

ẢNH HƯỞNG CỦA THỜI GIAN LÊN MEN WHEY TỚI CHẤT LƯỢNG ĐẬU PHỤ

Nguyễn Quang Đức¹, Trần Thị Thu Hằng^{2*}

¹*Trung tâm Nghiên cứu và Kiểm tra chất lượng nông sản thực phẩm,
Viện Cơ điện Nông nghiệp và Công nghệ Sau thu hoạch*

²*Khoa Công nghệ Thực phẩm, Học viện Nông nghiệp Việt Nam*

*Tác giả liên hệ: tranhang.cntp@vnua.edu.vn

Ngày nhận bài: 11.09.2018

Ngày chấp nhận đăng: 27.03.2019

TÓM TẮT

Trong sản xuất đậu phụ truyền thống, whey đậu phụ lên men (nước chua) - phần nước trong tách ra sau khi protein trong dịch sữa đậu nành được đông tụ, được để lên men tự nhiên - thường được sử dụng làm tác nhân đông tụ. Nghiên cứu này nhằm mục đích xác định sự biến đổi một số thành phần hóa học và vi sinh vật của whey trong quá trình lên men tự nhiên cũng như ảnh hưởng của thời gian lên men whey tới chất lượng đậu phụ. Kết quả cho thấy hàm lượng đường, prorelin hòa tan của whey giảm do vi sinh vật sử dụng làm cơ chất. Hàm lượng acid tổng số tăng có sự liên hệ với sự phát triển của vi khuẩn lactic. Whey sau thời gian lên men khác nhau được dùng làm tác nhân đông tụ sẽ cho đậu phụ có chất lượng khác nhau. Đậu phụ được đông tụ bằng whey sau 24 h lên men có hàm lượng protein và lipid cao (14,8% và 5,2%), khả năng giữ nước khá tốt (5 g nước/g protein) và có tổng điểm cảm quan cao nhất (17,7 điểm, đạt mức khá). Bên cạnh đó, whey sau 24 h lên men dùng để đông tụ đậu phụ cho hiệu suất thu hồi cao nhất (159%).

Từ khóa: Đậu phụ, vi khuẩn lactic, nước chua, chất đông tụ protein.

Effect of Fermentation Time of Tofu Whey on Quality of Tofu

ABSTRACT

In traditional tofu (soybean curd) production, fermented tofu whey (acidic whey) - the watery part of soymilk remaining after the formation of tofu curd which is then naturally fermented - is utilized as protein coagulant. The aim of this study was to investigate the changes of several major chemical and microbiological components of the tofu whey during natural fermentation as well as the effect of fermentation time of tofu whey on the quality of tofu. The sugar and soluble protein content decreased due to microorganisms' consumption as substrates. The increase of acid concentration was attributed to the development of lactic acid bacteria. The whey after different fermentation times used as coagulants gave tofu with variable quality. Tofu coagulated with the whey after 24 h fermentation had high protein and lipid content (14.8% and 5.2%, respectively) and good water holding capacity (5 g water/g protein), and attained highest sensory evaluation scores (17.7). In addition, the whey after 24 h of fermentation used to coagulate tofu brought the highest yield (159%).

Keywords: Tofu, lactic acid bacteria, acidic whey, protein coagulant.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Đậu phụ (tofu) là một sản phẩm truyền thống và là một món ăn thông dụng trong bữa ăn hàng ngày của người Việt Nam. Nó cũng được sử dụng phổ biến ở nhiều nước châu Á khác như Trung Quốc, Nhật Bản, Hàn Quốc và Indonesia. Đậu phụ cung cấp nguồn protein thực vật quan trọng, các chất béo và một số

khoáng chất như Ca, Cu, Se, P cho cơ thể con người. Bên cạnh đó, ăn đậu phụ giúp chống béo phì, ngăn chặn bệnh tiểu đường và có tác dụng tốt cho tim mạch (Chang, 2007).

Việc sản xuất đậu phụ được thực hiện theo một quy trình không quá phức tạp, gồm hai giai đoạn chính: Giai đoạn đầu tiên là tạo ra sữa đậu nành - hạt đậu tương sau khi ngâm, được xay, nghiền và ly tâm tách bã để thu được dịch sữa

đậu nành. Giai đoạn thứ hai là đông tụ protein trong dịch sữa để tạo thành hoa đậu, sau đó ép tách nước để hoa đậu được tạo hình thành các bìa đậu phụ.

Công đoạn đông tụ protein được coi là một trong những công đoạn quan trọng, ảnh hưởng lớn tới chất lượng và hiệu suất thu hồi đậu phụ. Trong đó, dịch sữa đậu nành được gia nhiệt tới khoảng 90°C và được bổ sung tác nhân đông tụ. Hai nhóm tác nhân đông tụ thường được sử dụng gồm nhóm kim loại kiềm thổ như calcium sulfate, calcium chloride, muối nigari và nhóm acid như glucono-delta-lactone, lactic acid, acetic acid. Các tác nhân này sẽ giúp tạo ra các liên kết giữa các mạch polypeptide của globulin (chiếm 80-90% protein trong dịch sữa) và làm cho khối protein đông tụ (Hoàng Kim Anh, 2008).

Ở Việt Nam, theo truyền thống, các cơ sở sản xuất thường sử dụng nước chua (whey lên men) làm tác nhân đông tụ. Đây là phần nước trong (whey) tách ra sau khi đông tụ protein từ dịch sữa đậu nành, được bổ sung một lượng nhỏ nước chua từ mẻ sản xuất trước và để lên men ở điều kiện bình thường trong khoảng 14-24 giờ. Số lượng whey lên men được bổ sung hay thời gian lên men chủ yếu là do kinh nghiệm của những người làm đậu quyết định.

Whey lên men có các acid trong thành phần giúp hạ pH của protein trong dịch sữa về điểm đẳng điện, trung hòa các điện tích âm của các mạch polypeptide đã bị biến tính bởi nhiệt, làm giảm các liên kết tĩnh điện, giúp tạo các liên kết kỵ nước và -S-S-, dẫn đến sự tập hợp protein (Lê Ngọc Tú, 2000). Cơ chế này giúp tạo cấu trúc gel của protein, chính là hoa đậu tạo thành trong sản xuất đậu phụ. Trong mạng gel protein này, nước, lipid và các thành phần khác cũng sẽ bị “bẫy” vào trong cấu trúc của nó (Lim *et al.*, 1990).

Có thể dễ dàng nhận thấy rằng sau khi đông tụ protein, nhiều thành phần hóa học trong dịch sữa đậu nành như đường, protein hòa tan, chất béo, chất khoáng và vitamin vẫn nằm lại trong whey. Do đó, whey đậu phụ là một môi trường giàu dinh dưỡng cho sự phát triển của các vi sinh vật. Trong đó không thể không lưu

tâm đến sự phát triển của các vi khuẩn lactic (Qiao *et al.*, 2010).

Mục đích của nghiên cứu là tiến hành theo dõi sự biến đổi thành phần (hóa học, vi sinh vật) của whey đậu phụ trong quá trình lên men tự nhiên, từ đó xác định được whey có thời gian lên men thích hợp sử dụng làm tác nhân đông tụ trong quá trình sản xuất để thu được đậu phụ thành phẩm có chất lượng và hiệu suất thu hồi tốt.

2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP

2.1. Vật liệu

Hạt đậu tương giống ĐT31 (độ ẩm 11-12%), thu hoạch vào tháng 6-7 hàng năm, được mua từ Viện Khoa học Nông nghiệp Việt Nam và được bảo quản ở điều kiện thường.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Bố trí thí nghiệm

Chuẩn bị nước chua (whey đậu phụ lên men): Các mẫu whey đậu phụ với thể tích mỗi mẫu là 1,5 lít được lấy ngay sau quá trình đông tụ đậu phụ tại làng Mơ và được bổ sung thêm 5% nước chua (whey lên men từ hôm trước). Sau đó, các mẫu whey được để lên men trong 48 giờ ở nhiệt độ phòng (khoảng 30°C) để thu được nước chua. Trong 24 h đầu của quá trình lên men, sau 3 h lấy mẫu 1 lần. Trong 24 h tiếp theo, 6 h lấy mẫu 1 lần. Các mẫu được bảo quản ở nhiệt độ lạnh 2-4°C trong quá trình chờ phân tích các chỉ tiêu vi sinh vật và được bảo quản ở -20°C để chờ phân tích các chỉ tiêu hóa học. Thí nghiệm được lặp lại 3 lần.

Đánh giá chất lượng và xác định hiệu suất thu hồi đậu phụ được đông tụ bằng whey sau thời gian lên men khác nhau

Đậu tương được rửa sạch, ngâm trong nước ở nhiệt độ phòng trong 4-5 giờ. Sau đó tiến hành rửa, tráng và xay cùng với nước (tỷ lệ nước : đậu = 5:1). Hỗn hợp được ly tâm để tách bã và thu được dịch sữa đậu nành. Sau đó, dịch sữa được gia nhiệt đến 100°C, giữ trong 5 phút và được để nguội xuống khoảng 80°C. Khối dịch sữa này được chia thành các phần bằng nhau để tiến hành đông tụ bằng các loại whey đậu phụ có

thời gian lên men tự nhiên khác nhau để thu được các mẫu đậu phụ gồm: ĐP1 là mẫu đậu phụ được đông tụ bằng whey lên men sau 12 h; tương tự, ĐP2, ĐP3, ĐP4, ĐP5, ĐP6, ĐP7, ĐP8, và ĐP9 là các mẫu đậu phụ được đông tụ bằng whey lên men tự nhiên sau lần lượt là 15, 18, 21, 24, 30, 36, 42 và 48 h.

Quá trình đông tụ được thực hiện bằng cách rót từ từ whey lên men (tỷ lệ whey/dịch sữa = 1/5) và khuấy nhẹ cho tới khi hoa đậu hình thành, để yên trong 15 phút để đảm bảo sự đông tụ diễn ra tốt. Sau đó, hoa đậu được múc vào miếng vải bọc, ép tách nước và tạo hình để thu được các bìa đậu phụ. Các thí nghiệm được lặp lại 3 lần.

2.2.2. Phương pháp phân tích

Xác định vi sinh vật hiếu khí tổng số: Tổng số vi sinh vật hiếu khí được xác định bằng phương pháp đếm khuẩn lạc trên môi trường PCA theo TCVN 4884-1:2015. Kết quả được thể hiện bằng cfu/mL.

Xác định tổng số vi khuẩn lactic: Vi khuẩn lactic được xác định bằng phương pháp đếm khuẩn lạc sử dụng môi trường MRS theo TCVN 7906 : 2008 có điều chỉnh pH = 6,2-6,5. Các đĩa MRS được đặt trong điều kiện nuôi vi sinh vật trong tủ ấm ở nhiệt độ $30 \pm 1^\circ\text{C}$ trong 48 h. Kết quả được thể hiện bằng cfu/mL.

Xác định tổng số nấm men, nấm mốc: Tổng số nấm men, nấm mốc được xác định bằng phương pháp đếm khuẩn lạc sử dụng môi trường YGC (Lê Thanh Mai và cs., 2009).

Xác định khả năng giữ nước của đậu phụ: Khả năng giữ nước của đậu phụ được xác định bằng cách cân 5-10 g đậu phụ vào ống fancel, ly tâm ở tốc độ 9.000 vòng/phút trong thời gian 12 phút. Khả năng giữ nước của đậu phụ = (tổng gam nước của mẫu đậu phụ - số gam nước tách ra trong quá trình ly tâm)/hàm lượng protein của mẫu đậu phụ. Đơn vị tính là gam nước/gam protein (Khatib *et al.*, 2001).

Xác định hàm lượng nước của đậu phụ: Hàm lượng nước của đậu phụ được xác định theo phương pháp sấy đến khối lượng không đổi.

Phương pháp xác định nồng độ đường tổng số: Đường trong whey được thủy phân bằng HCl

1 N ở 70-80°C trong 30 phút để chuyển toàn bộ thành đường khử. Sau đó, hàm lượng đường khử được xác định theo phương pháp DNS (Lê Thanh Mai và cs., 2009).

Xác định hàm lượng protein: Hàm lượng protein được xác định thông qua hàm lượng nitơ tổng số, hệ số chuyển đổi bằng 6,25 (Yuwono, 2013). Hàm lượng nitơ tổng số được xác định theo phương pháp Kjeldahl (Hà Duyên Tư, 2013).

Xác định hàm lượng chất béo: Hàm lượng chất béo được xác định bằng phương pháp Soxhlet (Hà Duyên Tư, 2013).

Xác định hàm lượng acid hữu cơ tổng số: Hàm lượng acid hữu cơ tổng số được xác định dựa theo phương pháp chuẩn độ bằng dung dịch kiềm (Lê Thanh Mai và cs., 2009).

Đo pH: Máy đo pH (Hach, Mỹ) được sử dụng để xác định pH của nước chua.

Xác định hàm lượng tro: Phương pháp nung mẫu ở nhiệt độ 400-600°C được sử dụng để xác định hàm lượng tro của đậu phụ (Lê Thanh Mai và cs., 2009).

Xác định hiệu suất thu hồi đậu phụ: Hiệu suất thu hồi đậu phụ H được tính theo công thức của Cai & Chang (1998):

$$H = \frac{m_2}{m_1} \times 100\%$$

m_1, m_2 lần lượt là khối lượng đậu tương và đậu phụ tươi (g)

Đánh giá cảm quan: Phương pháp cho điểm chất lượng tổng hợp của sản phẩm theo tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 3215-79 được sử dụng để đánh giá chất lượng cảm quan của đậu phụ. Hội đồng đánh giá cảm quan gồm 10 thành viên. Bốn chỉ tiêu cảm quan được đánh giá gồm vị, cấu trúc, màu sắc, và mùi, với hệ số khối lượng của từng chỉ tiêu lần lượt là 1,2; 1,0; 1,0 và 0,8.

Xử lý số liệu: Số liệu được xử lý thống kê bằng phương pháp phân tích phương sai một nhân tố (One- Way ANOVA) sử dụng phép so sánh Tukey ở mức ý nghĩa $\alpha < 0,05$ trên phần mềm SAS 9.1.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Sự biến đổi thành phần hóa học của whey đậu phụ trong quá trình lên men tự nhiên

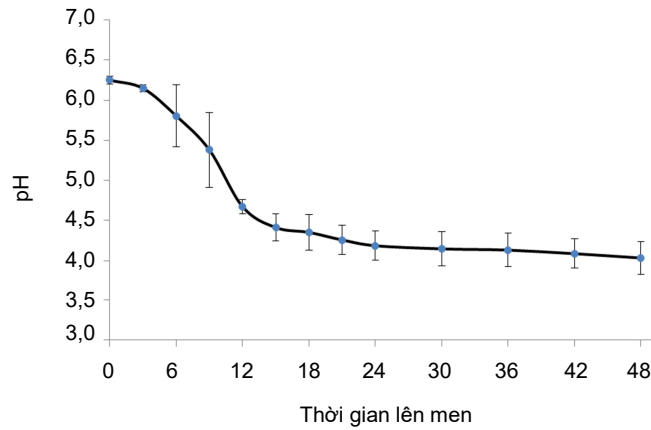
- Sự biến đổi của pH của whey đậu phụ trong quá trình lên men tự nhiên

Hình 1 giới thiệu sự biến đổi pH của whey đậu phụ trong quá trình lên men tự nhiên trong 48 h. Tại thời điểm ban đầu, pH của whey đậu phụ là 6,25 rồi giảm khá nhanh xuống khoảng 4,70 trong 12 h đầu tiên. Sau đó, trong 36 h tiếp theo, pH của whey lên men giảm với tốc độ chậm hơn và xuống mức 4,00. Theo kinh nghiệm sản

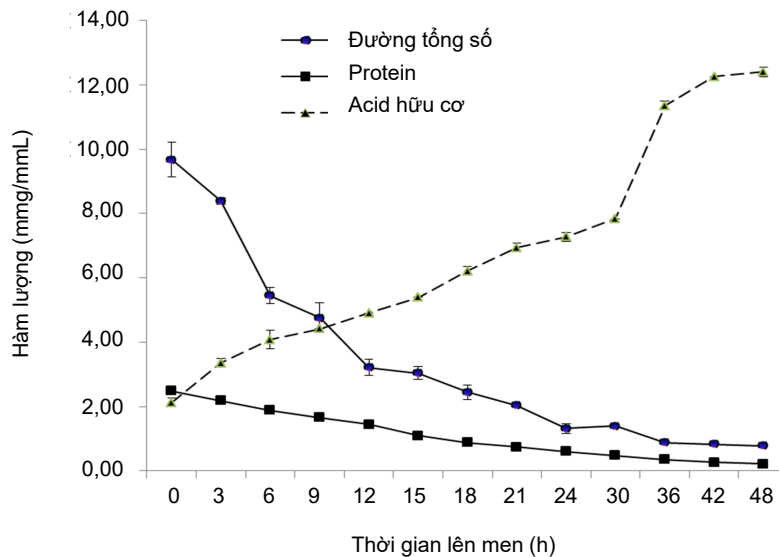
xuất đậu phụ ở làng Mơ (Mai Động, Hà Nội), nước chua sau 18-24 h lên men được sử dụng làm tác nhân đông tụ, khi đó pH nằm trong khoảng 4,1-4,4. Với lượng nước chua bổ sung vào dịch sữa đậu nành trong quá trình đông tụ với tỷ lệ nước chua/dịch sữa = 1/4 sẽ giúp hạ pH của dịch sữa đậu nành xuống điểm đẳng điện (pI) khoảng 5,4- 5,5 của protein để hình thành gel.

- Sự biến đổi hàm lượng đường tổng số, protein và acid hữu cơ của whey đậu phụ trong quá trình lên men tự nhiên

Sự biến đổi hàm lượng đường tổng số, protein và acid hữu cơ của whey đậu phụ trong 48 h lên men tự nhiên được thể hiện trong hình 2.



Hình 1. Sự biến đổi pH của whey đậu phụ trong quá trình lên men tự nhiên



Hình 2. Sự biến đổi hàm lượng đường tổng số, protein và acid hữu cơ của whey đậu phụ trong quá trình lên men tự nhiên

Theo Qiao *et al.* (2010), đường trong dịch sữa đậu nành gồm glucose, fructose, sucrose, raffinose và stachyose. Sau khi đông tụ đậu phụ, một lượng đường sẽ bị bẫy vào mạng gel protein và phần còn lại nằm trong whey. Trong đó, hai loại đường raffinose và stachyose là các α -galactosyl oligosaccharides của sucrose, bao gồm 3 đến 4 phân tử đường, chỉ có thể bị thủy phân bởi các chủng vi khuẩn có khả năng sinh enzyme α -galactosidase để phân cắt tạo thành α -galactose và sucrose.

Tổng lượng đường hòa tan ban đầu trong whey tương ứng khoảng 9,67 mg/mL. Hàm lượng đường tổng số giảm nhanh sau 21 giờ lên men, sau đó giảm dần còn 0,78 mg/mL. Trong quá trình lên men ban đầu của whey đậu phụ, glucose, fructose có thể được vi sinh vật ưu tiên sử dụng trực tiếp, sau đó mới đến sucrose. Đường trong whey được vi sinh vật sử dụng gần hết sau 48 giờ lên men.

Hàm lượng protein trong whey ban đầu rất thấp, chỉ khoảng 2,5 mg/mL vì protein đã được đông tụ trong quá trình sản xuất đậu phụ. Lượng protein này tiếp tục giảm theo thời gian lên men do vi sinh vật sử dụng làm cơ chất để sinh trưởng, đến 48 giờ thì còn lại rất ít (0,22 mg/mL).

Hàm lượng acid hữu cơ của whey tăng dần từ giá trị thấp nhất là 2,12 mg/mL tại thời điểm 0 h lên tới 12,40 mg/mL sau 48 h lên men. Từ kết quả có thể thấy rằng sự phát triển của vi khuẩn đặc biệt là vi khuẩn lactic đã sản sinh acid lactic làm tăng hàm lượng acid hữu cơ tổng số trong whey. Kết quả này cũng tương đồng với kết quả nghiên cứu của Qiao *et al.* (2010) trên nước chua trong sản xuất đậu phụ truyền thống tại Trung Quốc.

3.2. Sự biến đổi vi sinh vật trong whey đậu phụ trong quá trình lên men tự nhiên

Từ các phân tích ở trên cho thấy whey đậu phụ chứa đường và protein hòa tan, là môi trường dinh dưỡng rất tốt để vi sinh vật phát triển. Sự biến đổi của thành phần vi sinh vật bao gồm vi sinh vật hiếu khí tổng số, vi khuẩn lactic và tổng số nấm men, nấm mốc trong 48 h

lên men ở điều kiện nhiệt độ phòng (khoảng 30°C) được trình bày trong hình 3.

Tại thời điểm ban đầu, mật độ vi sinh vật hiếu khí tổng số, vi khuẩn lactic đạt khoảng 10^6 cfu/mL. Tuy nhiên, nấm men, nấm mốc không có mặt trong nước chua thời điểm 0 h. Điều này là do nhiệt độ của whey ban đầu đạt 55-65°C chỉ phù hợp cho một số vi khuẩn chịu được nhiệt độ cao phát triển. Theo thời gian nhiệt độ của whey ban đầu giảm đến nhiệt độ phòng, quá trình lên men xảy ra nhanh. Mật độ vi khuẩn lactic có trong whey tại tất cả các thời điểm đều gần sát với mật độ của vi sinh vật hiếu khí tổng số. Điều đó chứng tỏ rằng vi khuẩn lactic chiếm ưu thế hơn so với các vi sinh vật khác trong nước chua lên men tự nhiên. Trong khoảng thời gian từ 15-18 h, mật độ của vi khuẩn hiếu khí tổng số và vi khuẩn lactic lên đến lần lượt khoảng $3,98 \times 10^7$ và $2,51 \times 10^7$ cfu/mL. Sau đó, mật độ vi khuẩn lactic có xu hướng giảm dần xuống dưới 10^7 cfu/mL, còn vi khuẩn hiếu khí tổng số sau 18 h có xu hướng giảm và đến 48 h mật độ còn lại là $1,15 \times 10^7$ cfu/mL. Điều này có thể do khi pH trong whey giảm sẽ ức chế sự phát triển của các vi sinh vật nói chung cũng như vi khuẩn lactic nói riêng.

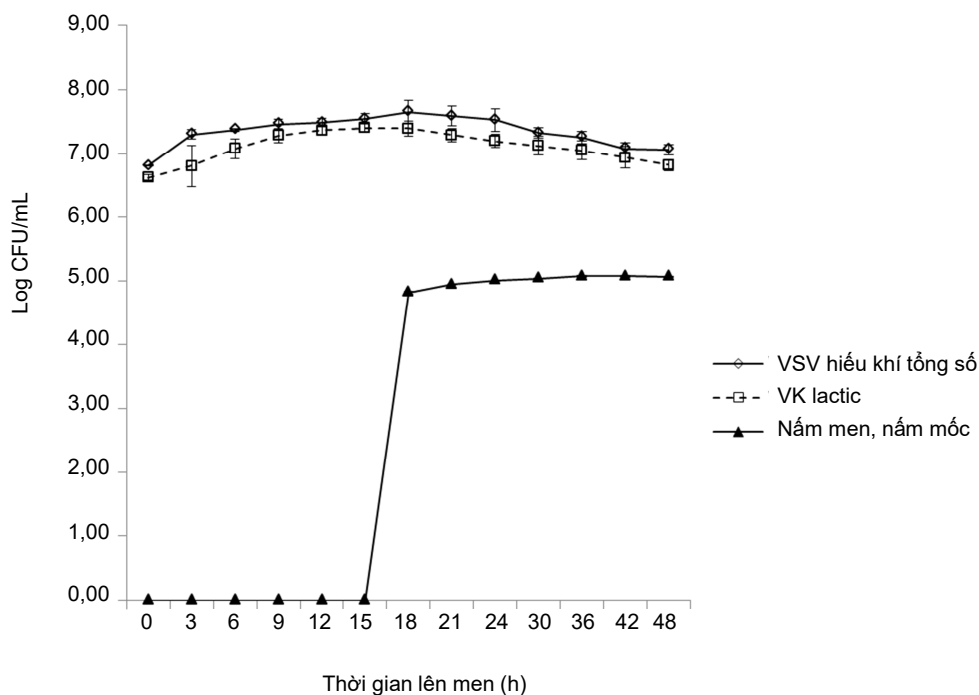
Sau khoảng 15 h lên men, khi nhiệt độ của whey giảm về nhiệt độ phòng, tổng số nấm men, nấm mốc đạt mật độ cao nhất ($6,61 \times 10^4$ cfu/mL).

3.3. Ảnh hưởng của whey có thời gian lên men khác nhau tới chất lượng và hiệu suất thu hồi đậu phụ

Trong thí nghiệm sản xuất đậu phụ, tất cả các yếu tố công nghệ được cố định, riêng trong công đoạn đông tụ, whey có thời gian lên men khác nhau được sử dụng làm tác nhân đông tụ. Thành phần hóa học, tính chất vật lý và tính chất cảm quan của đậu phụ được phân tích.

3.3.1. Ảnh hưởng của whey có thời gian lên men khác nhau tới thành phần hóa học chính của đậu phụ

Kết quả xác định thành phần hoá học của 9 loại đậu phụ làm từ whey sau thời gian lên men khác nhau được trình bày ở bảng 1.



Hình 3. Sự biến đổi vi sinh vật hiếu khí tổng số, vi khuẩn lactic và tổng số nấm men, nấm mốc của whey đậu phụ trong quá trình lên men tự nhiên

Các mẫu đậu phụ như ĐP6, ĐP7 có hàm lượng nước cao, trên 83%. Thông thường, những mẫu đậu phụ có hàm lượng nước trên 80% có độ mềm dẻo và rất mát khi cầm trên tay. Ngược lại, đậu phụ có hàm ẩm nhỏ hơn 80% khá khô và cứng, đặc biệt là đậu được làm từ nước chua sau 42 và 48 h lên men do hàm ẩm chỉ chiếm khoảng 77%.

Protein của các loại đậu phụ có sự chênh lệch tương đối lớn. Protein có giá trị từ 7,75% đến 15,20%, trong đó cao nhất là đậu phụ làm từ nước chua lên men sau 21 h.

Hàm lượng lipid trong các loại đậu phụ phản ánh được độ béo ngậy của đậu phụ. Hàm lượng lipid của đậu phụ nằm trong khoảng 4,43-6,04%. Hàm lượng lipid trong đậu phụ được làm từ whey sau 36 h lên men là cao nhất 6,04%, thấp nhất là 4,43% với whey sau 18 h lên men. Trong khi đó, hàm lượng tro của các loại đậu phụ khá đồng đều, nằm trong khoảng 0,64-0,84%.

Như vậy, nước chua có pH nằm trong khoảng 4,2 đến 4,4 cho đậu phụ (ĐP3, ĐP4, ĐP5, và ĐP6) có chất lượng tốt hơn so với nước chua có pH lớn, khoảng 4,7 (ĐP1) hoặc pH nhỏ,

khoảng 4 (ĐP8, ĐP9). Điều này có thể giải thích là do ở khoảng pH thích hợp, mạng gel protein tạo ra không quá cứng hoặc quá mềm, và giữ được một lượng nước vừa đủ, cũng như “bẫy” được vào mạng đó các thành phần dinh dưỡng khác như lipid.

3.3.2. Ảnh hưởng của whey có thời gian lên men khác nhau tới tính chất vật lý và hiệu suất thu hồi của đậu phụ

Khả năng giữ nước là một thông số vật lý liên quan tới khả năng duy trì lượng nước của một thực phẩm (Yuwono, 2013). Đối với đậu phụ, gel được tạo ra bởi sự biến đổi cấu trúc của protein và khả năng giữ nước được thể hiện qua hàm lượng nước (g) giữ được trên 1 g protein. Kết quả cho thấy khả năng giữ nước của các loại đậu phụ đông tụ bằng nước chua khác nhau có sự khác biệt rõ ràng, dao động từ 4,4 đến 7,7 g nước/g protein. Trong đó, đậu phụ ĐP9 có khả năng giữ nước tốt nhất (Bảng 2).

Hiệu suất thu hồi là một trong những yếu tố quan trọng quyết định hiệu quả của một quá trình sản xuất. Hiệu suất thu hồi đậu phụ cho biết khối lượng đậu phụ thành phẩm thu được

so với khối lượng nguyên liệu dùng để sản xuất đậu phụ. Kết quả cho thấy hiệu suất thu hồi cao nhất là đậu phụ từ whey sau 24 h lên men, thấp nhất là đậu phụ làm từ whey sau 12 h lên men. Điều này có thể giải thích do whey sau 24 h lên men đã đạt được pH phù hợp để đưa pH của dịch sữa đậu nành về điểm đẳng điện (pI) của hỗn hợp protein 7S và 11S globulines, chiếm hơn 70% protein đậu tương (Utsumi *et al.*, 1995), do vậy lượng protein đông tụ đạt hiệu quả cao nhất.

3.3.3. Ảnh hưởng của whey có thời gian lên men khác nhau tới tổng điểm chất lượng cảm quan của đậu phụ

Kết quả phân tích cảm quan cho thấy sự khác biệt rõ rệt về các chỉ tiêu giữa các mẫu đậu phụ (Bảng 3). Về cấu trúc, đậu phụ làm từ whey sau 24 h lên men (ĐP5) có mức điểm cao nhất là 4,6 điểm. Loại đậu này cùng với ĐP4 cũng được cho điểm về màu sắc đạt cao nhất (4,3-4,4 điểm) so với các loại đậu còn lại.

Bảng 1. Thành phần hóa học của đậu phụ được đông tụ bằng whey có thời gian lên men khác nhau

Đậu phụ đông tụ bằng nước chua	Hàm lượng nước (%)	Hàm lượng protein (%)	Hàm lượng lipid (%)	Hàm lượng tro (%)
ĐP1	79,28 ± 0,26 ^c	11,29 ± 0,00 ^b	5,43 ± 0,29 ^{ab}	0,84 ± 0,04
ĐP2	80,38 ± 0,04 ^{bc}	11,76 ± 0,46 ^b	5,39 ± 0,04 ^{ab}	0,73 ± 0,11
ĐP3	80,32 ± 1,02 ^{bc}	11,41 ± 0,44 ^b	4,43 ± 0,21 ^{bc}	0,64 ± 0,03
ĐP4	80,82 ± 0,92 ^b	15,20 ± 0,52 ^a	5,30 ± 0,10 ^{ab}	0,76 ± 0,02
ĐP5	80,36 ± 0,41 ^{bc}	14,78 ± 0,49 ^a	5,19 ± 0,29 ^{ab}	0,76 ± 0,18
ĐP6	83,04 ± 0,54 ^a	11,34 ± 0,76 ^b	5,93 ± 0,03 ^a	0,67 ± 0,02
ĐP7	82,74 ± 0,55 ^a	11,47 ± 0,52 ^b	6,04 ± 0,50 ^a	0,68 ± 0,05
ĐP8	77,22 ± 0,33 ^d	8,77 ± 0,40 ^c	4,78 ± 0,54 ^{bc}	0,64 ± 0,01
ĐP9	77,96 ± 0,29 ^d	7,75 ± 0,41 ^d	4,80 ± 0,30 ^{bc}	0,70 ± 0,03

Ghi chú: ĐP1: đậu phụ được đông tụ bằng whey sau 12 h lên men, pH 4,70; ĐP2: đậu phụ được đông tụ bằng whey sau 15 h lên men, pH 4,40; ĐP3: đậu phụ được đông tụ bằng whey sau 18 h lên men, pH 4,35; ĐP4: đậu phụ được đông tụ bằng whey sau 21 h lên men, pH 4,25; ĐP5: đậu phụ được đông tụ bằng whey sau 24 h lên men, pH 4,20; ĐP6: đậu phụ được đông tụ bằng whey sau 30 h lên men, pH 4,15; ĐP7: đậu phụ được đông tụ bằng whey sau 36 h lên men, pH 4,10; ĐP8: đậu phụ được đông tụ bằng whey sau 42 h lên men, pH 4,05; và ĐP9: đậu phụ được đông tụ bằng whey sau 48 h lên men, pH 4,00.

Các giá trị trong cùng một cột có chữ cái ở mũ khác nhau thì khác nhau có nghĩa ($\alpha = 0,05$).

Bảng 2. Khả năng giữ nước và hiệu suất thu hồi đậu phụ được đông tụ bằng whey có thời gian lên men khác nhau

Đậu phụ đông tụ bằng nước chua	Khả năng giữ nước (g nước/1 g protein)	Hiệu suất thu hồi (%)
ĐP1	6,36 ± 0,04 ^{bc}	120,5 ± 0,2 ^e
ĐP2	4,85 ± 0,00 ^d	132,4 ± 0,5 ^d
ĐP3	5,71 ± 0,08 ^c	148,7 ± 0,1 ^c
ĐP4	4,38 ± 0,10 ^d	157,4 ± 1,7 ^a
ĐP5	5,01 ± 0,06 ^d	159,2 ± 0,1 ^a
ĐP6	5,72 ± 0,01 ^c	152,5 ± 1,0 ^{bc}
ĐP7	5,77 ± 0,10 ^c	155,3 ± 0,2 ^b
ĐP8	7,00 ± 0,12 ^b	146,5 ± 0,6 ^c
ĐP9	7,76 ± 0,46 ^a	145,7 ± 0,6 ^c

Ghi chú: Các giá trị trong cùng một cột có chữ cái ở mũ khác nhau thì khác nhau có nghĩa ($\alpha = 0,05$).

Bảng 3. Điểm cảm quan của đậu phụ được đông tụ bằng whey có thời gian lên men khác nhau

Đậu phụ đông tụ bằng nước chua	Điểm				Tổng điểm
	Cấu trúc	Màu sắc	Mùi	Vị	
ĐP1	3,9 ± 0,6 ^{ab}	3,5 ± 0,9 ^{ab}	3,8 ± 0,4 ^{ab}	3,9 ± 0,7 ^{bc}	15,1
ĐP2	3,6 ± 0,8 ^b	3,1 ± 0,9 ^b	3,5 ± 0,5 ^{ab}	4,0 ± 0,7 ^{ab}	14,3
ĐP3	3,7 ± 1,0 ^{ab}	3,7 ± 0,7 ^{ab}	3,6 ± 0,5 ^{ab}	3,6 ± 0,5 ^{cd}	14,6
ĐP4	3,7 ± 0,7 ^{ab}	4,4 ± 0,5 ^a	3,6 ± 0,5 ^{ab}	4,3 ± 0,5 ^{ab}	16,0
ĐP5	4,6 ± 0,5 ^a	4,3 ± 0,7 ^a	4,2 ± 0,9 ^a	4,5 ± 0,7 ^a	17,7
ĐP6	3,6 ± 0,5 ^b	3,2 ± 0,4 ^b	3,4 ± 0,5 ^{bc}	3,1 ± 0,6 ^{cd}	13,2
ĐP7	3,9 ± 0,6 ^{ab}	3,4 ± 0,7 ^{ab}	3,2 ± 0,4 ^{bc}	3,5 ± 0,5 ^{cd}	14,0
ĐP8	3,5 ± 0,5 ^b	3,4 ± 0,7 ^{ab}	3,0 ± 0,7 ^{bc}	3,2 ± 0,6 ^{cd}	13,1
ĐP9	3,6 ± 0,5 ^b	3,0 ± 0,7 ^b	2,6 ± 0,7 ^c	2,9 ± 0,6 ^d	12,2

Ghi chú: Các giá trị trong cùng một cột có chữ cái ở mũ khác nhau thì khác nhau có nghĩa ($\alpha = 0,05$).

Về mùi và vị, đậu làm từ whey sau 42 h và 48 h lên men (ĐP8 và ĐP9) có điểm rất thấp, 2,6-3,0 điểm với mùi và 2,9-3,2 điểm với vị. Điều này là do whey có thời gian lên men lâu, acid được tạo ra nhiều nên đậu thành phẩm sẽ có mùi và vị hơi chua. Các loại đậu còn lại do không nhiễm mùi nước chua đông tụ nên sẽ cho vị ngon hơn. Ngoài ra, đậu phụ làm từ whey sau 24 h lên men (ĐP5) có mức điểm về vị cao nhất vì loại đậu này có hàm lượng protein và lipid cao, khi ăn sẽ có vị béo, ngậy.

Về tổng điểm chất lượng, ĐP5 đạt điểm cao nhất là 17,7 điểm, xếp loại khá. Ngược lại, sản phẩm đậu phụ làm từ whey sau 48 h lên men (ĐP9) chỉ có mức điểm là 12 đối với tất cả các chỉ tiêu, đạt mức trung bình.

4. KẾT LUẬN

Whey đậu phụ trong quá trình lên men ở điều kiện tự nhiên có hàm lượng đường, prorein hòa tan giảm do vi sinh vật sử dụng làm cơ chất. Hàm lượng acid tổng số tăng có sự liên hệ với sự phát triển của vi khuẩn lactic. Whey có thời gian lên men khác nhau khi được sử dụng làm tác nhân đông tụ trong sản xuất đậu phụ truyền thống sẽ cho sản phẩm có chất lượng khác nhau. Whey sau 24 h lên men tự nhiên với pH đạt khoảng 4,2 cho đậu phụ có hàm lượng protein và lipid cao (14,8% và 5,2%), khả năng

giữ nước khá tốt (5 g nước/g protein) và có tổng điểm cảm quan cao nhất 17,7 điểm, đạt mức khá. Bên cạnh đó, hiệu suất thu hồi cũng đạt cao nhất là 159%. Để sản xuất đậu phụ ở quy mô lớn hơn, cần có sự kiểm soát quá trình lên men whey để thu được một loại tác nhân đông tụ sẵn có, rẻ, đồng thời tạo ra sản phẩm đậu phụ có chất lượng tốt và phù hợp với khẩu vị của người tiêu dùng.

LỜI CẢM ƠN

Nhóm tác giả chân thành cảm ơn Dự án Việt Bỉ, Học viện Nông nghiệp Việt Nam đã hỗ trợ kinh phí để thực hiện đề tài này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Cai T.D. & Chang K.C. (1998). Characteristics of production-scale tofu as affected by soymilk coagulation method: propeller blade size, mixing time and coagulation concentration. *Food Research International*. 31(4): 289-295.
- Chang K.C.S. (2007). Soymilk and tofu manufacturing. *In: Hui Y.H. (Ed.). Handbook of food products manufacturing*. John Wiley & Sons, Inc, pp. 1063-1089.
- Hà Duyên Tư (chủ biên) (2013). Phân tích hóa học thực phẩm. Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.
- Hoàng Kim Anh (2007). Hóa học thực phẩm. Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.

- Khatib K.A., F. M. Aramouni, T. J. Herald & J. E. Boyer (2002). Physicochemical characteristics of soft tofu formulated from selected soybean varieties, *Journal of Food Quality*. 25: 291-301.
- Lim B.T., Man J.M., de Man L. & Buzzell R.I. (1990). Yield and quality of tofu as affected by soybean and soymilk characteristics, calcium sulfate coagulant, *Journal of Food Science*. 55: 1088-1092.
- Lê Thanh Mai (chủ biên) (2009). Các phương pháp phân tích ngành công nghệ lên men. Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.
- Qiao Z., Chen X.D., Cheng Y.Q., Liu H., Liu Y.Q. & Li L. (2010). Microbiological and Chemical Changes During the Production of Acidic Whey, A Traditional Chinese Tofu- Coagulant. *International Journal of Food Properties*. 13(1): 90-104.
- Lê Ngọc Tú (2000). Hoá học thực phẩm. Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.
- TCVN 4884-1 (2015). Vi sinh vật trong chuỗi thực phẩm. Phương pháp định lượng vi sinh vật - Phần 1: Đếm khuẩn lạc ở 30 độ C bằng kỹ thuật đổ đĩa.
- TCVN 7906 (2008). Vi sinh vật trong thực phẩm và thức ăn chăn nuôi. Phương pháp định lượng vi khuẩn acid lactic ưa nhiệt trung bình. Kỹ thuật đếm khuẩn lạc ở 30°C.
- Utsumi S. & Kinsella J.E. (1985). Forces involved in soy protein gelation: effects of various reagents on the formation, hardness and solubility of heat-induced gels from 7S, 11S and soy isolate. *Journal of Food Science*. 50: 1278-1282.
- Ủy ban khoa học và kỹ thuật Nhà nước (1979). TCVN 3215-79, Sản phẩm thực phẩm - Phân tích cảm quan - Phương pháp cho điểm.
- Yuwono S.S. (2013). The Use of Fermented Whey as a Coagulant in Tofu Industries. *Agricultural Science and Technology B*. 3: 807-813.