$: Nồng độ capsaicin trong dung dịch chiết (mg/L).

$V_{Dung môi}$: Thể tích dung môi chiết (L).

H: Hiệu suất thu hồi của quá trình (%)

$V_{khí}$: Thể tích khí đã thu mẫu (m³).

Quy đổi đơn vị từ mg/l sang mg/m³ theo công thức: Nồng độ capsaicin (mg/m³) = 0,0409 x nồng độ capsaicin (mg/l) x khối lượng phân tử capsaicin (g/mol).

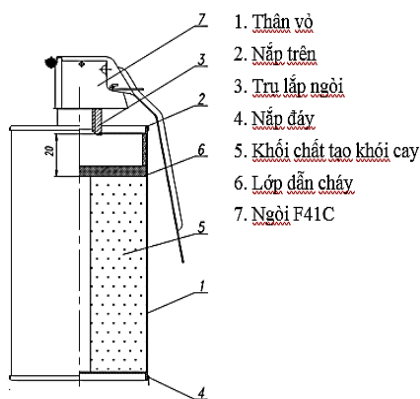
2.2.4. Phương pháp lựa chọn tỷ lệ phối trộn capsaicin và chất tạo khói

Tiến hành chế tạo những quả lựu đạn có tỷ lệ capsaicin trong tổng khối lượng chất tạo khói cay là 5%, 10%, 20% và 30%. Sau đó, lấy mẫu và phân tích nồng độ capsaicin trong màn khói như mục 2.2.3, tiến hành so sánh nồng độ capsaicin với ngưỡng gây kích ứng mắt và hô hấp của capsaicin [6], đồng thời đánh giá ảnh hưởng của nồng độ tỷ lệ phối trộn capsaicin và chất tạo khói đến thời gian phát khói. Từ đó đưa ra tỷ lệ phối trộn phù hợp nhất.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Kết quả chế tạo lựu đạn khói cay huấn luyện LDO-24

Lựu đạn khói cay dùng trong huấn luyện sau khi được thiết kế, chế tạo được cấu thành từ bảy bộ phận (hình 3), cụ thể như sau:



Hình 3. Cấu trúc lựu đạn LDO-24. **Hình 4.** Lựu đạn khói cay huấn luyện LDO-24.

- Thân vỏ: Chứa chất tạo khói cay, liều tăng lửa, và lớp dẫn cháy.
- Nắp trên: Bảo vệ chất bên trong khỏi ẩm, có lỗ để lắp ngòi nổ và thoát khí.
- Trụ lắp ngòi: Giúp cố định ngòi nổ khi phóng, đảm bảo độ chính xác.
- Nắp đáy: Chịu áp lực và có lỗ thông khí để cân bằng áp suất.
- Khối chất tạo khói cay gồm ba thành phần chính: Chất cháy (sử dụng hỗn hợp hữu cơ như axit terephthalic, glucozo,..) cung cấp năng lượng. Chất oxy hóa (kali clorat hoặc peclorat) hỗ trợ quá trình cháy và chất gây cay (capsaicin) tạo hiệu ứng kích thích mắt và hô hấp. Sự kết hợp này giúp lựu đạn khói cay cháy ổn định và phát tán hiệu quả.

- Lớp dẫn cháy: Hỗn hợp gồm ba thành phần chính: kali nitrat (KNO_3) cung cấp oxy, cacbon (than) làm chất cháy và lưu huỳnh (S) giúp tăng tốc độ cháy. Hỗn hợp này cháy nhanh, tạo nhiệt và áp suất, truyền lửa từ ngòi nổ đến khối khói cay, đảm bảo quá trình cháy diễn ra hiệu quả.

- Ngòi lựu đạn F41C: Có thời gian giữ chậm 1,5 - 3 giây, với chốt an toàn, vòng giạt chốt, và cần mở vệt đảm bảo an toàn khi sử dụng.

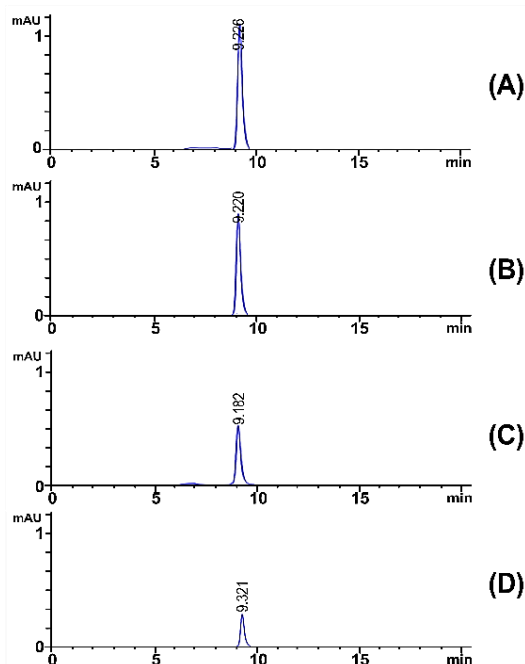
Bảng 1. Bảng so sánh tỷ lệ thành phần của chất tạo khói của lựu đạn LĐO-24 và LĐC-16.

TT	Thành phần	Tỷ lệ phối trộn chất tạo khói trong lựu đạn LĐO-24	Tỷ lệ phối trộn chất tạo khói trong lựu đạn LĐC-16
1	Chất oxi hóa	20%	20%
2	Chất cháy	60%	60%
3	Chất dẫn cháy	15%	15%
4	Keo thuốc phóng	5%	5%

Sau khi nghiên cứu các thành phần cấu tạo của lựu đạn khói cay, tiến hành chế tạo sản phẩm (hình 4) có các tính năng chiến kỹ thuật tương tự lựu đạn khói cay LĐC-16.

3.2. Kết quả lựa chọn tỷ lệ phối trộn capsaicin và chất tạo khói

Để lựa chọn tỷ lệ phối trộn giữa capsaicin và chất tạo khói phù hợp cho việc chế tạo lựu đạn khói cay huấn luyện LĐO-24, nhóm nghiên cứu đã thực hiện khảo sát chi tiết nhằm đánh giá hai yếu tố là nồng độ capsaicin trong màn khói và thời gian phát khói. Kết quả được trình bày ở bảng 2. Sắc đồ phân tích capsaicin trong màn khói ở các tỷ lệ phối trộn khác nhau được thể hiện ở hình 5.



Hình 5. Kết quả phân tích capsaicin trên thiết bị HPLC. Tỷ lệ phối trộn 1 (A), tỷ lệ phối trộn 2 (B), tỷ lệ phối trộn 3 (C), tỷ lệ phối trộn 4 (D).

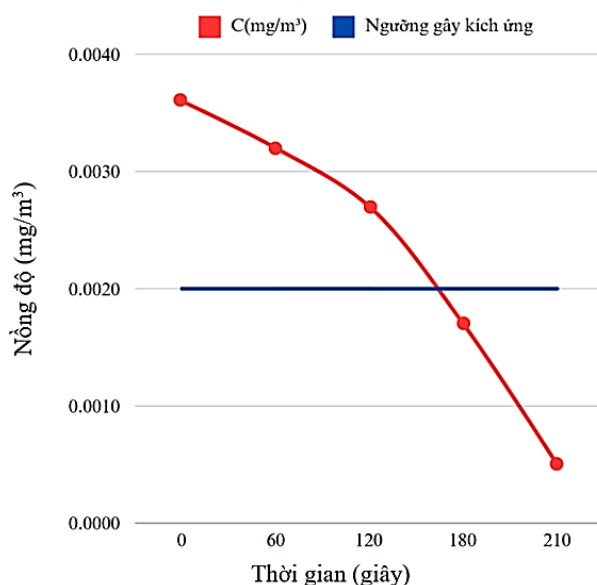
Bảng 2. Ảnh hưởng của tỷ lệ capsaicin và chất tạo khói đến nồng độ capsaicin trong màn khói và thời gian phát khói.

TT	1	2	3	4
Tỷ lệ phối trộn capsaicin và chất tạo khói (%)	5	10	20	30
Nồng độ capsaicin trong màn khói (mg/m^3)	0,0016	0,0036	0,0082	0,014
Thời gian phát khói (s)	65	58	51	40

Kết quả ở bảng 2 cho thấy, khi tỉ lệ phối trộn capsaicin tăng từ 5% đến 30%, nồng độ capsaicin trong màn khói tăng từ 0,0016 mg/m³ đến 0,014 mg/m³ và thời gian phát khói giảm từ 62 giây về 40 giây, điều này chứng minh rằng lượng chất gây cay cao nhưng hỗn hợp sinh nhiệt (như kali clorat và đường) không tăng tỷ lệ tương ứng, dẫn đến quá trình đốt cháy diễn ra nhanh hơn. Phản ứng nhanh sẽ tạo ra nhiệt lượng lớn trong thời gian ngắn, làm chất kích thích chuyển thành khí hoặc hạt mịn ngay lập tức, kết quả là khói dày đặc được tạo ra nhanh chóng nhưng tiêu hao nhanh hơn. Với tỉ lệ capsaicin 5%, nồng độ capsaicin trong màn khói là 0,0016 mg/m³, nồng độ này nhỏ hơn ngưỡng gây kích ứng mắt nên ít cảm thấy cay mắt khi thử nghiệm (nồng độ có thể gây kích ứng của capsaicin là 0,002 mg/m³ [6]), không phù hợp để sử dụng trong huấn luyện. Ở tỉ lệ capsaicin trong chất tạo khói là 20% và 30% thì thời gian tạo khói ngắn, nồng độ capsaicin trong màn khói lần lượt là 0,0082 mg/m³ và 0,014 mg/m³ vượt mức có thể gây kích ứng hơn 4 lần, có thể gây nguy hại cho người sử dụng. Do đó, sử dụng tỷ lệ phối trộn capsaicin 10% là phù hợp với mục đích huấn luyện và thử nghiệm.

3.3. Kết quả xác định thời gian tồn tại hơi cay trong không khí của lựu đạn LDO-24

Sau khi xác định tỷ lệ phối trộn với capsaicin chiếm 10% và chất tạo khói chiếm 90% trên tổng khối lượng hỗn hợp tạo khói cay, thí nghiệm được tiến hành để xác định thời gian tồn tại của hơi cay trong màn khói. Hình 6 mô tả ảnh hưởng của thời gian đến nồng độ capsaicin trong màn khói, với nồng độ ban đầu đo được là 0,0036 mg/m³. Thí nghiệm được thực hiện trong buồng kín có thể tích 4,5 m³, đảm bảo môi trường đồng nhất để kiểm tra sự phân tán và sa lắng của hơi cay, trong điều kiện nhiệt độ duy trì ở mức 25 ± 2 °C và độ ẩm 65 ± 5%.



Hình 6. Ảnh hưởng của thời gian đến nồng độ hơi cay capsaicin trong không khí.

Quan sát đồ thị ở hình 6, có thể thấy rõ xu hướng giảm dần nồng độ capsaicin trong màn khói theo thời gian. Cụ thể, trong giai đoạn từ 0 giây đến 210 giây, nồng độ capsaicin trong không khí giảm mạnh từ mức ban đầu là 0,0036 mg/m³ xuống còn 0,0005 mg/m³. Sự suy giảm này phản ánh quá trình sa lắng tự nhiên của các hạt capsaicin trong môi trường không khí, khi các hạt dần mất khả năng lơ lửng và rơi xuống bề mặt. Trong khoảng thời gian từ 120 giây đến 180 giây, nồng độ capsaicin trong không khí sẽ giảm dần từ 0,0027 mg/m³ xuống 0,0017 mg/m³ đạt giá trị dưới ngưỡng gây kích ứng của capsaicin là 0,002 mg/m³. Vì vậy, thời gian tồn tại của hơi cay giảm xuống dưới ngưỡng gây kích ứng được xác định trong khoản thời gian từ 120 - 180 giây sau khi thử nghiệm. Điều này cung cấp cơ sở khoa học quan trọng để đánh giá hiệu quả và thời gian sử dụng của lựu đạn khói cay trong thực tế.

3.4. Kết quả so sánh tính năng chiến kỹ thuật của lựu đạn LĐO-24 và LĐC-16

Sau khi hoàn tất nghiên cứu và lựa chọn tỷ lệ thành phần tối ưu để chế tạo lựu đạn khói cay, đồng thời xác định một số tính năng cơ bản của lựu đạn LĐO-24, nhóm thực hiện tiếp tục tiến hành so sánh tính năng kỹ chiến thuật giữa lựu đạn khói cay LĐO-24 và lựu đạn LĐC-14. Kết quả chi tiết được trình bày trong bảng 3.

Bảng 3. Bảng so sánh tính năng chiến kỹ thuật của lựu đạn khói cay LĐC-16 và lựu đạn khói cay huấn luyện LĐO-24.

TT	Chỉ tiêu thử nghiệm của sản phẩm	Đơn vị đo	Kết quả	
			Lựu đạn LĐO-24	Lựu đạn LĐC-16
1	Đường kính	mm	60	60
2	Chiều cao	mm	155	155
3	Khối lượng toàn bộ	g	451	450 ± 15
4	Khối lượng chất tạo khói cay	g	300	300 ± 10
5	Ngòi lựu đạn	-	F41C	F41C
6	Mật độ nén	g/cm ³	1,2	1,1 - 1,3
7	Thời gian môi cháy	s	2,1	1,5 ± 3
8	Thời gian phát khói cay	s	58	50 ± 10
9	Thời gian tồn tại hơi cay	s	120 - 180	135 - 165
10	Nồng độ chất gây cay trong màn khói	mg/m ³	0,0036	15 - 30

Quan sát kết quả bảng 3 cho thấy, các thông số tính năng liên quan đến cấu tạo của lựu đạn như đường kính, chiều cao, khối lượng toàn bộ, khối lượng chất tạo khói, ngòi lựu đạn của lựu đạn LĐO-24 được chế tạo tương tự lựu đạn khói cay LĐC-16. Các thông số thời gian môi cháy, thời gian phát khói cay, thời gian tồn tại hơi cay và nồng độ chất gây cay của lựu đạn huấn luyện LĐO-24 lần lượt là 2,1 (s), 58 (s), 120 - 180 (s) và 0,0036 mg/m³. Mật độ nén của LĐO-24 là 1,2 g/m³ nằm trong khoảng tính năng của lựu đạn LĐC-14 là 1,1 - 1,3 g/m³. Trong khi đó, thời gian môi cháy, thời gian phát khói cay, thời gian tồn tại hơi cay và nồng độ chất gây cay của lựu đạn khói cay LĐC-16 lần lượt là 1,5 ± 3 (s), 50 ± 10 (s), 150 ± 15 (s) và 30 - 50 mg/m³. Giá trị nồng độ chất gây cay của lựu đạn LĐO-24 là 0,0036 mg/m³ vượt qua ngưỡng có thể gây cay mắt và hô hấp (nồng độ gây cay của capsaicin là 0,002 mg/m³ [6]) nhưng không đáng kể nên ít gây hại cho con người khi sử dụng. Giá trị nồng độ chất gây cay của lựu đạn LĐC-16 là 15 - 30 mg/m³ vượt gấp hơn 300 lần so với ngưỡng gây cay mắt và hô hấp của CS (nồng độ gây cay của CS là 0,05 mg/m³ [7]), với nồng độ CS này phù hợp để thực hiện trong các nhiệm vụ giải tán đám đông do có tác dụng gây cay nhanh. Thời gian tạo khói của lựu đạn LĐO-24 là 58 giây phù hợp với công tác tạo khói huấn luyện và tương đương với thời gian tạo khói của lựu đạn LĐC-16.

4. KẾT LUẬN

Đã nghiên cứu, chế tạo thành công lựu đạn khói cay huấn luyện với thành phần gây cay chính là capsaicin chiết xuất từ thiên nhiên, đây là một chất an toàn cho môi trường và con người. Lựu đạn LĐO-24 có các tính năng chiến – kỹ thuật tương đương so với lựu đạn khói cay LĐC-16, thích hợp sử dụng trong huấn luyện sẵn sàng chiến đấu và thử nghiệm các loại mặt nạ phòng độc. Lựa chọn được thành phần tối ưu của lựu đạn cho nồng độ chất gây cay trong màn khói là 0,0036 mg/m³ có thể gây kích ứng mắt và hô hấp, nhưng ít gây ảnh hưởng đến cán bộ, chiến sỹ hơn trong quá trình sử dụng. Thời gian tồn tại capsaicin trong không khí sẽ giảm dần theo thời gian, thời gian tồn tại hơi cay trong không khí là 120 - 180 giây.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Nguyễn Tiến Phát, Đinh Ngọc Thạch, Nguyễn Đức Hạnh, Đỗ Tuấn Duy, Nguyễn Kháng Đê. “Sổ tay kỹ thuật: Trang bị phòng chống vũ khí NBC của quân đội một số nước”. Bộ tư lệnh Hóa học & TTTT KHKTQS-TCKT, (1993).
- [2]. Nguyễn Thái Bình và các cộng sự. “Nghiên cứu chế tạo hỗn hợp chất tạo khói VH-15”. Báo cáo nhiệm vụ cấp cơ sở, (2016).
- [3]. Phạm Văn Hoàn, Lê Văn Bàn, Lê Ngọc Định, Lê Anh Sơn. “Nghiên cứu chế tạo hỗn hợp khói thể rắn”. Báo cáo đề tài Viện HHQS (1993).
- [4]. National Research Council. “Acute Exposure Guideline Levels for Selected Airborne Chemicals”. Volume 16. Washington, DC: National Academies Press, (2014).
- [5]. Dimitroglou, Y.; Rachiotis, G.; Hadjichristodoulou, C. “Exposure to the Riot Control Agent CS and Potential Health Effects: A Systematic Review of the Evidence”. International Journal of Environmental Research and Public Health, (2015).
- [6]. Schep, Leo J., Slaughter, R. J., & McBride, D. I. "Riot control agents: the tear gases CN, CS and OC—a medical review." Journal of the Royal Army Medical Corps, (2013).
- [7]. National Institute for Occupational Safety and Health. “NIOSH Method 5041: Capsaicin and Dihydrocapsaicin”. NIOSH Manual of Analytical Methods, Issue 1, (1996).
- [8]. National Institute for Occupational Safety and Health. “NIOSH Pocket Guide to Chemical Hazards.” Department of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention. DHHS (NIOSH) Publication No. 2005-149, (2007).
- [9]. Feigenbaum, Anna. “Tear Gas: From the Battlefields of World War I to the Streets of Today”. Verso, (2017).
- [10]. Gilliland, Alan, & Rottman, Gordon L. “The Hand Grenades”. Osprey Publishing, (2015).
- [11]. Long, K. Z., & Hernández, G. L. “Capsaicin: Analytical methods for quantification and the impact on health. *Journal of Chromatographic Science*”, 53(1), 16-21, (2015). doi:10.1093/chromsci/bmu002.

ABSTRACT

Research on using naturally extracted capsaicin to develop irritant smoke agents as alternatives to military-grade CS gas

Development of the LDO-24 training tear gas smoke grenade, which uses capsaicin extracted from chili peppers as a substitute for the military-grade toxic agent CS. The LDO-24 is safer for humans and the environment compared to conventional tear gas grenades. It can be used in combat readiness training and gas mask testing. Experiments on the mixing ratio of smoke-producing and irritant components, similar to those in the LDC-16 grenade, indicate that the LDO-24 training grenade possesses similar features to the LDC-16. It generates an airborne smoke layer that irritates the eyes and respiratory system, with an optimal capsaicin concentration of 10% in the smoke mixture, achieving a capsaicin concentration of 0,0036 mg/m³ in the smoke layer. This irritant concentration effectively causes eye and respiratory irritation while remaining safe for personnel during training. The capsaicin's persistence in the air decreases over time, with tear gas effects lasting between 120 and 180 seconds.

Keywords: Capsaicin; Tear gas grenade; Combat readiness training.